УДК [553.078:553. 495] (571.6)

А. А. КОКОВКИН (ИТиГ ДВО РАН)

Особенности новейшего этапа развития зоны Инкоу-Хинганского разлома

Выделена зона Инкоу-Хинганского разлома (ИХР). Показаны особенности новейшего (эоцен-голоценового) этапа ее развития и высокая активность геодинамики, выраженная в насыщенности ее плиоцен-плейстоценовыми платобазальтами, тектоническими и сейсмическими дислокациями, проявлениями аргиллизитового метасоматоза и полиэлементного рудогенеза. Установлены три стадии новейшей эволюции ИХР: эоцен-миоценовая, плиоцен-плейстоценовая и плейстоцен-голоценовая. Показана роль знакопеременного сдвига в формировании внутренней структуры зоны. Приведено описание новейших дислокационных структур – индикаторов знакопеременно-сдвиговых деформаций. Представлены свидетельства глубинного характера зоны ИХР и активности ее современной сейсмогеодинамики.

Ключевые слова: *моделирование, эволюция, волновая тектоника, знакопеременный сдвиг, инверсионные структуры, синергетика, сейсмичность, эрозия.*

A. A. KOKOVKIN (IT&G FEB RAS)

Peculiarities of the modern stage of development of the Yingkou-Khingan fault zone

The Yingkou-Khingan fault (YHF) zone is distinguished and peculiarities of modern (Eocene-Holocene) stage of its development are shown. High geodynamic activity of the zone is demonstrated which is displayed in the saturation with Pliocene-Pleistocene plateau-basalts, tectonic and seismic dislocations and occurrences of argillizite metasomatosis and polyelement mineralization. Three stages of its modern evolution have been distinguished: Eocene-Miocene, Pliocene-Pleistocene and Pleistocene-Holocene. The role played by a reverse-sense shear in the formation of the inner structure of the zone are shown. Modern dislocation structures are described whish are considered as indicators of reverse-sense shear deformations. The evidences of the deep character of the YHF zone and its recent seismogeodynamic activity are given.

Keywords: *modeling, evolution, wave tectonics, reverse-sense shear, inversion structure, synergy, seismicity, erosion.*

Введение. Зона *Инкоу-Хинганского разлома* (рис. 1) относится к системе глубинных разломов востока Азии. С северо-востока, от сочленения с зонами Пауканского и Центрального Сихотэ-Алинского разломов, она прослеживается более чем на 1000 км к юго-западу, пересекая древнюю жесткую структуру Буреинского массива, и далее, через мезозойско-кайнозойскую Сунляо-Амуро-Зейскую рифтогенную систему к Китайскому кратону. В региональной геологической картографии зона ИХР представлена лишь отдельными фрагментами, несмотря на то что она достаточно хорошо выражена в физических полях и в целой системе геологических признаков. Ее северо-восточный фрагмент впервые был выделен В. Н. Белогубом с соавторами по данным магнитометрии как Амгунь-Архаринская зона [1].

Свое современное выражение зона ИХР приобрела в значительной мере в ходе новейшего (эоцен-голоценового) этапа. Многочисленные следы, оставленные в ней различными процессами, дают возможность с достаточно высокой долей уверенности восстановить развитие ее внутренней структуры на этом этапе с выходом на закономерности структурирования континентальной коры более общего плана.

Проведенное исследование выполнено в рамках *волновой модели* структурирования континентальной коры [6, 8, 10, 11], развивающей пульсационную гипотезу Земли (А. Ротплетц, 1902; У. Х. Бухер, 1933; А. Я. Шнейдеров, 1943–1961; Е. Е. Милановский, 1984; Н. Е. Мартьянов, 1982, и др.). Основное внимание было направлено именно на то, чтобы исследовать характер *геологической выраженности* волновых процессов в структуре *континентальной коры*. Кора континентов является ареной, результатом и в то же время индикатором работы целой совокупности волновых процессов, от глобальных пульсаций до волновой системы знакопеременного сдвига и волновых (резонансных) сейсмических деформаций.

Волновая модель разработана в ходе изучения геологической структуры востока Азии. Была сформирована система взаимоувязанных эволюционных моделей – от региональных (м-б 1 : 15 000 000–1 : 2 500 000) до детальных (м-б 1: 50 000–1 : 10 000). Моделирование проведено на комплексной (междисциплинарной) основе с использованием методологии синергетики, в соответствии с которой *любая геологическая структура рассматривается как результат деятельности соответствующей открытой, необратимо эволюционирующей, самоорганизующейся системы с волновым, нелинейным режимом развития.*

Любая геологическая структура с ее сложным, интерферированным, глубоко индивидуальным внутренним строением сформирована совокупностью разновременных геологических процессов.

© А. А. Коковкин, 2016

Для реконструкции ее развития необходимо прежде всего снять маскирующий эффект самых молодых процессов. Для востока Азии такая задача сама по себе непроста, поскольку новейшее время отличается исключительным многообразием процессов – активным рифтогенезом и орогенезом, масштабной сдвиго-надвиговой тектоникой, высокой сейсмичностью, проявлением базальтоидного магматизма, развитием низкотемпературного метасоматоза и полиэлементного рудогенеза, процессов седиментации, выветривания и эрозии. А на окраине континента и в зоне перехода континент–океан к этому многообразию добавляются также молодой гранитоидный магматизм и масштабная абразия. Но без решения этой задачи невозможно достоверное моделирование всех более ранних этапов развития этого региона. Для ее решения необходимо создание комплексных эволюционных моделей для наиболее обеспеченных информацией структур, в которых новейшие процессы оставили наиболее выраженные следы.

Одна из таких структур – зона Инкоу-Хинганского разлома. Базовая информация по ней была сформирована в ее российской части. Основой послужили результаты проведенных автором прогнозно-поисковых работ на уран, дополненные сведениями из литературных источников и материалов геологосъемочных работ, данными дистанционного зондирования. На ряде участков структура зоны была изучена комплексом полевых методов с геолого-радиометрическими маршрутами, бурением и структурной геофизикой. В 2013 г. сведения по этой зоне пополнились наблюдениями в рекогносцировочном 200-километровом маршруте по р. Амгунь.

Результаты исследования. ***Региональную позицию*** зоны ИХР определяет ее приуроченность к области взаимодействия (ОВ) двух мезозойско-кайнозойских подвижных поясов – западного сегмента Тихоокеанского подвижного пояса (ТОПП), имеющего здесь меридиональную ориентировку, и северной (широтной) ветви Трансазиатского пояса (ТАПП). Характер взаимодействия этих поясов, особенно ярко выраженный именно в новейшей структуре этой области, показан в работах [9, 10]. Структура ИХР выступает здесь в качестве одного из индикаторов этого взаимодействия.

Согласно волновой модели, новейшие разломы ОВ развивались в волновом режиме – в режиме *нелинейного знакопеременного сдвига* (ЗПС) с периодической сменой активности по системам разного направления. Нелинейность сдвигового режима выражена в смещениях бортов разломов, не компенсированных смещениями полярной направленности, что и фиксируется остаточными деформациями. В процессе эволюции под действием ЗПС увеличивается степень фрагментации разломов, они превращаются в сложнопостроенную разломную зону. Эта зона насыщается сдвиго-надвиговыми дислокациями, ее внутренняя структура усложняется, наращивается ее мощность. Именно этим может быть объяснен феномен значительной, до многих десятков километров, мощности основных разломных систем региона. Таким образом, и зона ИХР заметно усложнила в новейшее время свое строение, нарастив при этом мощность до 40–60 км.

Наиболее крупные и активно ведущие себя на новейшем этапе разломы насыщены новейшими *инверсионными структурами*. В рифтогенах с их раздвиговым режимом, в контролирующих их разломах и (чаще) в узлах их пересечения развиваются *инверсионные (внутренние) поднятия*, для формирования которых необходим режим *сжатия*. В орогенах же с характерным для них режимом сжатия формируются *инверсионные (приразломные) впадины*, для существования которых необходим раздвиговый режим. Эти инверсионные структуры являются индикаторами знакопеременно-сдвигового режима вмещающих их разломов. Особенно представительны длительно сохраняющие свою структурную целостность инверсионные (приразломные) впадины. Целостность этих впадин указывает на конечность величин амплитуд горизонтальных смещений по вмещающим их разломам, а ритмика их осадочного чехла отражает пульсационный режим знакопеременного сдвига. Надежно диагностируемый возраст их осадков позволяет определять время действия ЗПС. Более детальное описание моделей ЗПС и инверсионных структур приведено в работах [8, 11, 13].

Отличительной особенностью новейших разломных систем региона, в том числе разломов зоны ИХР, является их *раскрытый* характер. Как крупные, фрагментированные знакопеременным сдвигом швы, так и локальные разрывные дислокации этих зон выполнены в той или иной степени дезинтегрированным, флюидоводонасыщенным, практически несжимаемым субстратом. Состояние перманентной «раскрытости» поддерживается в них высоким уровнем сейсмичности региона с ее сложноорганизованным волновым (пульсационным) режимом. Современная активность наиболее крупных зон новейших разломов подчеркнута характером их физических полей, контролем над гипоцентрами землетрясений, насыщенностью их сейсмодислокациями, минеральными (в том числе термальными) источниками и аномалиями газового состава [8]. Все это в полной мере характерно и для зоны Инкоу-Хинганского разлома.

Эволюция структуры ИХР. Время *заложения* Инкоу-Хинганской зоны можно достаточно уверенно датировать границей *раннего и позднего мела*, поскольку она контролирует цепь меловых вулканоструктур (ВТС) Сунхуацзян-Баджальской зоны [4]. Эти ВТС (Баджальская, Таланджинская, структуры Хингано-Олонойского поля и др.) выполнены преимущественно образованиями позднемеловой базальт-андезит-риолитовой формации. Сунхуацзян-Баджальская зона с контролировавшей ее системой северо-восточных разломов отчетливо дискордантна по отношению к сочленяющимся здесь структурам подвижных поясов, имеющих субширотную (в ТАПП) и субмеридиональную (в ТОПП) ориентировку. Похоже, что она образовалась в результате взаимодействия этих поясов.

Проведенные реконструкции [8] указывают на то, что мезозойско-кайнозойская структура области взаимодействия ТОПП и ТАПП, формировавшаяся на окраине континента с позднего триаса под определяющим влиянием Тихоокеанского раздвига с его масштабной океанской трансгрессией, подверглась в позднем мелу – палеоцене мощному сжатию с сопровождающим его орогенезом. На окраине Азии орогенез развивался в магматогенном режиме, существенным образом нарастив структуру континентальной коры. Береговая линия океана сместилась при этом к востоку, далеко за

ее современную границу. Взаимодействие субширотной системы разломов Трансазиатского пояса с синхронно развивающимися субмеридиональными разломами Тихоокеанского пояса, реализующееся в это время в условиях глобального сжатия, по-видимому, и вызвало раскол континентальной коры с развитием диагональной системы северо-восточных разломов. В том числе была заложена и Инкоу-Хинганская зона разломов с вулканоструктурами Сунхуацзян-Баджальской зоны.

Глубинный характер этой зоны, отмеченный присутствием в ВТС базальтоидной составляющей, определил во многом унаследованный характер ее дальнейшего развития. В глубине континента, с приближением к структуре Амуро-Зейской впадины, развивавшейся в амагматичном режиме, зона ИХР сменила свой режим на амагматичный. Смена режима отразилась развитием в ней на юго-восточном замыкании впадины позднемеловых вулканогенно-осадочных пород *кундурской* свиты.

На новейшем этапе зона ИХР структурировалась в ходе взаимодействия с другими разломными системами данной области. Наиболее существенное влияние на ее развитие оказали разломы меридиональной системы Тихоокеанского пояса – Тастахский (северная ветвь Танлу-Курской зоны), Эхилкан-Ханкайский и Мельгинский, а также Намурхэ-Амурская зона разломов, принадлежащая к северной (широтной) ветви Трансазиатского пояса. Совместно с ними зона ИХР участвовала в формировании новейшей структуры Восточно-Буреинского орогена и Сунляо-Амуро-Зейской рифтогенной системы, а на северо-востоке также и в структурировании северной части Амуро-Ханкайского рифтогена. Структура зоны Инкоу-Хинганского разлома была в ходе этого взаимодействия существенным образом трансформирована и усложнена.

В *эоцен-миоценовое время,* в основную стадию новейшего этапа, разломы зоны под влиянием ЗПС были фрагментированы, она существенным образом нарастила свою мощность, была насыщена сдвиго-надвиговыми дислокациями и структурами инверсионных впадин. В *плиоцене – раннем плейстоцене*, когда вся структура востока Азии в рамках глобальной активизации была активизирована на мантийном уровне с проявлением траппового магматизма, активизировалась и структура ИХР. В это время в ней получил весьма широкое развитие базальтоидный магматизм. Значительная часть зоны ИХР была при этом перекрыта *платобазальтами.* Реликты их сохранились в виде Сулукского, Хинганского плато, многочисленных более мелких проявлений базальтоидов (даек, реликтов вулканов и покровов). С завершающей фазой этой активизации здесь, как и во многих других частях региона, связано развитие низкотемпературного аргиллизитового метасоматоза и полиэлементного рудогенеза. Подробнее об этом ниже.

В заключительную *плейстоцен-голоценовую* стадию зона ИХР вместе со всей региональной структурой была снова активизирована, но уже в *амагматичном* режиме (как и в раннюю стадию). Базальтовые плато были при этом взломаны сдвиго-надвиговой тектоникой, эродированы и приобрели отчетливо реликтовый облик. Дополнительную активизацию с трансформацией своей структуры испытали и сформированные ранее инверсионные впадины. Эта самая молодая активизация сопровождалась дополнительным наращиванием мощности зоны с новой фрагментацией ее разломов, насыщением инверсионными поднятиями и новыми сдвиго-надвиговыми дислокациями. Амплитуды горизонтальных смещений, зафиксированных остаточными деформациями, достигали в это время 10 км.

Характер этой молодой структуры нашел соответствующее выражение и в современном рельефе – контрастном и неравновесном низко-среднегорном в центре и на северо-востоке, где зона ИХР наложена на жесткую структуру Буреинского массива, равнинном и пологовсхолмленном на юго-западе, где она накладывается на структуру Амуро-Зейской впадины. Разница абсолютных отметок самых высоких частей хребтов (Верхне-Буреинского, Баджальского) и отметок низких равнин (Архаринский прогиб на юго-западе зоны ИХР, долина р. Амгунь в ее северо-восточной части) с их современными седиментационными ландшафтами достигает 500–800 м, определяя величину вертикальной составляющей взбросо-сдвиговой плейстоцен-голоценовой тектоники. Развивавшаяся в динамичном равновесии с этой тектоникой эрозия и заметно подчиненные ей седиментационные процессы окончательно сформировали современную внутреннюю структуру зоны Инкоу-Хинганского разлома.

Геологические индикаторы новейшего этапа структурирования ИХР. *Инверсионные* структуры – основные индикаторы этого времени – представлены в ней достаточно широко. В центре и на северо-востоке (в пределах Восточно-Буреинского орогена) в нее вложен ряд инверсионных приразломных впадин с системой их периферических палеодолин, а на юго-западе (в Амуро-Зейской впадине) – серия инверсионных поднятий. Впадины выполнены рыхлыми, обводненными, преимущественно сероцветными осадками угленосной аллювиальной формации эоцена – плейстоцена. Поднятия сложены породами докайнозойского фундамента – вулканитами нижнего и верхнего мела.

Инверсионная ***Верхне-Амгуньская*** впадина (рис. 1, 2) – линейная приразломная структура протяженностью около 100 км, расположенная на северо-востоке ИХР. Фундамент ее сложен протерозойскими сланцами, гранитами и вулканитами мезозоя. Выполнена она угленосными осадками эоцен-плейстоценового возраста мощностью до 1000 м и более. Активизация завершающей фазы новейшего этапа отразилась в общем подъеме и деформации ее структуры. Юго-западная часть впадины, перекрытая плиоценовыми базальтами Сулукского плато, была смещена правосторонним (некомпенсированным) сдвигом по зоне меридионального Тастахского разлома к северу с амплитудой около 10 км. Северо-западный борт северо-восточного блока был осложнен при этом надвигом. впадина была выведена из седиментации и вовлечена в эрозию. Сложенная докайнозойскими породами пластина надвига, дополнительно деформированная самой поздней сдвиговой тектоникой, оконтурена узкими современными долинами рек Амгунь и Сулук (рис. 2).

Русло вложенной в структуру впадины современной долины Амгуни, сместившись влево, оказалось прижатым к крутому северо-западному, осложненному надвигом левому борту впадины. Наряду с другими подобными фактами, это несколько нарушает представления об универсальности

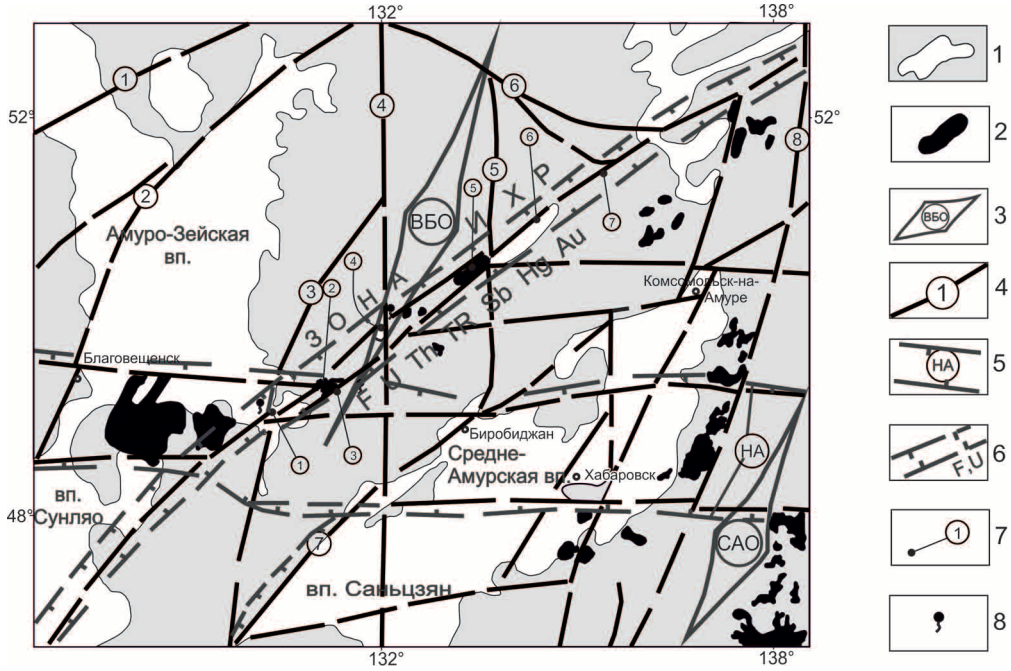

Рис. 1. Фрагмент карты новейших структур востока Азии с зоной Инкоу-Хинганского разлома. По [8] с дополнением

1 – контуры мезозойско-кайнозойских впадин; *2* – поля плиоцен-четвертичных платобазальтов; *3* – оси новейших орогенов Восточно-Буреинского (ВБО) и Сихотэ-Алинского (САО); *4* – основные глубинные разломы (1 – Дербур; 2 – Цицикар-Селемджинский; 3 – Мельгинский; 4 – Эхилкан-Ханкайский; 5 – Тастахский; 6 – Пауканский; 7 – Танлу-Курский; 8 – Центральный Сихотэ-Алинский); *5* – зона Намурхэ-Амурского разлома; *6* – зона ИХР и специализация ее новейшего рудогенеза; *7* – положение геологических объектов – индикаторов новейшей эволюции зоны ИХР (1 – Богучанское инверсионное поднятие; 2 – Хинганское плато; 3 – взбросо-сдвиговые дислокации в районе ст. Кундур; 4 – Эхилканская впадина; 5 – Сулукская впадина с одноименным базальтовым плато; 6 – Верхне-Амгуньская впадина; 7 – выдвиговые дислокации в южном борту Амгуни); *8* – термальные источники

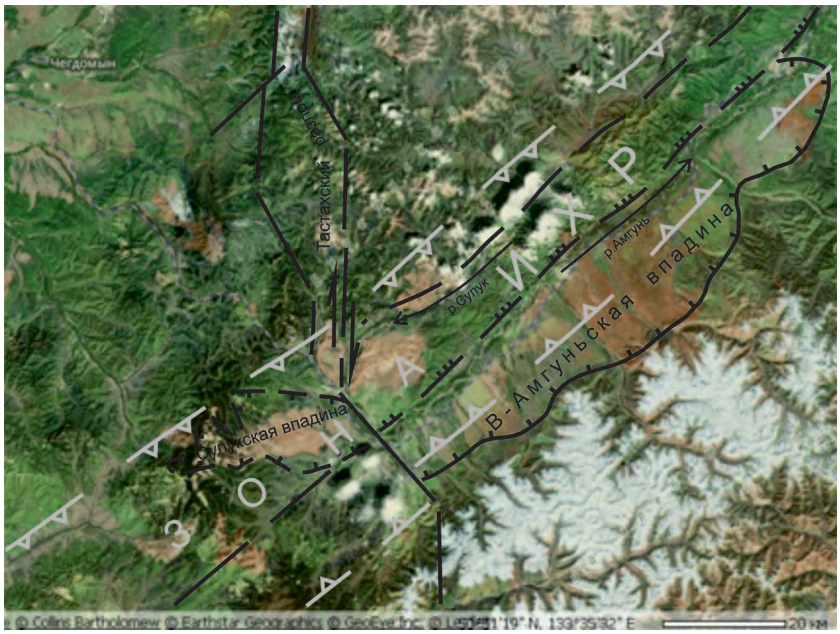

Рис. 2. Сдвиго-надвиговые деформации новейшей структуры Верхне-Амгуньской впадины

известных законов Бэра-Бабине и Кориолиса, по которым водные потоки рек северного полушария смещаются к их правым бортам.

Фрагмент смещенной к северу части Верхне-Амгуньской впадины, известный как Сулукская (Аякитская) впадина, вместе с перекрывающими ее базальтами Сулукского плато позднее также был деформирован сдвиго-надвиговой тектоникой и к тому же подвержен низкотемпературному метасоматозу с каолинит-карбонатным профилем изменений. Характер всех этих преобразований был исследован автором в 1998 г. в маршрутах с применением комплекса профильных геофизических методов. На юго-западном фланге Сулукского плато, в верховьях р. Гуджал, во врезах дорожного полотна в зоне ИХР под базальтами Сулукского

плато наблюдался выход рыхлых гравийно-песчаных осадков, являющихся, по-видимому, продолжением Сулукской впадины. Судя по всему, перед плейстоцен-голоценовой активизацией общая протяженность структуры Верхне-Амгуньской впадины достигала 150 км.

Расположенная юго-западнее Сулукского плато ***Эхилканская*** впадина представляет собой довольно крупную (около 350 км^2) инверсионную структуру, вложенную в узел пересечения зон Инкоу-Хинганского и Эхилкан-Ханкайского разломов. На рис. 3 представлена основная (южная) часть этой структуры. Такая позиция обусловила ее в большей мере изометричную в плане морфологию. Ранее здесь поисково-съемочными работами (Ю. П. Змиевский, 1968) были выделены лишь локальные поля рыхлых осадков с предполагаемым неогеновым возрастом. Как самостоятельная структура впадина была выделена автором в 1996 г., изучена с помощью комплекса профильных геофизических методов и бурением.

Фундамент впадины сложен протерозойскими сланцами, гранитогнейсами и гранитами палеозоя. На юге в его строении участвуют меловые вулканиты Таланджинской вулканоструктуры. Осадочный чехол мощностью до 500 м представлен рыхлыми, обводненными, сероцветными осадками эоцен-плейстоценового возраста (рис. 3, *А, Б*). Основная часть ее разреза состоит из отложений переменного песчано-гравийно-галечного состава. К центру впадины увеличивается количество глинистых прослоев, появляются пласты бурого угля мощностью до 5 м. С юго-западного борта в верхнюю часть осадочного чехла проникает покров базальтов. Борта впадины осложнены палеоврезами, выполненными более грубообломочными разностями с примесью валунного материала.

С поверхности в осадках впадины развита площадная зона поверхностного окисления мощностью до 5–10 м. Местами она осложнена субпластовыми элементами. В интервале скважин 8–9 (рис. 3, *Б*) в такой ситуации на выклинивании языка окисления отмечена аномалия радиоактивности интенсивностью 85 мкР/ч. Не исключено, что по палеоврезам, где динамика инфильтрации самая высокая, пластовое окисление проникает и на более глубокие уровни. В конце плейстоцена структура Эхилканской впадины была деформирована сдвиговой тектоникой, взброшена, выведена из седиментации, подвержена эрозии и раскрыта для развития в ней окислительного эпигенеза. Дислокации, наложенные на осадки впадины, наблюдались в дорожных карьерах по трассе между поселками Зимовье и Эхилкан. Северная, не представленная на карте, закрытая современным болотным ландшафтом часть впадины была смещена правосторонним сдвигом (в комбинации с взбросом) по одному из швов ИХР с горизонтальной амплитудой около 10 км.

Во вскрытом скважинами разрезе впадины проявлены масштабные процессы *низкотемпературного метасоматоза*. Локализованный в ней покров базальтов мощностью до 30 м был полностью глинизирован – замещен метагаллуазитом. При этом сохранилась «теневая» микролитовая структура базальтов, хорошо выраженная в керне скважин 9, 10. В то же время часть этого покрова, выходящая на обрамление впадины, отличается достаточно свежим обликом. Базальты здесь лишь слабо затронуты выветриванием. Такой характер изменений может быть объяснен условиями весьма агрессивной обводненной среды осадочного чехла с резко пониженным водородным показателем в сочетании с весьма существенным привносом калия. Концентрация его в глинизированных базальтах достигает 6%, тогда как в базальтах обрамления калия не более 1 %. Такой характер объемного замещения базальтов метагаллуазитом достаточно неординарен, однако подобные явления все же встречаются. Аналогичные изменения отмечены, в частности, А. А. Кременецким и соавторами [14] для базальтоидов, подстилающих меловые осадки Западной Сибири. Ими же сделан вывод о метасоматической природе этих изменений и о связи их с мантийным флюидопотоком.

Осадки Эхилканской впадины также были подвержены объемному гидротермальному метасоматозу аргиллизитового ряда с каолинитом, сульфидной и карбонатной минерализацией. Аргиллизация сопровождалась здесь привносом урана, тория, элементов редкоземельной группы и скандия с наращиванием их концентраций по отношению к фоновым на порядок и более. По данным опробования керна скв. 11, в подошве угольного пласта у контакта с песками на действовавшем здесь контрастном геохимическом барьере отмечены аномальные (0,2 г/т) концентрации золота. На поверхности, во врезах дорожного полотна, в каолинизированных песках выявлены радиоактивные аномалии ториевой природы интенсивностью до 100 мкР/ч. Торий связан здесь с тонкой (глинистой) фракцией, что указывает на его высокую подвижность, которая, по-видимому, обеспечивалась растворами с повышенной кислотностью, действовавшими в хорошо проницаемой, обводненной среде осадочного чехла впадины.

На западной и южной периферии эродированного, нарушенного современными врезами Хинганского плато базальты сохранились лишь на водоразделах. Здесь из-под их покровов выходят рыхлые неоген-плейстоценовые осадки – реликты еще одной палеодолины. В некоторых из них локализованы россыпи золота, в том числе и промышленного уровня, например Ивановское месторождение (уже отработанное) [16]. Эта палеодолина продолжает систему расположенных северо-восточнее, вложенных в зону ИХР, инверсионных структур Эхилканской, Сулукской и Верхне-Амгуньской впадин. Пространственно-временная устойчивость этих длительно развивавшихся инверсионных структур вместе с фрагментированным характером разломов этой зоны указывает на активность знакопеременно-сдвиговой тектоники этой части зоны ИХР в течение всего новейшего этапа. Наличие же сдвиго-надвиговых дислокаций, наложенных на структуры этих впадин и перекрывающие их платобазальты, значительные амплитуды горизонтальных и вертикальных перемещений свидетельствуют о повышенной геодинамической активности этой зоны также и в плейстоцен-голоценовое время.

Далее к юго-западу зона ИХР, совместно с разломами Намурхэ-Амурской и Мельгинской зон, существенным образом трансформировала юго-восточный борт ***Амуро-Зейской впадины***. Трансформации также сопровождались здесь развитием сдвиго-надвиговых дислокаций и проявлением аргиллизитового метасоматоза. В дорожном врезе трассы Хабаровск – Благовещенск (район ст. Кундур) на

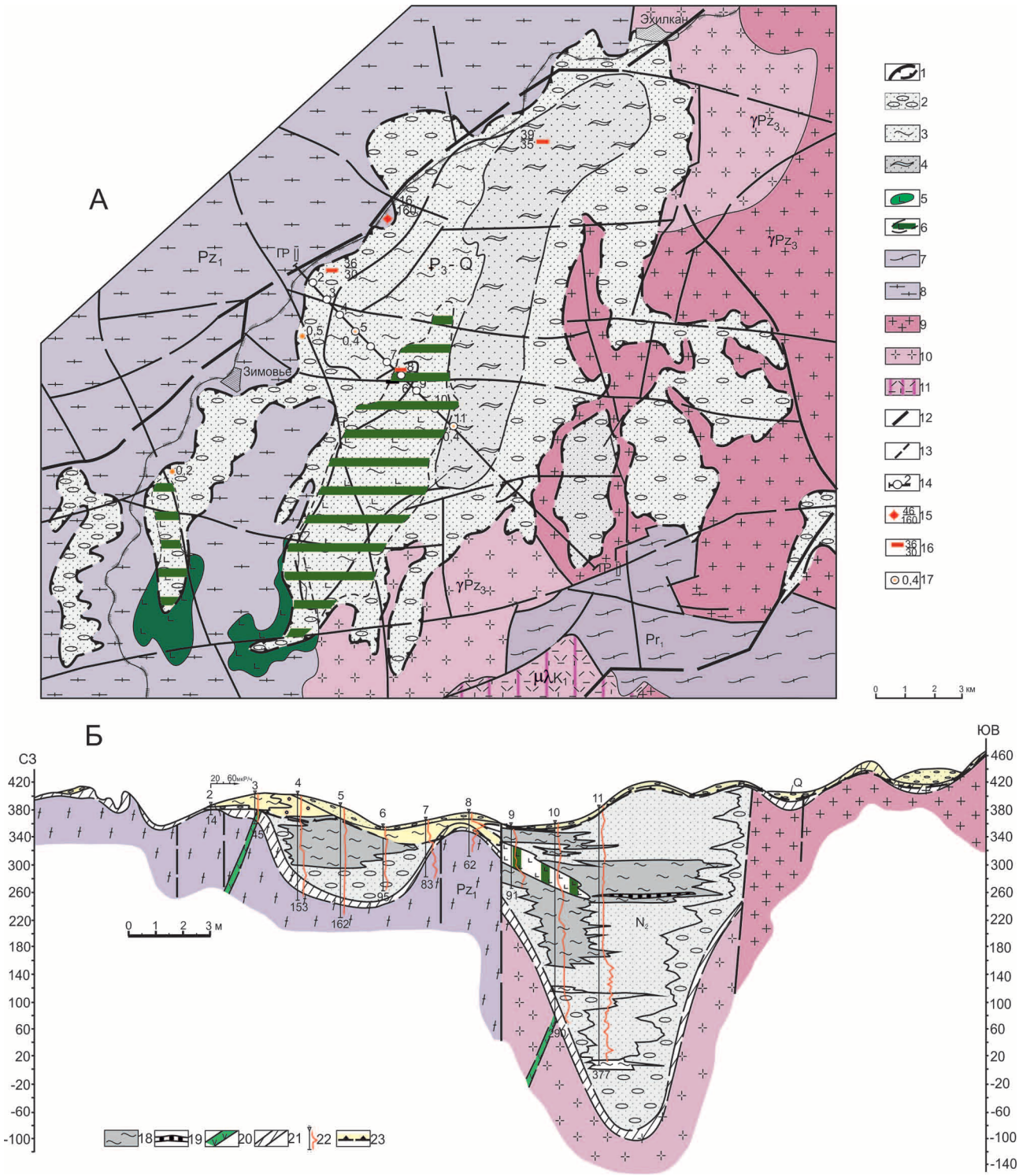

Рис. 3. Эхилканская впадина. По [8] с дополнением

А – литолого-структурная карта; *Б* – геологический разрез по профилю II.

1 – контур впадины; *2–4* – осадочное выполнение впадины: *2* – песчано-гравийно-галечные и валунные отложения прибортовой части, *3* – глинисто-песчаные осадки переходной зоны, *4* – углисто-глинисто-песчаные отложения внутренней части впадины; *5, 6* – покровы плиоценовых базальтов (*5* – на обрамлении впадины, *6* – в осадочном чехле); *7–11* – породы фундамента впадины: *7* – метаморфические сланцы протерозоя, *8* – гранитогнейсы нижнего палеозоя, *9* – биотитовые граниты верхнего палеозоя, *10* – верхнепалеозойские лейкограниты, *11* – меловые риолиты Таланджинской ВТС; *12* – основные швы зон Инкоу-Хинганского и Эхилканского разломов; *13* – второстепенные разломы; *14* – скважины профиля II и их номера; *15* – радиоактивные аномалии в фундаменте впадины. Справа в числителе – номер точки наблюдения, в знаменателе – интенсивность в мкР/ч; *16* – то же в осадках впадины; *17* – точки наблюдения с весовыми концентрациями золота, в г/м^3; *18–23* – дополнительно для разреза: *18* – глины, *19* – прослои бурых углей, *20* – дайки среднего-основного состава, *21* – кора выветривания пород фундамента, *22* – скважины, их номера и глубины, справа – график гамма-каротажа, *23* – зона поверхностного окисления

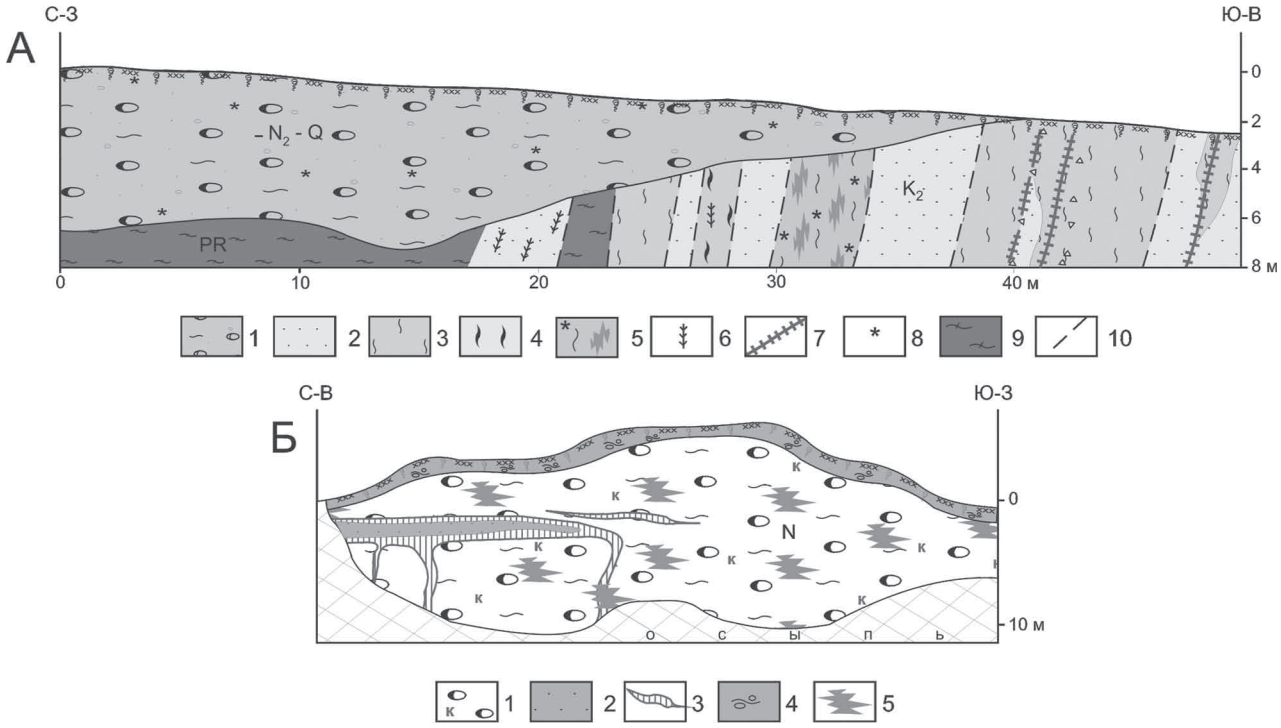

Рис. 4. Новейшие дислокации в юго-западной части зоны ИХР (документация автора, 2000 г.)

А – взбросо-сдвиг на юго-восточном борту Амуро-Зейской впадины. Северный борт дорожного вреза трассы Чита–Хабаровск в районе ст. Кундур: *1* – красноцветные валунные паттумы плиоцена (?); *2–5* – осадки верхнего мела: *2* – пески серые, полевошпат-кварцевые, разнозернистые, *3* – глины серые, *4* – глины углистые, *5* – глины пестроцветные; *6* – включения углефицированной растительной органики; *7* – жилы сидерита; *8* – пятна лимонита; *9* – биотитовые сланцы; *10* – разрывные нарушения.

Б – новейшая аргиллизация в плиоценовых (?) осадках юго-восточной прибортовой части Амуро-Зейской впадины, карьер у ст. Урил: *1* – каолинизированные глинисто-валунные паттумы; *2* – разнозернистые окисленные пески; *3* – сидеритовые жилы; *4* – паттумные элювиально-делювиальные отложения плейстоцена–голоцена; *5* – пятна лимонитизации

северо-западном борту долины р. Мутная наблюдался новейший взбросо-сдвиг, наложенный на биотитовые сланцы протерозоя, вмещающие реликтовый блок рыхлых осадков позднего мела (рис. 4, *А*). Осадки дислоцированы здесь до постановки на голову, содержат тектонические клинья сланцев, инъецированы жилами сидерита. Эти трансформированные молодой тектоникой сланцы и осадки перекрыты эродированным с поверхности шлейфом «немых» красноцветных валунных паттумов предположительно плиоценового возраста. Поверхности валунов в них притерты. Похоже, что шлейф этих красноцветов также был дислоцирован, что так или иначе указывает на молодой возраст данных дислокаций, соответствующий завершающей стадии новейшего этапа.

Юго-восточный борт Амуро-Зейской впадины трансформирован системой взбросо-сдвигов на всем его пересечении зоной ИХР. На взброшенных блоках борта с реликтами осадков верхнего мела эрозией был срезан практически весь перекрывавший их кайнозойский разрез, мощность которого на юго-востоке впадины достигала нескольких сотен метров. Вертикальная амплитуда перемещений может быть в связи с этим достаточно уверенно оценена величиной не менее 200 м. Серия таких реликтовых блоков преимущественно сероцветных верхнемеловых осадков распространена к востоку и западу от охарактеризованной выше ситуации более чем на 25 км. В одном из таких блоков в осадках маастрихта найден скелет шлемоголового динозавра *Olorotitan arharensis Godefroit* – одного из самых молодых представителей этой биоты [2]. Выведенные на поверхность в этих взброшенных блоках сероцветные верхнемеловые осадки *практически не затронуты поверхностным окислением*. При достаточно высокой скорости данного процесса это дополнительное свидетельство плейстоцен-голоценового возраста проявленных здесь взбросо-сдвиговых деформаций.

Осадки, близкие по характеру к описанным выше паттумам, наблюдались и западнее пос. Кундур, в небольшом карьере у ст. Урил уже непосредственно в контуре Амуро-Зейской впадины. Но это уже почти белые породы, полностью восстановленные под действием гидротермального аргиллизитового метасоматоза. Здесь они интенсивно каолинизированы и вмещают штокверк жил сидерита (рис. 4, *Б*). Вертикальные жилы штокверка развивались здесь по разрывным нарушениям, горизонтальные по более проницаемым песчаным прослоям.

Юго-западнее, в узле сочленения ИХР с разломами широтной Намурхэ-Амурской системы и зоной субмеридионального Мельгинского разлома в Амуро-Зейской впадине, локализована серия небольших ***инверсионных поднятий*** (Богучанское, Скобельцинское и др.). Они «всплыли» на поверхность из фундамента впадины под действием знакопеременного сдвига в плейстоцен-голоценовое время, прорвав рыхлые обводненные осадки верхнего мела – кайнозоя. *Скобельцинское* поднятие сложено меловыми игнимбритами. На его юго-западном борту в уступе небольшого карьера

на них залегают рыхлые песчано-глинистые осадки предположительно плиоценового возраста. Контакт их с игнимбритами сорван, плоскость его притерта.

Особый интерес представляет ***Богучанское*** инверсионное поднятие, контрастно выделяющееся на плоской заболоченной поверхности Архаринского прогиба. Этот прогиб, расположенный на юго-восточном замыкании Амуро-Зейской впадины, длительное время находившийся в состоянии седиментации, и в настоящее время развивается в активном *раздвиговом* режиме. По материалам ДВИМСА (А. А. Черепанов, 1993), на поднятии, сложенном меловыми вулканитами с реликтовыми тектоническими клиньями рыхлых осадков кайнозоя, в верхней его части развиты жилы кварца с антимонит-флюоритовой минерализацией. Эти жилы развивались как по тектоническим нарушениям в самих вулканитах, так и по сорванным тектоникой контактам вулканитов с осадками кайнозоя. Ряд близких по характеру поднятий имеется в структуре прогиба и северо-западнее Богучанского поднятия.

Все эти поднятия, контрастно выделяющиеся на поверхности современной раздвиговой системы Архаринского прогиба, являются одними из самых молодых деформационных структур Инкоу-Хинганской зоны. Они отражают активность ее *плейстоцен-голоценовой* геодинамики. Близкие по характеру инверсионные поднятия достаточно широко распространились и в других новейших разломных структурах востока Азии [8, 13].

Ареал молодого *флюоритового оруденения*, аналогичного проявленному на Богучанском поднятии, достаточно широк. Он распространяется по зоне ИХР в обе стороны от узла ее пересечения с Мельгинским разломом и разломами зоны Намурхэ. Проявления флюоритовой минерализации известны в плиоценовых базальтах Хинганского плато. Сами эти базальты, по данным геологосъемочных работ (Б. И. Бурдэ, 1962), характеризуются аномальным (800 г/т и более) содержанием фтора. На юго-западном продолжении зоны, в пределах впадины Сунляо, в осадках позднего мела известно проявление жильного флюорита с урановой минерализацией (Г. М. Шор, 1999), также имеющее, вероятнее всего, новейший возраст. Сведения о характере новейшей рудоносности зоны Инкоу-Хинганского разлома дополняет факт наличия

Рис. 5. Северо-восточная часть зоны ИХР. Сейсмогенный выдвиг кремнистых сланцев девона (?) в современное русло р. Амгунь (фото автора, 2013 г.)

в ней, на ближнем северо-восточном фланге Хинганского плато, ртутно-сурьмяного месторождения *Солокачи* с кайнозойским, по данным Е. А. Радкевич [15], возрастом оруденения.

Признаки *новейшего рудогенеза* проявлены в зоне ИХР практически на всем ее протяжении. Этот полиэлементный (F, U, Th, TR, Sb, Hg, Au) рудогенез связан с завершающей стадией плиоцен-плейстоценовой (мантийной) активизации, с развитием аргиллизитового метасоматоза. Его генерируемые глубинными флюидопотоками рудообразующие системы (РОС) получили достаточно широкое развитие во многих новейших разломных структурах региона. Они направленно омолаживаются к востоку от плиоцена – раннего плейстоцена в глубине континента до голоцена на Чукотке и Курилах. Характер этих РОС и формируемой ими региональной металлогенической зональности, особенности их трансформирующего воздействия на металлогению более ранних этапов представлены в работах [7, 8, 12].

Активность *современной* геодинамики зоны Инкоу-Хинганского разлома подтверждается ее повышенной *сейсмичностью* (коровые землетрясения магнитудой до 6–7 [3]). О современной активности этой зоны свидетельствует и насыщенность ее минеральными, в том числе термальными источниками (Сагибовский, Кульдурской группы, Тырминский и др.) [8]. Эти источники с контрастными аномалиями их газового состава достаточно надежные индикаторы глубинности питающих их (современных) флюидопотоков. Так, Сагибовский источник, расположенный в зоне АХР в Амуро-Зейской впадине, отличается повышенной концентрацией фтора. Для находящихся северо-восточнее Кульдурского и Тырминского источников характерны аномальные концентрации углекислоты и радона. Радон, как известно, – один из индикаторов активности сейсмического режима.

Повышенная сейсмичность зоны ИХР выражена также в наличии в ней сейсмодислокаций. Сведения по ним, однако, весьма ограниченны. Вполне определенный интерес представляют выполненные автором в 2013 г. наблюдения по северо-восточному фрагменту зоны ИХР. В береговых уступах р. Амгунь получили развитие современные *сейсмогенные выдвиги*, внедрившиеся на 10–20 м в современное русло реки небольшие (10–15 м) блоки девонских (?) алевролитов (рис. 5). Сейсмогенная модель формирования этих дислокаций представлена в работе [13].

Современное состояние зоны Инкоу-Хинганского разлома отражено и в ее ***физических полях***. Это иллюстрируют данные по комплексному геофизическому профилю Свободный – Комсомольск-на-Амуре – мыс Сюркум [5]. Зона ИХР пересекается этим профилем в районе Баджальской ВТС. Здесь она выделяется контрастным поднятием поверхности Мохо, пониженной плотностью коры и высокими (1080–1100 °С) значениями ее изогеотерм. Отсюда виден прежде всего глубинный (сквозькоровый) характер этой зоны с высокой активностью ее современного геодинамического состояния. Поднятие Мохо указывает на наличие в этой части зоны современного *раздвигового* режима. Такое состояние зоны, учитывая геологически медленный характер развития раздвига, может быть с достаточно высокой долей уверенности транслировано и на основную часть новейшего этапа. В верхней

части коры этот раздвиг отмечен структурами Верхне-Амгуньской и Сулукской впадин и покровами платобазальтов.

Необходимо обратить внимание на один из парадоксов геологии, касающихся понимания закономерностей структурирования континентальной коры востока Азии и других регионов с активной эоцен-голоценовой геодинамикой. Казалось бы, понятно, что данные, получаемые различными геофизическими методами, отражают прежде всего *современное* состояние коры, литосферы и планеты в целом. И что прямая трансляция полученных этими методами результатов на более раннюю геологическую структуру без учета влияния на нее процессов новейшего этапа, мягко говоря, не совсем корректна. Тем не менее именно такая *прямая* трансляция и принята во всей, в том числе и в отечественной континентальной геологии как в производственных, так и в научных ее сферах. Трансформировавшие литосферу и кору новейшие процессы обычно (как правило) не учитываются при геологической интерпретации физических полей, получаемых различными геофизическими методами. Причина в том, что реконструкция этих трансформаций сложна и требует междисциплинарного (комплексного) подхода, не характерного для разветвленной, дифференцированной системы геологии. Используемая автором методика акцентированного на новейший этап комплексного эволюционного моделирования ориентирована в том числе и на разрешение данного парадокса.

Заключение. Проведенное моделирование показало, что новейший этап развития зоны Инкоу-Хинганского разлома насыщен масштабными, тесно взаимосвязанными процессами, разнообразными по природе и вещественному наполнению. Многочисленные следы этих процессов, хорошо сохранившиеся в структуре данной зоны в целой системе геологических признаков, позволяют рассматривать ее в качестве исследовательского полигона.

Зона ИХР, заложенная на востоке Азии на границе раннего и позднего мела в ходе взаимодействия структур ТОПП и ТАПП, как структура глубинного уровня продолжала свое активное развитие и на новейшем этапе, вплоть до настоящего времени.

Структурируясь под определяющим влиянием нелинейного знакопеременного сдвига во взаимодействии с другими, синхронно развивающимися разломными системами, зона ИХР постепенно фрагментировала свои разломы, насыщалась новейшими инверсионными структурами, сдвиго-надвиговыми дислокациями, в результате чего нарастила свою мощность до 40–60 км.

Достаточно надежно выделяются три стадии развития ИХР: *эоцен-плиоценовая*, идентифицируемая с соответствующими по возрасту структурами новейших инверсионных впадин и связанных с ними палеодолин; *плиоцен-раннеплейстоценовая*, обозначенная платобазальтами; *плейстоцен-голоценовая* (амагматичная стадия), идентифицируемая с инверсионными поднятиями и сдвиго-надвиговыми дислокациями, наложенными на базальты и более ранние инверсионные впадины. Здесь под идентификацией понимается распознавание явления, объекта и т. д. в признаковом (геологическом) пространстве.

В плиоцене – раннем плейстоцене на завершающем этапе мантийной активизации в зоне ИХР получил развитие аргиллизитовый метасоматоз с выраженными признаками полиэлементного (F, U, Th, TR, Sb, Hg, Au) рудогенеза.

В палеоврезах Эхилканской впадины, выведенной в конце новейшего этапа из состояния седиментации и раскрытой для окислительного эпигенеза, имеются признаки пластовых зон окисления с возможной продуктивностью на уран.

Высокую активность геодинамики зона ИХР сохраняет и в современном своем состоянии, о чем свидетельствуют ее повышенная сейсмичность, наличие в ней минеральных (в том числе термальных) источников, водно-газовых аномалий (F, CO_2, He, Rn) и сейсмодислокаций.

---

1. *Белогуб В.Н., Гапонов А.И., Шапочка И.И.* Тектоника Буреинского прогиба и его положение в структуре сопредельных районов // Геология и геофизика. 1967. № 6. – С. 111–114.

2. *Болотский Ю.Л., Бугдаева Е.В., Маркевич В.С.* Динозавры и среда их обитания в конце мелового периода (Зейско-Буреинский бассейн, российский Дальний Восток) // Вестник ДВО РАН. 2009. № 4. – С. 73–82.

3. *Быков В.Г., Бормотов В.А., Коковкин А.А.* и др. Сейсмогеодинамика, активные тектонические структуры и сейсмический процесс на востоке Азии // Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы: в 8 т. / пред. редкол. Н.П. Лаверов. – М.: ИФЗ РАН, 2008. Т. 1: Сейсмические процессы и катастрофы / отв. ред. А.О. Глико – С. 44–65.

4. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. М-б 1 : 2 500 000. Объясн. зап. / Л.И. Красный, А.С. Вольский, Пэн-Юньбяо и др. – Санкт-Петербург; Благовещенск; Харбин, 1999. – 135 с.

5. *Диденко А.Н., Каплун В.Б., Малышев Ю.Ф., Шевченко Б.Ф.* Структура литосферы и мезозойская геодинамика востока Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 5. – С. 29–47.

6. *Коковкин А.А.* Волновая модель структурирования континентальной коры в кайнозое для области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов // Вестник ДВО РАН. 2006. № 3. – С. 47–60.

7. *Коковкин А.А.* Эндогенные уран-полиэлементные рудообразующие системы в рифтогенных структурах юга Дальнего Востока России // Отечеств. геология. 2006. № 2. – С. 5–12.

8. *Коковкин А.А.* Геодинамическая модель кайнозойского этапа развития континентальной коры юга Дальнего Востока России и уран-полиэлементное рудообразование: Автореф. докт. дис. – М.: РИС ВИМС, 2007. – 50 с. http://vak.ed.gov.ru/announcements/geomin/573/.

9. *Коковкин А.А.* Область взаимодействия Трансазиатского и Тихоокеанского подвижных поясов: эволюция структуры, новейшая тектоника и сейсмогеодинамика // Проблемы сейсмичности и современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири: докл. науч. симп., 1–4 июня 2010 г. Хабаровск / под ред. В.Г. Быкова, А.Н. Диденко. – Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2010. – С. 198–201.

10. *Коковкин А.А.* Эволюция структуры востока Азии и пульсационные процессы глобального и регионального уровня // Коэволюция геосфер: от ядра до Космоса: Материалы Всерос. конф. памяти чл.-кор. РАН Глеба Ивановича Худякова. Саратов, 17–20 апреля 2012 г. / ред. колл. А.В. Иванов, И.А. Яшков, М.Н. Пещеров, О.А. Волкова. – Саратов: Сарат. гос. тех. ун-т, 2012. – С. 197–203.

11. *Коковкин А.А.* Знакопеременный сдвиг и сейсмический резонанс в континентальной коре востока Азии // Коэволюция геосфер: от ядра до Космоса: Материалы Всерос. конф. памяти чл.-кор. РАН Глеба Ивановича Худякова. Саратов, 17–20 апреля 2012 г. / ред. колл. А.В. Иванов, И.А. Яшков, М.Н. Пещеров, О.А. Волкова. – Саратов: Сарат. гос. тех. ун-т, 2012. – С. 203–212.

12. *Коковкин А.А.* Новейшая структура Сихотэ-Алинского орогена и металлогения Сихотэ-Алинской рудной провинции // Регион. геология и металлогения. 2013. № 53. – С. 105–113.

13. *Коковкин А.А.* Комплексная эволюционная модель новейшей инверсионной структуры Хабаровско-Хехцирской системы поднятий // Отечеств. геология. 2013. № 4. – С. 32–41.

14. *Кременецкий А.А., Алексеев А.К., Диденко М.И.* Прогноз нефтегазоносности Западной Сибири по данным глубинных геолого-геофизических исследований // Разведка и охрана недр. 2002. № 5. – С. 73–80.

15. *Радкевич Е.А.* Глубинное строение и особенности металлогении юга Дальнего Востока. – М.: Недра, 1984. – 328 с.

16. *Сорокин А.П.* Морфоструктуры и кайнозойские россыпи золота Приамурья. – М.: Наука, 1990. – 105 с.

---

1. Belogub V.N., Gaponov A.I., Shapochka I.I. Tectonics of the Bureya trough and its position in the structure of the adjacent regions. *Geologiya i geofizika*. 1967. No 6, pp. 111–114. (In Russian).

2. Bolotskiy Yu.L., Bugdaeva E.V., Markevich V.S. Dinosaurs and their habitats at the end of the Cretaceous (Zeya-Bureya basin, the Russian Far East). *Vestnik DVO RAN*. 2009. No 4, pp. 73–82. (In Russian).

3. Bykov V.G., Bormotov V.A., Kokovin A.A. et al. Seismogeodynamics, active tectonic structures and seismic process in East Asia. *Environmental and climatic changes, natural and related technogeneous hazards*: *in 8 volumes*. Chief of Editorial Office N.P. Laverov. Vol. 1. Seismic processes and hazards. Editor-in-chief A.O. Gliko. Moscow: IFZ RAN. 2008. Pp. 44–65. (In Russian).

4. Geologicheskaya karta Priamur'ya i sopredel'nyh territoriy, masshtab 1 : 2 500 000. Ob"yasnitel'naya zapiska [Geologic map of Priamurye and the adjacent territories, scale 1:2,500,000. Explanatory Note]. L.I. Krasnyi, A.S. Vol'skiy, Peng-Yungbiao et al. St-Petersburg–Vlagoveshchensk–Harbin. 1999. 135 p.

5. Didenko A.N., Kaplun V.B., Malyshev Yu.F., Shevchenko B.F. The structure of the lithosphere and Mesozoic geodynamics of the eastern Central Asian foldbelt. *Geologiya i geofizika*. 2010. Vol. 51. No 5, pp. 29–47. (In Russian).

6. Kokovkin A.A. The wave model of structurization of the Cenozoic continental crust for the Central Asian and Pacific mobile belts junction area. *Vestnik DVO RAN*. 2006. No 3, pp. 47–60. (In Russian).

7. Kokovkin A.A. Endogenous uranium-polyelement ore genesis systems in the riftogenic structures of the Russian Far East South. *Otechestvennaya geologiya*. 2006. No 2, pp. 5–12. (In Russian).

8. Kokovkin A.A. Geodynamic model of the Cenozoic stage of development of the continental crust in the Russian Far East South and uranium-polyelement mineralization: abstract. Moscow: RIS VIMS. 2007. 50 p. (In Russian). http://vak.ed.gov.ru/announcements/geomin/573/.

9. Kokovkin A.A. The Trans-Asian and Pacific Mobile Belts interaction area: evolution of the structure, modern tectonics and seismogeodynamics. *Problems of seismicity and recent geodynamics of the Far East and Eastern Siberia: Report on Scientific Symposium, June 1–4 2010. Khabarovsk*. Eds. V.G. Bykov, A.N. Didenko. Khabarovsk: ITiG FEB RAS. 2010. Pp. 198–201. (In Russian).

10. Kokovkin A.A. Evolution of the structure of East Asia and pulsation processes on the global and regional scale. *Coevolution of geospheres: from the core to the Cosmos: Materials of the All-Russia Conference dedicated to the memory of the Corresponding Member of the RAS Gleb Ivanovich Khudyakov, April 17–20 2012. Saratov*. Eds. A.V. Ivanov, I.A. Yashkov, M.N. Peshcherov, O.A. Volkova. Saratov: Saratov State Technical University. 2012. Pp. 197–203. (In Russian).

11. Kokovkin A.A. A reverse-sense shear and seismic resonance in the continental crust of East Asia. *Coevolution of geospheres: from the core to the Cosmos: Materials of the All-Russia Conference dedicated to the memory of the Corresponding Member of the RAS Gleb Ivanovich Khudyakov, April 17–20 2012. Saratov*. Eds. A.V. Ivanov, I.A. Yashkov, M.N. Peshcherov, O.A. Volkova. Saratov: Saratov State Technical University. 2012. Pp. 203–212. (In Russian).

12. Kokovkin. A.A. The modern structure of the Sikhote-Alin orogen and metallogeny of the Sikhote-Alin ore province. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2013. No 53, pp. 105–113. (In Russian).

13. Kokovkin A.A. A comprehensive evolutionary model of modern inversion structure of the Khabarovsk-Khekhtsir system of uplifts. *Otechestvennaya geologiya*. 2013. No 4, pp. 32–41. (In Russian).

14. Kremenetskiy A.A., Alekseev A.K., Didenko M.I. Prediction of oil and gas potential in Western Siberia from data of deep geological-geophysical investigations. *Razvedka i okhrana nedr*. 2002. No 5, pp. 73–80. (In Russian).

15. Radkevich E.A. Glubinnoe stroenie i osobennosti metallogenii yuga Dal'nego Vostoka [Deep structure and metallogenic features of the Far East South]. Moscow: Nedra. 1984. 328 p.

16. Sorokin A.P. Morfostruktury i kaynozoyskie rossypi zolota Priamur'ya [Morphostructures and Cenozoic gold placers of Priamurye]. Moscow: Nauka, 1990. 105 p.

Коковкин Александр Александрович – доктор геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН (ИТиГ ДВО РАН). Ул. Ким Ю Чена, 65, Хабаровск, 680000, Россия. <kokovkin@itig.as.khb.ru>

Kokovkin Alexandr Alexandrovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Institute of Tectonics and Geophysics named after Yu. Kosygin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IT&G FEB RAS). 65 Kim Yu Chen St., Khabarovsk, 680000, Russia. <kokovkin@itig.as.khb.ru>