

Эволюционная модель новейшей структуры Амуро-Ханкайского рифтогена: основные закономерности развития и роль голоценовых трансформаций

Представлена эволюционная модель Амуро-Ханкайского рифтогена — самой крупной из новейших рифтогенных структур востока Азии. Исследования выполнены в рамках региональной модели, разработанной автором, и базисной — волновой нелинейной геодинамики. Показана позиция Амуро-Ханкайского рифтогена в региональной структуре. Выделены структурирующие рифтоген разломные системы Тихоокеанского и Альпийско-Гималайского подвижных поясов. Исследован характер знакопеременно-сдвигового взаимодействия этих систем. Выделены три этапа развития рифтогена — эоцен-миоценовый, плиоцен-плейстоценовый и голоценовый. Показаны особенности структурирования центральной, северной и южной частей рифтогена, его западной и восточной краевых зон. Приведены примеры масштабных голоценовых трансформаций Амуро-Ханкайского рифтогена.

Ключевые слова: новейшая тектоника, сейсмотектоника, знакопеременный сдвиг, дислокации, эрозия.

A. A. KOKOVKIN (ITiG FEB RAS)

The evolutionary model of the recent structure of the Amur-Khanka riftogen: Main patterns of the evolution and the role of Holocene transformations

The evolutionary model of the Amur-Khanka riftogen, the largest recent riftogenic structure of eastern Asia, is discussed. The studies were carried out in the framework of the regional model developed by the author and the basic model of nonlinear wave geodynamics. The Amur-Khanka riftogen position in the regional structure is shown. The fault systems of the Pacific and Alpine-Himalayan mobile belts structurizing the riftogen are identified. The pattern of the reverse-shear interaction between these systems is studied. Three stages are revealed in the evolution of the riftogen including the Eocene-Miocene, the Pliocene-Pleistocene and the Holocene. Structurization features of the central, northern and southern parts of the riftogen and its western and eastern marginal zones are shown. Examples that illustrate major Holocene transformations of the Amur-Khanka riftogen are given.

Keywords: neotectonics, seismotectonics, reverse-sense shear, dislocation, erosion.

Для цитирования: Коковкин А. А. Эволюционная модель новейшей структуры Амуро-Ханкайского рифтогена: основные закономерности развития и роль голоценовых трансформаций // Региональная геология и металлогения. — 2022. — № 89. — С. 33–49. DOI: 10.52349/0869-7892_2022_89_33-49

Введение. Амуро-Ханкайский рифтоген (АХР), самый крупный из рифтогенов новейшего (эоцен-голоценового) возраста в окраинно-континентальной структуре востока Азии (рис. 1), протягивается на 1300 км — от Японского моря на юге до Охотского — на севере. В качестве самостоятельного структурного подразделения он был выделен автором при работе над докторской диссертацией в 2007 г. АХР входит в состав западного сегмента глобальной кольцевой структуры Тихоокеанского подвижного пояса и структурируется его сдвиговыми системами. Но при этом существенное влияние на него оказывают и разломы северной (широтной) ветви Альпийско-Гималайского пояса.

Главным образом исходная информация для статьи основана на авторских данных. Структура рифтогена изучалась в 1974–2001 гг. в процессе прогнозно-поисковых работ на уран в составе

Таежной экспедиции (ПГО, ФГУП) Первого Главка (УранГЕО), далее — в составе ИТиГ ДВО РАН. В процессе этих работ была исследована Средне-Амурская впадина, представляющая центральную часть АХР. По ней выполнена серия маршрутов общей протяженностью более 1000 км. По западной краевой зоне этой впадины проведено поисково-рекогносцировочное бурение по десяти профилям протяженностью до 100 км, с опережающей подготовкой структурной геофизикой. По расположенной в центре впадины Хабаровско-Хехцирской системе поднятий выполнено три научно-технических проекта с изучением новейшей тектоники, современной сейсмогеодинамики и радононосности. Северное продолжение рифтогена исследовано при изучении Шантарского архипелага. Там маршрутами протяженностью 150 км была изучена береговая зона и внутренняя часть о. Большой Шантар. Небольшой объем

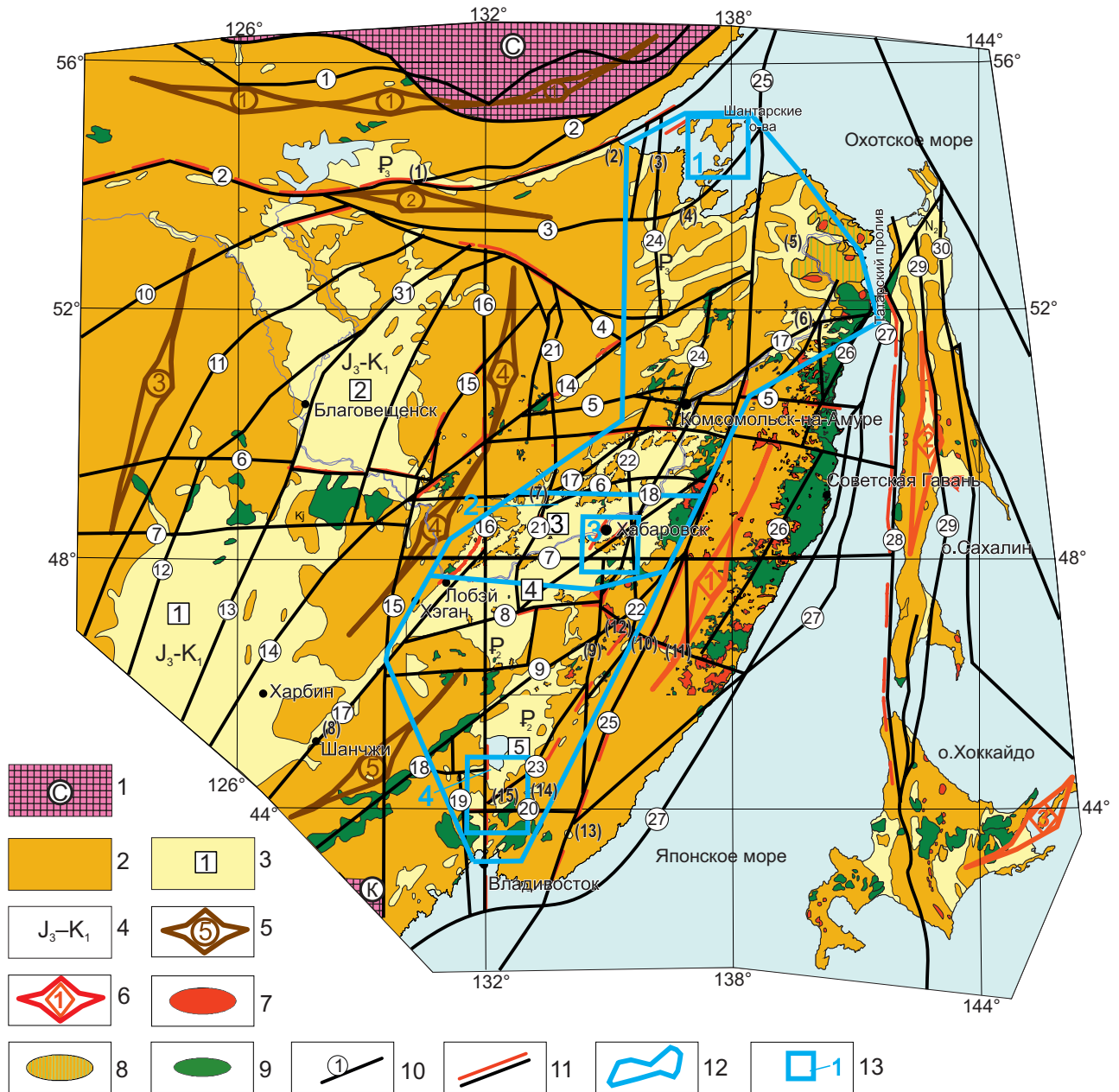


Рис. 1. Схема окраинно-континентальной структуры востока Азии с позицией Амуро-Ханкайского рифтогена и его наиболее представительных структур (по [13], с изм. и доп.)

1–2 – домезозойские образования: 1 – структуры Сибирского (С) и Китайского (К) кратонов, 2 – байкальско-герцинская структура Центрально-Азиатского пояса с массивами – реликтами протоплатформы; 3 – мезозойско-кайнозойские рифтогенные впадины: 1 – Сунляо, 2 – Амуро-Зейская, 3 – Средне-Амурская, 4 – Саньцзян и 5 – группа Приханкайских впадин; 4 – возраст заложения впадин; 5 – оси новейших орогенов с амагматичным режимом развития: 1 – Алдано-Становой, 2 – Северо-Буреинский, 3 – Большого Хингана, 4 – Восточно-Буреинский, 5 – Ляолинский; 6 – оси новейших орогенов с магматогенным режимом: 1 – Сихотэ-Алинский, 2 – Хоккайдо-Сахалинский, 3 – Курило-Камчатский; 7 – массивы олигоценых гранитов; 8 – вулканиты базальт-андезит-риолитовой формации неогена; 9 – поля неоген-плейстоценовых платобазальтов; 10 – активизированные в новейшее время глубинные разломы: 1 – Становой, 2 – Монголо-Охотский, 3 – Южно-Турурингский, 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 (Иланьская ветвь Танлу), 18 – Мишань-Алчанский (Мишаньская ветвь Танлу), 19 – Эхилкан-Ханкайский, 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, 31 – Западно-Туранский; 11 – разломы с признаками современной активности; 12 – контур АХР; 13 – контуры представительных структур АХР: 1 – район Шантарского архипелага, 2 – Средне-Амурская впадина, 3 – Хабаровско-Хехцирская система поднятий, 4 – группа Приханкайских впадин. Цифрами в скобках (1–15) – показаны номера локальных рифтогенных структур: впадины – Верхне-Зейская (1), Боконская (2), Торомская (3), Тугурская (4), Чля-Орельская (5), Удыльская (6), Нижне-Бикинская (9), Средне-Бикинская (10), Верхне-Бикинская (11), Алчанская (12), Приоблачная (13), Реттиховская (14), Раковская (15); Курский грабен (7), прогиб Тан-Лу (8)

полевых наблюдений выполнен в 2016 г. по юго-западной части рифтогена, во впадине Саньцзян, на территории Китая. Поисковым бурением, комплексом методов профильной и площадной геофизики детально изучена группа Приханкайских впадин южной части АХР. В сформированный по ним банк информации вошли данные более чем по 3000 скважин, включая углепоисковые и угле-разведочные. КERN по скважинам, при поисках на уран, документировался автором непосредственно в процессе бурения, а по угольным скважинам — в кернохранилищах Артемовской экспедиции Приморского ПГО. По всем впадинам этой группы проведены маршруты общим объемом 1200 км, с документацией и опробованием угольных и дорожных карьеров.

При моделировании структуры АХР использованы материалы государственных геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических съемок, результаты гравиметрических съемок масштаба 1 : 200 000. Литолого-фациальную характеристику рифтогена и данные по его внутренней структуре дополнили сведения, полученные по нему сотрудниками лабораторий тектоники и осадочных бассейнов и региональной тектоники и петрофизики ИТиГ ДВО РАН.

В процессе изучения выделены основные структурирующие АХР разломные системы. На их примерах исследовано взаимодействие разломов разной ориентировки и разработана модель знакопеременного сдвига. Изучено взаимодействие рифтогена с синхронно развивающимися орогенами — Восточно-Буреинским на западе и Сихотэ-Алинским на востоке. Следует заметить, что вопросы взаимодействия полярных по характеру развития рифтогенных и орогенных систем, как и разломов разного направления, являются во многом ключевыми для понимания закономерностей структурирования континентальной коры. В то же время они до сих пор и наименее исследованы.

Насыщенность осадочного разреза рифтогена возрастными реперами дала возможность достаточно надежно реконструировать ход его эволюции. В связи с этим АХР является индикатором новейшего этапа развития вмещающей его окраинно-континентальной структуры и, что особенно важно, — ее феноменальных по масштабу и значимости голоценовых трансформаций.

Парадоксально, но в геологии Дальнего Востока России, как, впрочем, и во всей отечественной и мировой геологии, голоценовая активизация в качестве явления до сих пор практически не находит отражения. В ней сложился устойчивый стереотип не замечать масштабности и многообразия ее процессов, запрессованных в непривычно короткий для геолога десятилетиями интервал. Отметим, что и автору, длительно занимающемуся акцентированными на новейший этап реконструкциями геологической структуры востока Азии, непросто было выделить признаки этой активизации на ее современном сложно построенном, интерферируемом фоне,

маскированном к тому же горно-таежными ландшафтами. Помогли данные, полученные при изучении хорошообнаженных новейших структур Поволжья, Монголии и юго-запада Африки.

Феномен голоценовой активизации обозначил себя после знакомства с этими структурами как явление глобального уровня. Однако вписать многообразие его масштабных процессов в отведенный ему геологической возрастной шкалой десятилетиями интервал практически невозможно. Нижняя граница этой активизации может сместиться в связи с этим в поздний плейстоцен. Но информации для этого смещения пока недостаточно.

Значимость и актуальность проблемы голоценовой активизации дополняет то обстоятельство, что ее орогенная тектоника и эрозия трансформировали зоны рудогенеза всех проявленных в регионе металлогенических эпох. В региональном плане актуальность этой проблемы дополняется и тем, что тектоника и эрозия голоцена определили специфику развития в АХР и во всей структуре востока Азии окислительного эпигенеза, а вместе с тем и его продуктивность на гидрогенный уран. В глубине континента зонам пластового и поверхностного окисления плейстоцен-голоценового возраста обязаны своим появлением промышленные урановые месторождения Узбекистана, Казахстана, Российского Зауралья и Монголии (Я. М. Кисляков, В. Н. Щеточкин, 2000; Г. А. Машковцев и др., 2000). Однако на юге Дальнего Востока России таких месторождений до сих пор не выявлено.

В одной регламентированной по объему статье невозможно полностью отразить ход развития и современное строение такой крупной и сложно организованной структуры, как АХР, и в полной мере разобраться с проблематикой голоцена. Эта статья обобщает результаты многолетних исследований. Сведения по отдельным частям и структурам этого рифтогена приведены в более ранних публикациях автора [1–3; 8–11; 13]. Информация по проявленному в рифтогене гидротермальному метасоматозу, связанному с ним рудогенезу и окислительному эпигенезу, приводится здесь в сжатом виде, для подкрепления общего геологического контекста.

Цель настоящей работы — выделить основные закономерности развития новейшей структуры АХР, показать характер голоценовой активизации рифтогена и вмещающей его окраинно-континентальной структуры востока Азии.

Представляемая здесь модель АХР подготовлена в рамках базисной модели волновой нелинейной геодинамики, разработанной автором на принципах и подходах синергетики. Это потребовало сопроводить статью разделом по методологии и методике с краткой характеристикой этой базисной модели.

Особенности методологии и методики. Вмещающая АХР окраинно-континентальная структура (ОКС) представлена в своем современном

состоянии в многократно трансформированном виде. В процессе ее изучения обозначилось существенное влияние новейшего этапа и процессов голоценовой активизации на ход ее структурирования. Эоцен-голоценовое время сконцентрировало в себе множество тесно взаимосвязанных событий, различных по природе, энергетике и вещественному наполнению. Новейшая сдвиговая тектоника и сейсмотектоника, гранитоидный магматизм, развитие мантийных платобазальтов, осадкообразование, химическое выветривание и эрозия преобразовали всю эту ОКС. Реконструировать такую сложноорганизованную структуру позволил междисциплинарный подход с использованием синергетической методологии.

В современную геологию на смену жестким конструкциям геосинклиальной классики и плейт-тектоники синергетика принесла с собой возможность формирования намного более гибких, более сложных и в то же время достоверных моделей, позволяющих развернуть во времени и пространстве развитие любой геологической системы. Автор более 20 лет занимается разработкой таких моделей в области рудогенеза, тектоники и сейсмотектоники [1; 4; 13].

С позиции синергетики любая природная (в том числе геологическая) система — это открытая, самоорганизующаяся система, развивающаяся нелинейно, направленно и необратимо в волновом режиме.

Волновые процессы являются неотъемлемой принадлежностью всех геологических систем. Пульсации, вибрации, вращение (ротация), колебания и волны формируют на нашей планете иерархически организованную волновую систему со сложнейшими взаимосвязями, определяя вместе с тем развитие среды нашего обитания с ее многочисленными природными рисками.

Представления о глобальных пульсациях были сформулированы на уровне гипотезы немецким ученым А. Ротплетцем в 1902 г. В России пульсационная гипотеза получила развитие во второй половине XX века в работах Е. Е. Милановского (1978, 1984 и 1996 г.), В. П. Казаринова (1984 г.), Н. Е. Мартыанова (2002 г.) и ряда других исследователей. По оценке В. Е. Хаина [17], развитие Земли характеризуется примерно двумя десятками циклов. Суточные, сезонные и годовые циклы сменяются циклами Чижевского (11- и 22-летние), далее — к орбитальным — Миланковича, трансгрессий и регрессий — Вейла, тектоническим — Штилле, Бертрана, Вилсона — и самыми длительным (800 млн лет) — Гончарова. Поскольку циклы Чижевского и Бертрана обнаруживают «внеземные, космические связи», В. Е. Хаин высказано предположение, что и другие циклы могут быть связаны с космическим воздействием. Для открытой системы Земли наличие таких связей представляется достаточно очевидным.

В отечественной геологии, где доминируют парадоксальным образом сосуществующие концепции плитной тектоники и геосинклиальной классики, альтернативная им пульсационная

гипотеза развивается крайне медленно. Убедительную доказательность и принципиально новое содержание она может получить лишь транслируя глобальные пульсации в земную кору (прежде всего, в наиболее изученную кору континентов), с выделением генерируемых этими пульсациями волновых дислокаций и структур. И в первую очередь эти трансляции должны быть выполнены для новейшего этапа, поскольку его волновые деформационные процессы по определению максимально выражены в структуре континентальной коры.

Именно такой подход и был положен автором в основу модели волновой нелинейной геодинамики (далее — волновая модель). Характеристика этой базисной модели, в рамках которой выполняются все проводимые автором исследования, представлена в работах [4; 5; 13]. Здесь она приводится в самом общем виде, необходимом для понимания специфики моделирования структуры АХР.

В соответствии с волновой моделью, многообразие структурирующих континентальную кору волновых процессов возглавляют ритмы расширения-сжатия глобального уровня, каждый из которых осложнен нерегулярной ритмикой более высокой частоты. Мезозойско-кайнозойское время отмечено четырьмя наиболее выраженными ритмами глобальных пульсаций. Два мощных ритма глобального расширения проявились в триасе — раннем мелу и в эоцене — плейстоцене. В позднем мелу — палеоцене и в голоцене Земля развивалась в рамках ритмов глобального сжатия.

Действующий сейчас ритм голоценового сжатия автор включал ранее в новейший ритм расширения, в качестве осложняющего его элемента. Но по мере того, как накапливалась информация по характеру голоценовой активизации, значимость этого ритма постепенно усиливалась. Этой активизацией обозначена инверсия пульсационного режима Земли на рубеже плейстоцен — голоцен, с переходом ее в режим сжатия. На континентах с этого времени резко активизировался орогенез и сейсмичность, а океаны стали наращивать свою глубину с развитием глобальной трансгрессии. Первые представления о характере голоценовой активизации изложены в работах [6; 7; 13].

В земную кору глобальная ритмика транслируется пульсациями подвижного вещества мантии. Они формируют в ней суперплюмы с более локальными периферическими и внутриконтинентальными плюмовыми системами, развивающимися в нерегулярно организованном пульсационном режиме более высокой частоты. Эти пульсации инициируют образование в коре континентов структур разной степени локальности — подвижных поясов, орогенов, рифтогенов, локальных впадин и поднятий, с контролирующими их разломными системами.

В соответствии с волновой моделью, все разломы земной коры развиваются в волновом (маятниковом) знакопеременно-сдвиговом (ЗПС)

режиме. Были разработаны модели инверсионных структур, индикаторов ЗПС-режима – приразломных впадин в орогенах и внутренних поднятий в рифтогенах [3; 4; 11; 13]. Резкая активизация ЗПС-системы разлома вызывает локализованное во времени и пространстве землетрясение и развитие в его волновой системе сейсмодислокаций. Все эти волновые деформации хорошо выражены в структуре АХР.

Характер проводимого автором моделирования предполагает использование терминологии весьма специфического понятийного аппарата синергетики. Для ее адаптации к геологической тематике разработан «Глоссарий геологической синергетики», с которым можно ознакомиться в монографиях [4; 13].

Автор отдает себе отчет в том, что используемая им методология и методика моделирования сложны для восприятия. Но они позволяют развернуть во времени и пространстве ход развития каждой конкретной структуры, выделив в ней, прежде всего, самые молодые (начиная с голоценовых) трансформации. Это дает возможность снять их маскирующий эффект с современного интерферированного структурного плана, обеспечив достоверность дальнейших реконструкций.

Результаты исследований. Региональная позиция АХР. Как отмечено выше, АХР является частью окраинно-континентальной структуры востока Азии (рис. 1), входящей в состав Тихоокеанского подвижного пояса (ТОПП), на который здесь существенное влияние оказывают системы разломов Альпийско-Гималайского пояса (АГПП). Характер взаимодействия этих мезозойско-кайнозойских поясов, с акцентом на новейшее время и голоценовую активизацию, представлен в работах [4; 11; 13].

Оба подвижных пояса заложены в рассматриваемом регионе на эродированном субстрате байкальско-герцинского Центрально-Азиатского пояса – восточного фрагмента Урало-Монгольского пояса. Взаимодействие АГПП и ТОПП продолжается здесь до настоящего времени под влиянием сбалансированного с глобальными пульсациями трехстороннего пульсационного пресса двух кратонов (Сибирского, Китайского) и Тихоокеанской плиты, западной части одноименного суперплюма. В голоцене, в рамках ритма глобальной сжатия, на развитие этой области существенное влияние оказала плита Индии и (в меньшей мере) Филиппинская плита.

По принятым представлениям (Е. Е. Милановский, 1991), широтная структура АГПП в районе Памира разворачивается к юго-востоку, с формированием Гималайской ветви. Своему современному состоянию эта ветвь, с горными сооружениями Гималаев, Гиндукуша и Тибета, обязана воздействию на структуру пояса смещающейся к северу плиты Индии. Но автором прослежена к востоку от Памира, до окраины континента, и основная (западная) широтная ветвь

АГПП. Ее северная, наиболее выраженная часть сформирована смещающимся к юго-востоку Сибирским кратоном. Контролируется она разломами Монголо-Охотской системы. На границе с АГПП под воздействием этого кратона образовался Алдано-Становой ороген с Байкало-Удской рифтовой зоной, вмещающей систему ее новейших инверсионных впадин (Тункинская, Муйская, Верхне-Зейская, Боконская и др.). Южная часть северной ветви представлена широтными разломами Намурхэ-Амурской, Наолихэ-Бикинской и других систем.

С областью взаимодействия Альпийско-Гималайского и Тихоокеанского подвижных поясов в ОКС совмещены сейсмические пояса (Трансевразийский и Тихоокеанский), внутреннее строение которых конформно голоценовой структуре АГПП и ТОПП. Оба сейсмических пояса являются, по существу, индикаторами *голоценовой* активности обоих подвижных поясов, поскольку они насыщены не только современными землетрясениями, но и голоценовыми палеосейсмодислокациями.

В рассматриваемом регионе признаки голоценовой активизации наиболее концентрированно выражены в современном состоянии мезозойско-кайнозойских (в том числе новейших) континентальных впадин. Все эти впадины представляют собой сейчас реликтовые структуры, вовлеченные в современную эрозию. Но для этого их нужно было предварительно взбросить именно в голоцене, поскольку в них эродирована, в том числе, и плейстоценовая составляющая их осадочного разреза.

Амуру-Ханкайский рифтоген был заложен на востоке окраинно-континентальной структуры востока Азии в эоцене, на гетерогенном полихронном фундаменте, в строении которого участвуют как древние комплексы байкальско-герцинского Центрально-Азиатского подвижного пояса, так и более молодые образования Тихоокеанского пояса. Вмещающая АХР структура системно омолаживалась в мезозое – кайнозое к востоку. Одним из показателей этого омоложения является возраст заложения ее рифтогенов, скользящий от юры в Монголии и Казахстане до новейшего на окраине континента [13]. АХР занимает вполне закономерную позицию на тренде этого омоложения. Но в конце новейшего этапа системность омоложения была (по крайней мере дважды) нарушена. Сначала это произошло в плиоцен-плейстоценовое время под влиянием импульса мантийной активизации. Ее следы зафиксированы плиоцен-плейстоценовыми платобазальтами, реликты которых прослеживаются от окраины Азии в глубину континента до Монголии и Забайкалья. На завершающей фазе этой активизации в рифтогенах ОКС получил развитие аргиллизитовый метасоматоз и уран-полиэлементный рудогенез. Масштабное воздействие на ОКС оказали и более поздние процессы голоценовой активизации – орогенез, сопряженная с ним эрозия и океанская трансгрессия.

Основные черты эволюции АХР. Как уже было отмечено, рифтоген развивался под контролем разломов Альпийско-Гималайского и Тихоокеанского поясов. Определяющее влияние на его развитие оказала принадлежащая ТОПП разломная система Танлу, протягивающаяся в северном – северо-восточном направлении более чем на 2000 км – от 30-й до 53-й широты [9; 19]. К югу от залива Бохайвань она представлена сравнительно локальной разломной зоной, а севернее под влиянием широтных структур АГПП разделяется на две ветви – Илань (западная) и Мишань (восточная), с расположенными между ними менее выраженными разломами той же ориентировки. Существенное влияние на развитие АХР с запада и востока оказали синхронно развивающиеся структуры Восточно-Буреинского и Сихотэ-Алинского орогенов, а с севера и юга – рифтогены Охотского и Японского морей.

Седиментация осуществлялась в АХР в гумидных условиях. Лишь на западе Приханкайских впадин имеются признаки семигумидного климата – влияние аридизации Восточной Гоби. Все впадины АХР выполнены рыхлыми, обводненными, преимущественно сероцветными осадками аллювиальной угленосной формации.

В основании их осадочного чехла сформирован базальный слой, скользящий во времени вверх по борту впадины. Он хорошо проникает, обводнен и открыт на водоносные горизонты осадочного чехла и новейшие разломы фундамента, вмещающие восходящие потоки трещинно-жильных вод. Базальный слой объединяет их в единую гидродинамическую систему, определяя при этом характер развития во впадинах АХР плейстоценового гидротермального метасоматоза и связанного с ним эндогенного рудообразования.

Формирование АХР определила целая совокупность факторов: ЗПС-тектоника, взаимодействие с орогенами, активизация мантийного и корового уровня, океанская трансгрессия. Они по-разному проявлены в различных частях рифтогена. Вследствие этого северная, центральная и южная части АХР, его краевые зоны существенно различаются по характеру развития и современному строению.

Центральная часть рифтогена. Эта часть АХР представлена Средне-Амурской впадиной и впадиной Саньцзян – самыми крупными его составляющими. Судя по всему, в основную (эоцен-миоценовую) часть новейшего этапа они развивались как единая структура, под контролем разломных систем Танлу, Намурхэ-Амурской и Наолихэ-Бикинской. Далее будут рассмотрены в основном особенности развития Средне-Амурской впадины (САВ), наиболее насыщенной информацией.

Структура САВ была заложена на выровненной поверхности поздне мелового – палеоценового орогена. В мелу он развивался в магматогенном режиме, а в палеоцене режим сменился на амагматичный. Слагающие этот ороген морские палеозойские и триас-раннемеловые породы

литифицированы и дислоцированы. Фундамент САВ насыщен поздне меловыми гранитоидными интрузиями и вулканитами базальт-андезит-риолитовой формации.

Формирование впадины контролировали широтные разломы Намурхэ-Амурской системы (НАС) и субмеридиональные – северо-восточные разломы Танлу, взаимодействующие в ЗПС-режиме с нерегулярной сменой активности. Выделяются три составные части САВ, различающиеся по характеру развития и своему современному строению: центральная (основная) часть впадины и две краевые зоны (западная и восточная).

В эоцене – миоцене доминировали широтные разломы НАС, под влиянием которых разломы Танлу фрагментировались, увеличив мощность ее системы до 250 км. В результате их взаимодействия впадина нарастила свою структуру до 300 км по широте и до 350 км по меридиану, накопив при этом осадочный чехол мощностью до 2 км и более [15].

Эоцен-миоценовая составляющая осадочного разреза САВ сложена преимущественно сероцветными осадками с повышенной угленосностью олигоцен-миоценовой части. Угли бурые, гумусового ряда, невысокой степени углефикации. Местами в осадках присутствует примесь пеплового туфового материала. Его источником являлась, очевидно, структура Сихотэ-Алинского орогена, развивавшаяся в это время в магматогенном режиме. Реликты вулканоструктур эоцен-миоценового возраста обнажены на обоих бортах, в ядерной, центральной и северной частях этого орогена

Развитие краевых зон САВ, расположенных на границах с орогенами, в градиентной метастабильной обстановке, определяли разломы Танлу. В западной краевой зоне, на границе с Восточно-Буреинским орогеном, развивающимся на древней жесткой структуре Буреинского массива, разломами Танлу-Курской зоны (север Иланьской ветви Танлу) сформирована северо-восточная система крупных асимметричных грабенов (Лобэйский, Самарский, Бирофельдский, Бастакский) с шлейфами грубообломочных пестроцветных паттумных осадков на их крутых бортах [9; 15].

В восточной краевой зоне, по границе с более мобильной структурой Сихотэ-Алинского орогена, формировалась меридиональная система грабенов более симметричного строения (Оборский, Переясловский, Невельский и др.), контролируемых разломами восточной (Мишаньской) ветви Танлу – Петропавловским, Западным Сихотэ-Алинским и др.

В плиоцене – плейстоцене, в ходе мантийной активизации регионального уровня, значительная часть САВ была перекрыта платобазальтами. Седиментогенез здесь в это время практически прекратился. На завершающей фазе активизации во впадине получил развитие низкотемпературный аргиллизитовый метасоматоз и связанный с ним полиэлементный рудогенез.

В позднем плейстоцене, уже после аргиллитового метасоматоза, САВ подверглась мощному сжатию и деформирована. Ее основная (центральная) часть была неравномерно взброшена с амплитудой до сотен метров и разбита на мозаичную систему разновеликих блоков. Она была полностью выведена из седиментации и существенным образом эродирована. Причиной такой локальной инверсии мог послужить импульс плюмовой системы, контролирующей ход плиоцен-плейстоценовой мантийной активизации ОКС.

В ходе этой перестройки была заложена серия инверсионных поднятий в южной части Намурхэ-Амурской системы разломов, отделивших САВ от впадины Саньцзян. По характеру они близки к инверсионным поднятиям расположенного западнее новейшего Константиновско-Скобельцинского свода, контролируемого разломами той же системы. Структура этого свода отделила Амуро-Зейскую впадину от впадины Сунляя [11].

Эрозия взброшенной структуры САВ развивалась весьма интенсивно. Ее рыхлые осадки активно размывались склоновыми процессами, временными потоками и перестроенной в это время речной сетью, с выносом материала в просаженные блоки внутренней части впадины и на ее периферию – в Амур и Охотское море. Сохранилась от размыва в основном нижняя (эоцен-миоценовая) часть осадочного разреза в просаженных блоках. Осадки на наиболее взброшенных блоках были полностью эродированы.

В результате эрозии на мозаичной структуре в центре САВ к концу плейстоцена образовалась площадная поверхность выравнивания. В кровле осадков просаженных блоков, по данным проведенного здесь поисково-рекогносцировочного бурения, сохранилась зона поверхностного окисления мощностью до одного метра, развивавшаяся на поступательно снижающемся фронте эрозии. После перекрытия ее зеленоцветными осадками приамурской свиты эта зона была частично восстановлена.

Модель развития зоны поверхностного окисления на фронте площадной эрозии была разработана автором при изучении ураноносности меловых рифтогенов Монгольской Гоби [1]. Для этих рифтогенов, в отличие от САВ, характерно более длительное развитие эрозии, действующей в них в аридных условиях, возможно с позднего плейстоцена, со срезом не менее 0,5 км. В гобийских впадинах зоной поверхностного окисления сформированы многочисленные гидрогенные уран-полиэлементные месторождения. В то же время в структуре САВ и других впадинах ОКС следов перераспределения и накопления урана поверхностным окислением не было обнаружено. Этому не способствовал гумидный климат и высокая скорость эрозии.

В голоцене, после плейстоценовой инверсии и планирования эрозией, центр впадины вновь начал погружаться. Смену режима определила активизация Восточно-Буреинского и Сихотэ-

Алинского орогенов. Под их двусторонним встречным прессом деформированная мобильная структура центра САВ прогнулась. Впадина вновь стала развиваться в режиме рифтогена, заполняясь зеленоцветными осадками приамурской свиты. Значительная ее часть и до сих пор находится в состоянии седиментации. Здесь доминируют озерно-болотные и пойменные ландшафты.

Оба граничащих с САВ орогена развивались в голоцене в амагматичном режиме. Индикатором активизации Сихотэ-Алинского орогена является взброс, деформация и эрозия перекрывавших его ранее плиоцен-плейстоценовых платобазальтов. Их реликтовые поля сохранились лишь на бортах этого орогена. Палеодолины и инверсионные впадины на западном борту орогена при его активизации были взброшены, выведены из седиментации, эродированы и прорезаны современными реками. Действующая в нем современная речная сеть обладает транзитным характером. Примером служит р. Хор в зоне Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Она «пропилила» верхнюю ранее в этот разлом плейстоценовую Верхне-Хорскую инверсионную впадину, взброшенную и деформированную в начале голоцена. Ситуация была изучена автором двумя сплавными маршрутами протяженностью по 150 км, с непрерывными наблюдениями и детальным описанием ситуаций, представительных в плане новейшей тектоники и сейсмотектоники [2]. В настоящее время осадки этой реликтовой впадины активно размываются р. Хор, с выносом материала в Амур.

Для Восточно-Буреинского орогена индикатором голоценовой активизации служит взброс и эрозия его новейших инверсионных впадин – Верхне-Амгуньской и Эхилканской в зоне Инкоу-Хинганского разлома, а также Сутарской впадины, локализованной в северном шве Намурхэ-Амурской системы.

Трансформации завершающей фазы новейшего этапа привели к тому, что в своем современном состоянии центральная часть САВ представлена структурной мозаикой из блоков (так называемых грабенов) и внутренних поднятий. Блоки-грабены, имеющие тектонические контакты, выполнены осадками преимущественно олигоцен-миоценового возраста. На схеме комплексной интерпретации гравиметрической съемки масштаба 1 : 200 000 и сейсморазведки МОВ-ОГТ, составленной В. Е. Кузнецовым и В. И. Ураловым [15], грабены и поднятия ограничены разломами. Сверху эта структурная мозаика перекрыта плащом осадков приамурской свиты.

Характер описанных выше преобразований иллюстрирует разрез по 100-километровому широтному профилю Биробиджан-Смидовичи (рис. 2, А). По этому профилю в 1974 г. в рамках геологического задания оценки перспектив ураноносности этой впадины (А. А. Коковкин, 1976ф) было проведено поисково-рекогносцировочное бурение с комплексом каротажных исследований и детальной профильной геофизикой, включавшей грави-, магнито- и электроразведку.

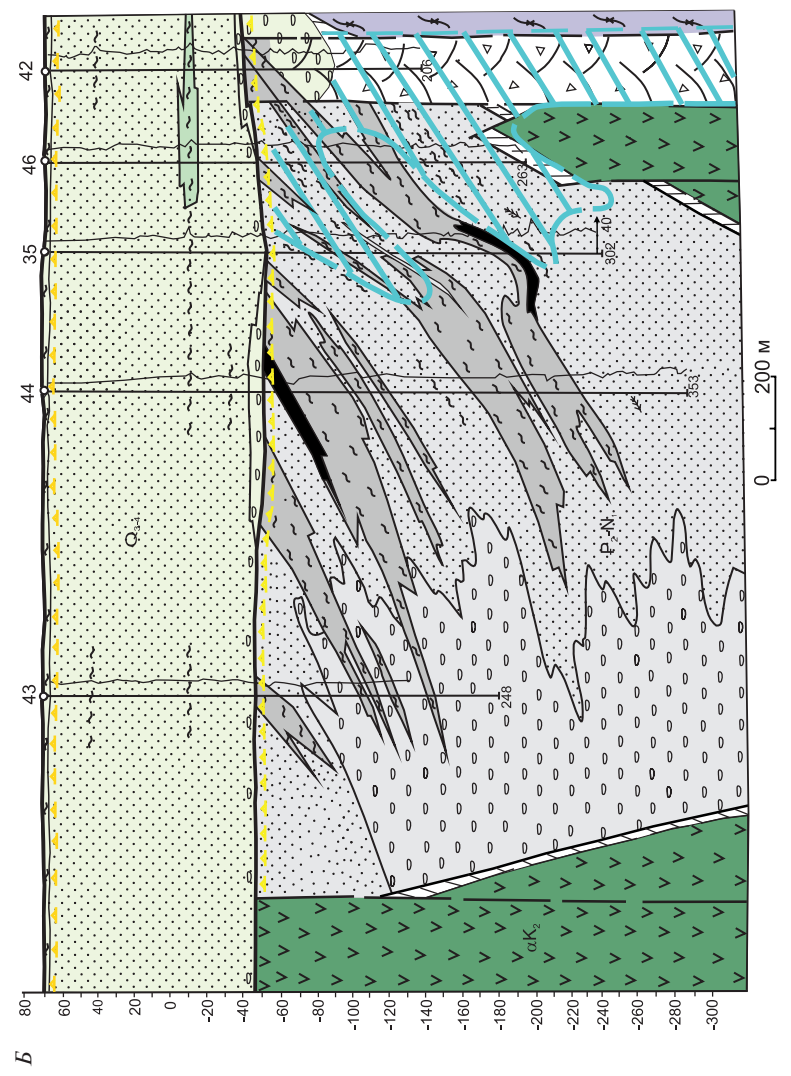
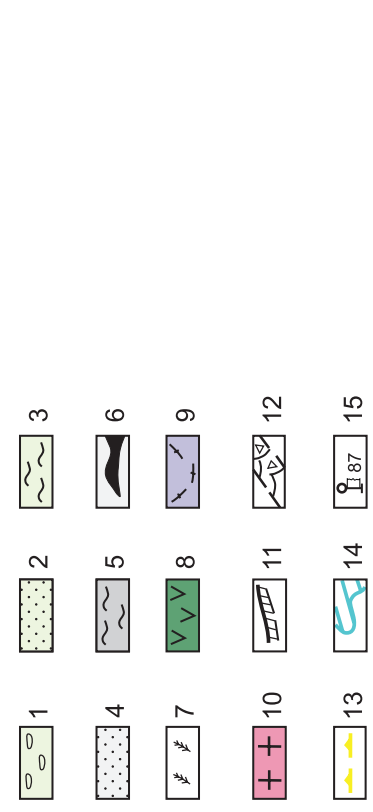
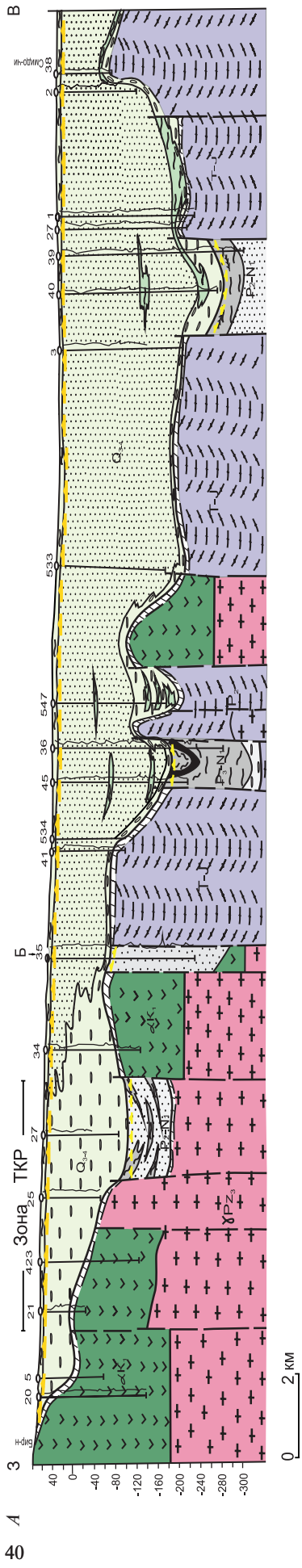


Рис. 2. Геологический разрез по профилю Биробиджан-Смидовичи (А) с детализацией (Б) (по авт. данным)
 1–3 – зеленочетные осадки (приамурская свита): 1 – гравийно-галечные и валунные отложения, 2 – пески, 3 – глины; 4–6 – эоцен-миоценовые (сероцветные) осадки: 4 – пески, 5 – глины, 6 – прослой бурого угля; 7 – включения углефицированной древесной органики; 8–10 – породы фундамента: 8 – меловые вулканы андезитового состава, 9 – мезозойские сланцы, 10 – поздне меловые граниты; 11 – кора выветривания пород фундамента; 12 – зона дробления; 13 – зоны поверхностного окисления; 14 – зона аргиллизитовых метасоматитов; 15 – скважины с графиками гамма-каротажа

Внятно проинтерпретировать полученную на профиле картину в то время не представлялось возможным. Она лишь обозначила необычно высокую динамику, масштабность и поразительную молодость проявленных там структурных преобразований. Вопросы по всем этим «странностям» долгое время оставались без ответа.

Рисунок демонстрирует, что блоки сероцветных осадков эоцена — миоцена обладают тектоническими ограничениями и спланированы плейстоценовой эрозией. В кровле этих осадков развита захороненная зона поверхностного окисления. В небольшом более детально изученном блоке (рис. 2, Б) слагающие его олигоцен-миоценовые осадки дислоцированы. У восточного контакта блока они проработаны позднеплейстоценовым низкотемпературным аргиллизитовым метасоматозом (каолинит, кальцит, пирит) и заметно литифицированы. Пласт бурого угля здесь деформирован, а в зоне метасоматоза уголь метаморфизован до антрацитовидного состояния. Аргиллизированные осадки срезаны ограничивающим блок разломом. Аргиллизация сопровождалась здесь привнесом урана — в проработанных ею осадках локализована малоинтенсивная (35 мкР/ч) радиоактивная аномалия урановой природы.

Ситуация, вскрытая этим профилем, весьма неординарна, но она достаточно представительна и может быть транслирована на всю центральную часть структуры САВ. Судя по всему, грабены центра впадины — это не грабены. Это не самостоятельные (целостные) структуры, а реликтовые, сохранившиеся от эрозии (просаженные) блоки более ранней, деформированной в позднем плейстоцене структуры САВ.

Следует заметить, что в предложенную модель не вписывается датированный по спорово-пыльцевым комплексам плиоцен-плейстоценовый возраст осадков приамурской свиты [15]. Он явно более молодой, поскольку свита залегает на выровненной поверхности, сформированной в позднем плейстоцене. Датировку приморской свиты можно объяснить тем, что источником ее осадков являлись в основном неоген-плейстоценовые отложения взброшенных в плейстоцене блоков САВ. Эти отложения были размывы и переотложены вместе с их спорово-пыльцевыми комплексами в самом конце плейстоцена и в голоцене. Высокая скорость формирования и молодость приамурской свиты подтверждается преимущественно обломочным составом и зеленоцветным типом ее осадков, также отсутствием в них углефицированной растительной органики.

На юге Средне-Амурской впадины Намурхэ-Амурской системой разломов во взаимодействии с разломами Танлу в голоцене была окончательно сформирована система инверсионных поднятий, отделивших эту впадину от впадины Саньцзян. Основная часть этих поднятий расположена на территории Китая. В России они представлены *Хабаровско-Хехцирской системой поднятий* (ХХСП) и расположенным севернее ее Анастасьевским поднятием (см. рис. 1). Цепочка

небольших инверсионных поднятий (Новокаменское, Волочаевское, Даниловское) расположена западнее ХХСП, в узлах пересечения широтно-го Тунгусско-Воронежского разлома (северного шва НАС) с субмеридиональными нарушениями системы Танлу.

По структуре ХХСП автором, как было упомянуто, выполнено три научно-технических проекта с большим объемом геологических маршрутов. Изучение обнажений в береговой зоне Амура, многочисленных карьерных вскрытий и дорожных врезов показали насыщенность ее структуры новейшими тектоническими и сейсмогенными дислокациями [3]. Сейсмодислокации (СД) представлены набором поверхностных (бескорневых) структур самой разнообразной морфологии — локальными разрывными нарушениями, ступенчатыми сбросами, клиновидными, выдвиговыми, пликативными и комбинированными формами.

В контексте голоценовой проблематики важно то, что сейсмодислокациями здесь деформирован культурный слой поселений начального неолита (осиповская культура), памятники которых расположены на бортах ХХСП, по берегам Амура [8]. Нарушенный сейсмодислокациями культурный слой спланирован голоценовой эрозией, перекрыт плащом голоценового элювия и почвенным слоем.

Судя по характеру сейсмодислокаций, на рубеже неоплейстоцен — голоцен по структуре ХХСП прошла волна катастрофических землетрясений магнитудой до 10 и более. Осиповский культурный слой, датированный радиоуглеродным методом 9–12 тыс. лет, является надежным идентификатором возраста этих событий. Примечательно, что после землетрясения осиповские поселения прекратили свое существование. На этом примере обозначена резкая смена среды обитания человека на рубеже неоплейстоцен — голоцен.

В это же время ЗПС-системами активизированных разломов НАС и Мишаньской ветви Танлу структура ХХСП была дополнительно взброшена и деформирована. В центре ХХСП были взброшены, эродированы и перекрывавшие ее новейшие осадки. Сохранилась лишь олигоцен-миоценовая часть их разреза (черно-реченская свита) в реликтовых блоках-грабенах, Хабаровском и Базовском, — таких же реликтовых структурах, как и описанные выше блоки в центре САВ. Плиоцен-плейстоценовые осадки сняты с них эрозией. Оба блока-грабена имеют тектонические ограничения. Над поверхностью САВ они подняты на 50–100 м. Современное состояние этих блоков, их структурная позиция свидетельствуют о взбросе ХХСП в голоцене с амплитудой не менее 300 м.

Аномальная амплитуда голоценового взброса ХХСП может быть объяснена развитием «медленного» ЗПС-резонанса взаимодействующих разломов Мишаньской ветви и НАС. Прецедент подобного импульсного резонанса установлен автором при изучении скального оползня, сошедшего с южного борта р. Бурей 18 декабря 2018 г. Этот

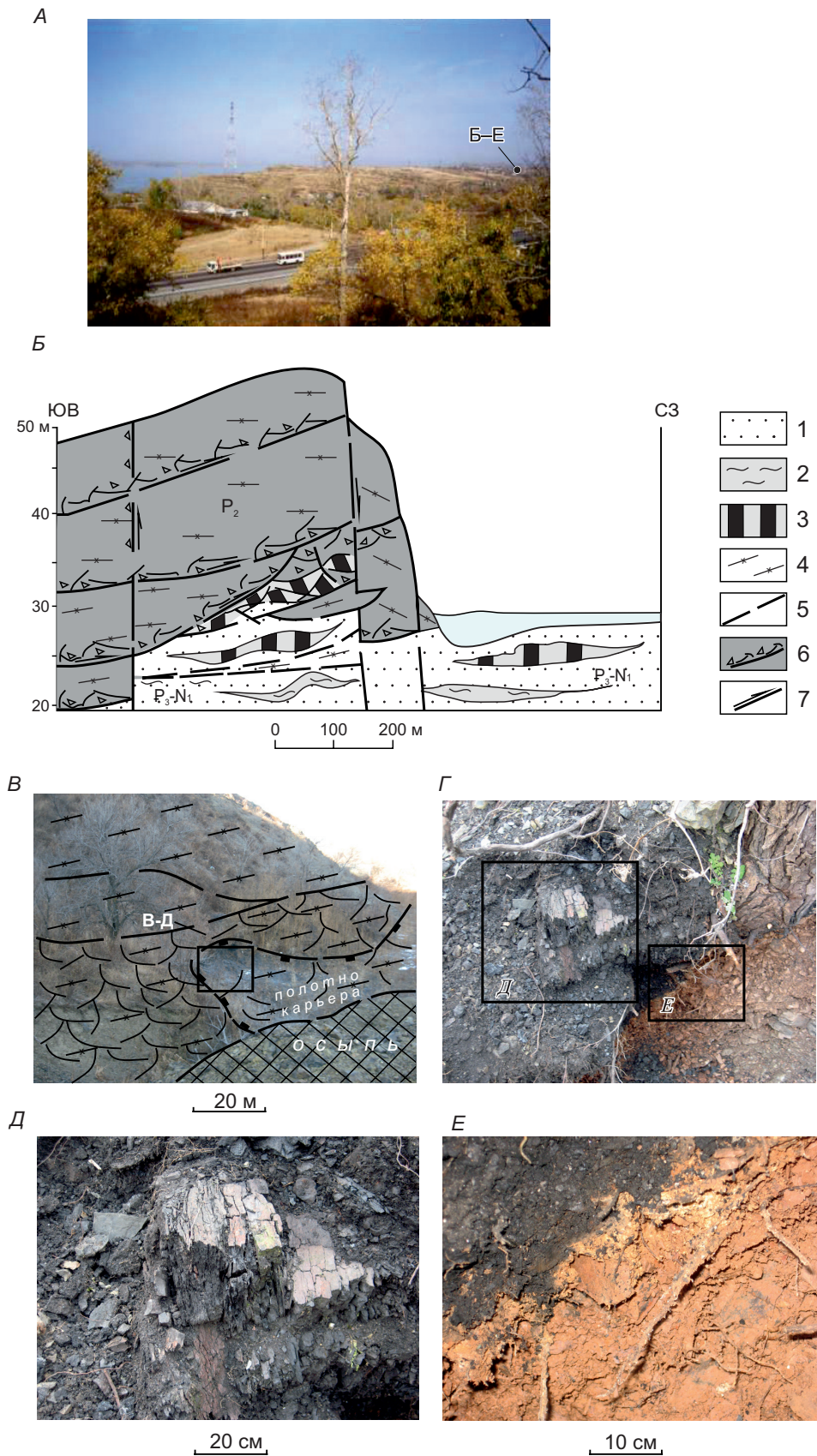


Рис. 3. Голоценовый надвиг на Осиповском блоке ХХСП. Фото и документация автора, 2018 г.

А – общий вид с юга; *Б* – схематический разрез северной части надвига: 1–3 – миоценовые осадки: 1 – пески, 2 – глины, 3 – бурые угли; 4 – углеродисто-кремнистые алевролиты мезозоя, пластина надвига; 5 – разрывные нарушения; 6 – зоны «сухого» дробления; 7 – направление смещения блоков надвиговой пластины; *В* – вид сверху (с юго-востока) на карьер, вскрывший зону надвига; *Г–Д* – деформированные бурые угли в зоне надвига под пластиной алевролитов в южном борту карьера; *Е* – то же, в нижней части зоны надвига, проработанной современной лимонитизацией (рыжий цвет)

«сход», запрессованный в секундный интервал, носил сложноорганизованный, взрывной характер. Он был спровоцирован импульсным взбросом локального блока вмещающих бурейское русло пород с амплитудой в несколько десятков метров. Модель сложноорганизованной системы этого оползня, разработанная автором по данным полевых наблюдений, выполненных по свежим следам этого события, представлена в работе [12].

На северо-западе ХХСП получила развитие система сдвиг-надвиговых дислокаций, возраст которых также может быть датирован голоценом. Мезозойские углеродисто-кремнистые сланцы Осиповского блока этой структуры надвинуты здесь на олигоцен-миоценовые угленосные осадки расположенного западнее Николаевского грабена. Надвиг представлен системой чешуй, имеющих характерное (обратное от Амура) юго-западное падение (рис. 3, А). Дорожным карьером и небольшой штольней на севере Осиповского блока под пластиной надвига был вскрыт пласт бурого угля, разбитый на тектонические клинья (рис. 3, Б–Г). В сохранившихся на южном борту карьера фрагментах этих клиньев уголь метаморфизован, местами до уровня каменного. Ситуация напоминает описанные выше деформации новейших осадков на профиле Биробиджан-Смидовичи.

Западная краевая зона САВ и впадины Саньцзян развивалась в голоцене под влиянием активизированной структуры Восточно-Буреинского орогена и структурировалась разломами Иланьской ветви. В ходе взаимодействия с широтными разломами НАС эта ветвь Танлу была еще ранее фрагментирована и превращена в сложнопостроенную зону мощностью до 30 км. Она насыщена грабенами и инверсионными поднятиями. В голоцене вся структура западной зоны была взброшена, деформирована взбросо-сдвиговой тектоникой и подвержена эрозии. Многие инверсионные поднятия, как и ХХСП, были выведены на современную поверхность, прорвав при этом чехол новейших осадков. Характер этих трансформаций описан в статье [9].

Взброс западной краевой зоны САВ подчеркнут транзитным характером вложенных в нее современных рек (Кур, Бира, Биджан, Дитур, Большой Таймень), транспортирующих размываемые ими новейшие осадки в Амур. Сам же Амур пересекает с запада на восток всю окраинно-континентальную структуру востока Азии. На всем своем протяжении он отчетливо дискордантен структурам Амуро-Зейского и Амуро-Ханкайского рифтогенов с разделяющим их Восточно-Буреинским орогеном. На западе и в центре ОКС (до структуры ХХСП) его долина вложена в активизированные в голоцене разломы НАС, а далее — в разломы Мишаньской ветви Танлу. Амур, судя по всему, молодая, транзитная река.

По данным маршрутных наблюдений, западная краевая зона САВ насыщена раннеголоценовыми палеосейсмодислокациями. Здесь, как и по структуре ХХСП, в начале голоцена тоже прошла волна мощных землетрясений. Для точной

возрастной привязки этих событий информации пока недостаточно — памятники культуры начального неолита здесь пока не обнаружены.

Северная часть АХР (см. рис. 1) изучена слабо. Положение на тренде омоложения ОКС предполагает более молодой возраст его структур, по сравнению с центральной частью САВ. Здесь рифтоген закладывался с олигоцена отдельными инверсионными впадинами (Торомская, Тугурская, Эльгандэ и др.) на субстрате того же мел-палеоценового орогена, который послужил фундаментом и для САВ. Развитие этих впадин контролировали разломы Танлу и Монголо-Охотской системы. Активность структурирующих эти впадины разломов, по сравнению с центральной частью АХР, была несколько снижена. В то же время близость к окраине континента предполагает, что и эта часть рифтогена развивалась достаточно динамично. Осадочный бассейн, разделивший Восточно-Буренский и Сихотэ-Алинский орогены, нарастил структуру АХР к северу до Шантарского архипелага.

Голоценовая активизация сопровождалась здесь формированием Охотоморского рифтогена с наложением его на северную часть АХР. В ложе Охотского моря находится реликт довольно крупной новейшей (континентальной) Шантарской впадины площадью около 1000 км² [10]. Проведенными исследованиями установлено, что северная часть этой впадины была взброшена в начале голоцена с амплитудой более 100 м. Реликты ее сероцветных аллювиальных осадков обнажены на юге о. Большой Шантар — на высоких бортах губы Якшина и в ее приливо-отливной зоне. Морфоструктура этой губы является индикатором голоценовой трансгрессии Охотского моря и одновременно — голоценового взброса Большого Шантара. Структура этой губы образовалась в результате избирательной абразии новейших осадков Шантарской впадины. А западнее Шантар расположена Удская губа — еще более выраженный результат Охотоморской (голоценовой) абразии, развивающейся к западу по системе активизированных разломов Монголо-Охотской системы с вложенной в нее новейшей Боконской впадиной.

Особенности южной части АХР (рис. 1, 4). Эта часть рифтогена представлена группой Приханкайских впадин (Жариковская, Вадимовская, Павловская, Раковская и др.). Они были детально исследованы автором в 1977–1995 гг. в ходе прогнозно-поисковых работ на уран в Синегорском рудном районе. Структура этого района была использована в качестве полигона для изучения его полихронной металлогении и общих закономерностей развития ОКС востока Азии [13].

Большинство Приханкайских впадин заложены в эоцене на жесткой структуре Ханкайского массива — реликтового блока протоплатформы, с интродуцированными его гранитами силурийского кольцевого батолита, вложенными в него девон-карбонными вулканоструктурами и меловой

гранитной Синегорской интрузией. Формировались Приханкайские впадины под определяющим влиянием меридиональной зоны Эхилкан-Ханкайского разлома. На фрагменте, где эта зона пересекает Ханкайский массив, она несет признаки герцинского заложения — здесь в нее вложены субвулканы риолитов и пестрый по составу набор даек девон-карбонного возраста. В южной части АХР разломы этой зоны взаимодействуют с широтными разломами — Южно-Жариковским, Верхне-Сандуганским, Вассиановским, Южно-Приморским и др. Существенное влияние на эту часть рифтогена оказала структура Сихотэ-Алинского орогена с контролирующей ее зоной Синегорского разлома северо-восточной ориентировки.

Как и структура САВ, Приханкайские впадины выполнены осадками аллювиальной формации с высокой угленосностью миоценовой составляющей (павловская свита). Фундамент впадин еще до их заложения был трансформирован сдвиговыми системами Тихоокеанского и Альпийско-Гималайского поясов. В палеоцене, в условиях амагматичного режима и относительно спокойной геодинамики, он был спланирован и проработан площадной и линейными корами выветривания, сохранившимися от эрозии под осадочным чехлом и (в виде реликтов) на обрамлении впадин. По данным поискового бурения, линейные коры избирательно развивались по дайкам среднего — основного состава на глубину до 200 м и более.

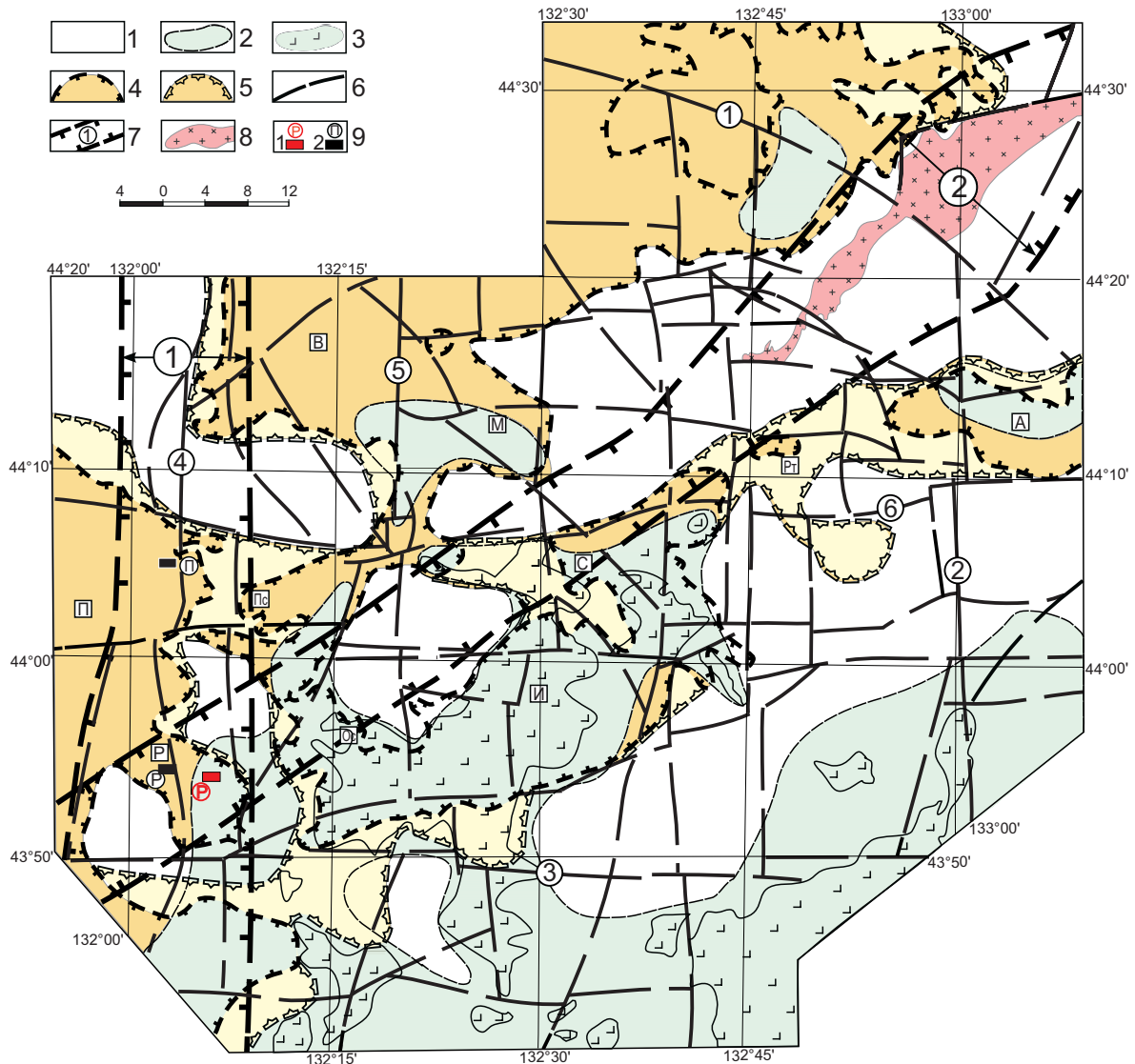


Рис. 4. Схема палеорекострукции южной части АХР. Плиоцен — средний плейстоцен (по [13], с доп.)

1 — выходы на поверхность пород фундамента новейших впадин; 2, 3 — контуры полей плиоцен-плейстоценовых платообразий: 2 — реконструированные, 3 — современные; 4, 5 — контуры новейших впадин: 4 — современные, 5 — реконструированные; основные впадины (буквы в квадратах): Р — Раковская, И — Ивановская, Пс — Поисковая, П — Павловская, С — Сандуганская, Рг — Реттиховская, В — Вадимовская, А — Арсеньевская, М — Монастырская, Ос — Осиновская; 6 — упоминаемые в статье центральные швы новейших разломов (цифры в кружках): 3 — Южно-Приморский, 4 — Эхилкан-Ханкайский, 5 — Халкидонский, 6 — Вассиановский; 7 — сформированные в голоцене зоны Эхилкан-Ханкайского (1) и Синегорского (2) разломов; 8 — синегорская интрузия позднемиоценовых гранитов; 9 — месторождения плейстоценового рудогенеза: 1 — Раковское урановое, 2 — Раковское (Р) и Павловское (П) германиевые

Взаимодействие контролирующих эту часть АХР разломов разной ориентировки обусловило высокую степень индивидуальности каждой отдельной его впадины. Осадки некоторых из них (Раковская, Павловская и др.) содержат прослойки пеплового (дальнепринесенного) материала. По-видимому, его источником служили вулканы Центрального и Северного Сихотэ-Алиня, Хоккайдо-Сахалинского и Курило-Камчатского орогенов.

Плиоцен-плейстоценовая активизация сопровождалась здесь масштабным базальтоидным магматизмом (см. рис. 1, 4). Значительная часть впадин южной группы АХР и их спланированного эрозией и выветриванием обрамления была в это время перекрыта полями платобазальтов. Их реликты представлены базальтами Сергеевского и Шкотовского плато. В Ивановской впадине покровы базальтов участвуют в строении верхней части ее осадочного выполнения.

На заключительной стадии этой активизации в Приханкайских впадинах, в осадках и в активизированных структурах их фундамента (внутри впадин и на их обрамлении), широкое развитие получил низкотемпературный аргиллизитовый метасоматоз. Он сопровождался эндогенным уран-полиэлементным рудогенезом с широким по составу спектром элементов – спутников урана (Ge, TR, Mo, Pb, Zn, Cu, F, W, Au, Ag, ЭПГ). В качестве эталонного объекта при его изучении автором было использовано Раковское месторождение урана в одноименной впадине.

Этот рудогенез проявлен на всей структуре ОКС, но изучен он лишь фрагментарно. Плейстоценовое уран-полиэлементное оруднение не востребованный пока минеральный ресурс. На тренде омоложения коры его проявления омолаживаются от плейстоцена в глубине континента до современного в зоне перехода. На Чукотке и Курилах и сейчас работают рудоносные гидротермы (В. Я. Данченко и др., 2000).

На юге АХР плейстоценовое уран-полиэлементное оруднение установлено и в активизированных разломах докайнозойского фундамента – как в контуре новейших впадин, так и на их обрамлении. Его проявления выявлены, в частности, в разломах, контролирующих Раковскую, Поисковую и Вадимовскую впадины. Все эти находки достаточно редки, поскольку выявлены они случайно – при обследовании дорожных карьеров либо в ситуациях, когда при каротаже поисковых скважин, ориентированных на осадочный чехол, обнаруживалось, что урановое оруднение непосредственно переходило из осадков в фундамент. Но само наличие таких находок свидетельствует о том, что все разломы, контролирующие Приханкайские впадины, должны рассматриваться как потенциально рудоносные структуры.

Особенности голоценовой стадии развития южной части АХР. В голоцене в результате резкого усиления орогенеза в структуре востока Азии все Приханкайские впадины были существенным

образом трансформированы Сихотэ-Алинским орогеном (САО). Структура САО была активизирована по зоне Синегорского разлома. В это время были активизированы также разломы меридиональной Эхилкан-Ханкайской зоны и разломы широтной ориентировки – Вассиановский, Южно-Приморский, Южно-Жариковский, Верхне-Сандуганский и др.

Все впадины Приханкайской группы под воздействием структуры САО были неравномерно взброшены с амплитудой до сотен метров, выведены из седиментации, деформированы сдвиговой тектоникой и эродированы. В результате их контуры существенно сократились. В настоящее время это отчетливо реликтовые структуры (рис. 4, 5). Неравномерность взброса впадин выражена их современным полого-всхолмленным рельефом, обозначающим блоковую матрицу их деформированного, взброшенного в голоцене фундамента. Седиментогенез сохраняется в этой части АХР лишь на участке, прилегающем к озеру Ханка.

Одним из индикаторов голоценового взбросо-сдвига служит Реттиховская впадина (рис. 4), выполненная угленосными осадками миоцена с мощным (до 18 м), смятым в складки пластом бурого угля. Пласт был полностью отработан карьером в 1990-е годы. Эта впадина была детально изучена автором в 1978–1981 гг. [13] при проведении здесь поисково-оценочных работ масштаба 1 : 10 000 с комплексом площадной геофизической подготовки. Впадина представляла собой двухкилометровый реликтовый блок с тектоническими ограничениями – реликт расположенной юго-западнее Сандуганской впадины. Он был взброшен ЗПС-системой широтного Верхне-Сандуганского разлома вместе с вмещающим его блоком нижнепалеозойского фундамента с амплитудой более 300 м. Плиоцен-плейстоценовая часть его осадочного выполнения была снята эрозией. От полного разрушения его сохранили вмещающие породы фундамента. Ситуация аналогична описанной выше структуре ХХСП с реликтовыми блоками Хабаровского и Базовского «грабенов».

Масштабность голоценовой тектоники и сопряженной с ней эрозии иллюстрирует и ситуация на северном борту Павловской впадины, взброшенной вместе со всеми Приханкайскими впадинами с амплитудой не менее 200 м (см. рис. 4, 5) сдвиговыми системами зон Вассиановского, Эхилкан-Ханкайского и Синегорского разломов. В результате взбросо-сдвиговых деформаций и синхронной эрозии впадина значительно сократила свой контур. При этом было трансформировано и сформированное в ней плейстоценовое оруднение.

Характер деформаций Павловской впадины виден на примере Лузановского грабена, расположенного в зоне Вассиановского разлома, севернее ее современного контура. Выполнен грабен в основном угленосными осадками миоцена (павловская свита). Его разрез аналогичен разрезу осадков северо-восточной (современной)

части Павловской впадины. Лузановский грабен, подобно блоку Реттиховской впадины и описанным выше блокам олигоцен-миоценовых осадков Средне-Амурской впадины, — отчетливо реликтовая структура. В данном случае это эрозионный останец крупного (2 × 1 км) тектонического клина с выраженными элементами надвига, сохранившегося в просажённом блоке зоны Вассиановского разлома.

Рисунок 5, Б, заимствованный из статьи В. В. Середина с соавторами [16], демонстрирует, что характерный для впадины базальный слой в этом клине отсутствует — он срезан по пологому нарушению. Срезаны и нижние угольные пласты, вмещающие германиевое (плейстоценовое) оруденение. Деформациям и эрозии были подвержены также плиоцен-плейстоценовые осадки верхней части этого клина.

В голоцене же активизированной структурой САО отделена от АХР Раздольнинская и Тавричанская впадины. Восточная часть Тавричанской впадины была захвачена голоценовой трансгрессией и погружена под уровень Японского моря. Трансгрессия, как и в Охотском море, активно развивается здесь до настоящего времени, с избирательной абразией континента. По долине р. Раздольная, на основании данных Е. А. Элбакидзе [18], следы трансгрессии отмечены океанской ингрессией на расстоянии до 20 км выше ее устья.

Еще один индикатор возраста голоценовой активизации — деформация и эрозия платобазальтов. Значительная часть их покровов, перекрывающих поверхность АХР и ограничивающих ее орогены, в ходе этой активизации была взброшена и снята эрозией. Взброс базальтов Шкотовского

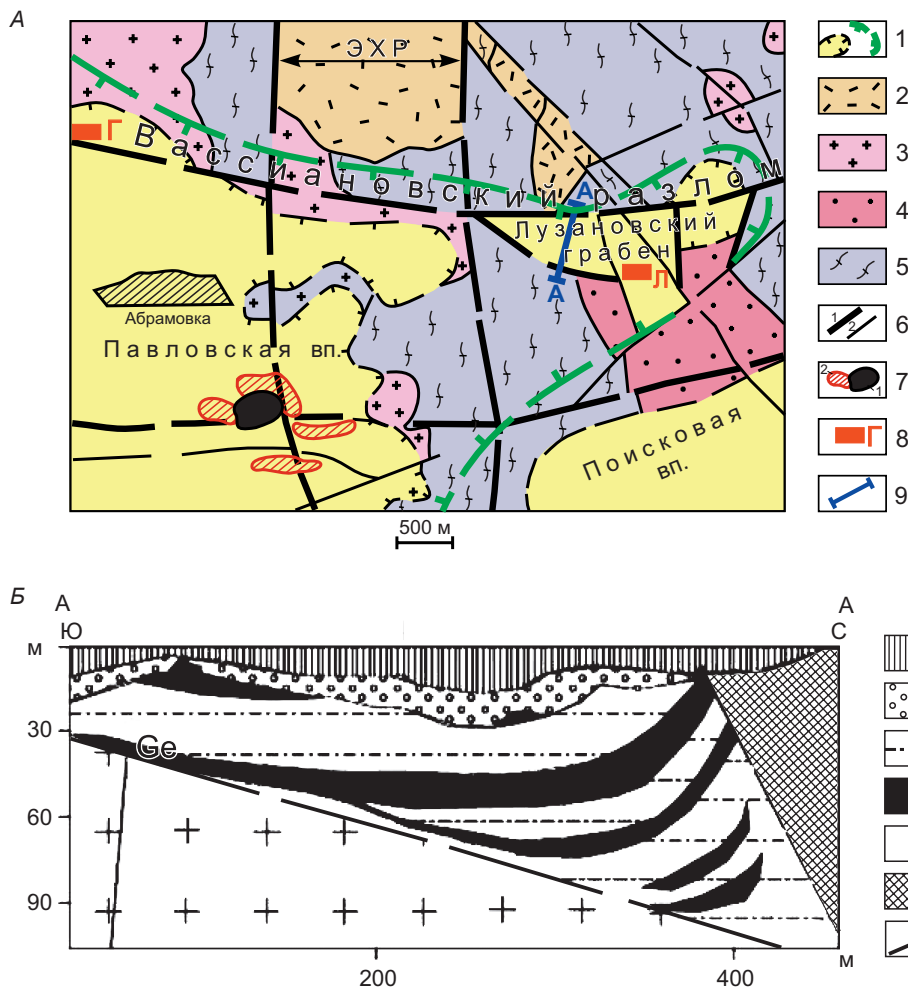


Рис. 5. Геологическая карта северо-восточной части Павловской впадины с реликтовой структурой Лузановского грабена (по авт. данным)

А: 1 — контуры впадины: слева — современный, справа — реконструированный; 2 — субвулканы герцинских риолитов; 3–4 — силурийские граниты гродековского (3) и вознесенского (4) комплексов; 5 — метаморфические сланцы протерозоя; 6 — разломы первого порядка (1) и прочие (2); 7 — Павловское месторождение германия (1) с урановыми залежами (2) на периферии; 8 — рудопоявления урана: Л — Лузановское, Г — Григорьевское; 9 — линия разреза Лузановского грабена (А–А) (по [16], с доп.);

Б: Лузановский грабен: 1 — выровненные голоценовой эрозией пески и глины плейстоцена; 2 — пески и галечники суйфунской свиты (N₂); 3 — алевропесчаники, алевролиты, аргиллиты павловской свиты (N₁); 4 — бурые угли; 5, 6 — породы фундамента: 5 — граниты, 6 — углеродисто-кремнистые сланцы; 7 — разрывные нарушения. Ge — позиция Лузановского уран-германиевого проявления. Слева сверху — голоценовый «диапир» верхнего угольного пласта

плато с амплитудой более 200 м был установлен при проходке поискового профиля на восточном борту Ивановской впадины.

Неустойчивые в поверхностных условиях базальты разрушаются весьма активно. Вследствие этого сохранившиеся после эрозии реликты базальтовых полей представляют центральную и нижнюю части формации платобазальтов. Имеющиеся датировки базальтов востока Азии преимущественно плиоценового возраста (С. В. Рассказов и др., 2000) не учитывают, однако, такого (современного) состояния формации. Верхняя возрастная граница этой формации должна быть поднята по крайней мере до среднего плейстоцена. На необходимость такого «омоложения» указывает и тот факт, что генерировавшая эту формацию система внутриконтинентальных плюмов работает до настоящего времени. Свидетельства тому — небольшой плейстоценовый Барановский вулкан в районе Уссурийска, также базальтовые вулканы Тувы, Забайкалья и Восточной Гоби с возрастом первые тысячи лет.

Сейсмогеодинамика АХР отражает современное состояние его активизированной к голоцену структуры. Она отмечена эпицентрами малоинтенсивных землетрясений магнитудой не более 4–5. Распределены они сравнительно равномерно, со слабовыраженной тенденцией к группировке в рои, которые контролируются узлами пересечения активных разломов широтной и северо-восточной — меридиональной ориентировки. Но в каталоге И. Мушкетова и А. Орлова [14] под номером 2524 зафиксировано, что в 1888 г. в Хабаровске произошло более мощное землетрясение, отмеченное лаконичной записью (стр. 546): «В том же 1888 году 11-го (23) августа было землетрясение в Хабаровске и на протяжении 400 в. по течению р. Амура». Многочисленные раннеголоценовые сейсмодислокации, выявленные на бортах Хабаровско-Хехцирской системы поднятий, позволяют предположить, что это событие могло произойти непосредственно в структуре ХХСП, при импульсной активизации контролирующей ее разломных систем НАС и Танлу. Современное сейсмическое «затишье» в АХР фиксирует, по-видимому, лишь локальное состояние его сейсмогеодинамики, имеющей весьма неопределенную периодичность.

Заключение. Представленная здесь модель обобщила результаты многолетних исследований АХР, обозначив в качестве индикатора новейшего этапа развития вмещающей его окраинно-континентальной структуры, а также, что особенно важно, — индикатора ее голоценовой активизации. Феномен этой активизации получил на примере рифтогена ряд достаточно надежных доказательств.

Близость АХР к окраине Азии, к фронту структурирования континентальной коры, определила динамичность его развития с двумя наложенными на него активизациями. Плиоцен-плейстоценовая активизация сопровождалась формированием

платобазальтов, развитием низкотемпературного аргиллизитового метасоматоза и связанного с ним уран-полиэлементного рудогенеза.

На рубеже плейстоцен — голоцен вмещающая АХР окраинно-континентальная структура была весьма резко активизирована с доминантой орогенеза. В ходе этой активизации вся ОКС была взброшена, трансформирована сдвиговой тектоникой и подвержена эрозии. В своем современном состоянии — это сложнопостроенная голоценовая орогенная система. Она представлена контрастно выраженными в рельефе поднятиями и отчетливо реликтовыми, просажеными по отношению к ним, выработанными эрозией структурами мезозойско-кайнозойских впадин. В АХР в голоцене были активизированы его инверсионные поднятия, в том числе и Хабаровско-Хехцирская система поднятий.

Все горные сооружения ОКС — это отчетливо молодые структуры, развивающиеся и сейчас в режиме сложноорганизованного воздымания. Сложенные крепкими литифицированными породами, они препарированы синхронно развивающейся эрозией, доминирующей над процессами химического выветривания. Сформированные на них в палеоцене — плейстоцене коры выветривания эродированы, сохранились лишь их реликты.

Амура-Ханкайский рифтоген и другие впадины ОКС в ходе голоценового орогенеза были взброшены и выведены из седиментации. Их рыхлый осадочный чехол был избирательно выработан синхронно развивающейся эрозией. У них не до конца спланированный, полого-всхолмленный рельеф, отражающий неравномерность блоковой матрицы их взброшенного в голоцене фундамента. Современный седиментогенез развивается в них лишь на локальных участках.

Масштабность голоценовой эрозии АХР во многом определила активная динамика речной сети ОКС, наложенной на рифтоген после его взброса. Современные реки ОКС — это транзитные реки. Они активно размывают рыхлые осадки АХР с выносом материала в Охотское и Японское моря. Заложены они были, возможно, еще в позднем плейстоцене, во время дифференцированного взброса Средне-Амурской впадины. В пользу этого предположения свидетельствует тот факт, что осиповские поселения занимали прибортовые части ХХСП, которые уже тогда могли омываться Амуrom.

Ход развития рифтогена, формирование его внутренней структуры контролировали ЗПС-системы глубинных разломов. Они определили, в том числе, и характер его голоценовых трансформаций. Существенное влияние на эти трансформации оказал и встречный пресс активизированных в это время структур Восточно-Буреинского и Сихотэ-Алинского орогенов. А с севера и юга на АХР были наложены в голоцене рифтогены Охотского и Японского морей — результат Тихоокеанской голоценовой трансгрессии.

Неоднородность современной структуры рифтогена — следствие пространственно-временной нерегулярности его развития, связанной с нелинейностью ЗПС-режима контролирующей его разломных систем и влиянием на АХР локальных пульсаций регионального уровня.

На рубеже неоплейстоцен — голоцен по структуре АХР прошла волна катастрофических землетрясений, рифтоген был резко активизирован, а поселения осиповской культуры начального неолита с этого времени прекратили свое существование. Но именно с этого рубежа начала свое «взрывное» развитие популяция *homo sapiens*. Если до этого человечество в течение более двух миллионов лет развивалось в вялотекущем режиме, на уровне малых разрозненных сообществ, то за геологически мгновенный интервал голоцена — в течение 10 000 лет — оно прошло путь от каменного до атомного века, заполнив собой все континенты. Напряженная тектоника и сейсмогеодинамика голоцена, активность его вулканизма и флюидодинамики, с глубинными источниками их энергии и вещества, формируют матрицу изменчивой среды нашего обитания, определяя ее многочисленные природные риски. В том числе они определяют и характер глобальных климатических изменений. Спрогнозировать эти риски и их последствия невозможно без реконструкции голоценовой истории и изучения ее молодой тектоники и сейсмотектоники, сопряженных с ней эрозионных процессов, по которым в отечественной и мировой геологии накоплен острейший информационный дефицит.

Актуальность проблемы голоцена в прикладном плане дополняется тем, что его взбросо-сдвиговой тектоникой и сопряженной с ней эрозией трансформированы зоны рудогенеза всех металлогенических эпох. Это было продемонстрировано на примере АХР, в структуре которого были трансформированы в том числе и зоны плейстоценового рудогенеза. Прогнозно-поисковые модели, не учитывающие этих пострудных трансформаций, резко снижают свою достоверность. Соответственно, снижается и эффективность основанных на них прогнозно-поисковых работ.

Актуальность проблематики голоцена настоятельно требует системного подхода, с моделированием ее геологической истории на междисциплинарной основе, с исследованием характера голоценовой активизации на континентах и в Мировом океане. АХР, вместе с вмещающей его окраинно-континентальной структурой, является одним из полигонов для реконструкции этой истории.

Представленная здесь модель АХР достаточно сложна для восприятия не только из-за нетрадиционного характера ее базисной модели, но во многом и по причине устоявшегося стереотипа не замечать феномена голоцена. Автор надеется, что настоящая статья будет содействовать разрушению этого стереотипа.

Исследование АХР проведено в соответствии с тематикой государственного задания

ИТиГ ДВО РАН при частичном финансировании программой «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН» (проект 18-5-024).

Автор выражает признательность сотрудникам лаборатории сейсмологии и сейсмотектоники ИТиГ ДВО РАН Н. В. Сатонину, О. А. Колягину и Н. Н. Ковригу за помощь в подготовке статьи.

1. Коковкин А. А. Модель экзогенного уранового рудогенеза в рифтогенах Монголии // *Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных элементов.* — М., 2000. — № 142. — С. 52–60.
2. Коковкин А. А. Новейшая структура Сихотэ-Алинского орогена: эволюционная модель // *Региональная геология и металлогения.* — 2012. — № 52. — С. 39–48.
3. Коковкин А. А. Комплексная эволюционная модель новейшей инверсионной структуры Хабаровско-Хещирской системы поднятий // *Отечественная геология.* — 2013. — № 4. — С. 32–41.
4. 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. — 188 с.
5. 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: Материалы XLVIII тектонического совещания.* — М.: ГЕОС, 2016. — Т. 1. — С. 248–252.
6. Коковкин А. А. Тектоника, сейсмотектоника и гидротермальный метасоматоз в новейшей структуре Волжского (Саратовско-Камышинского) Правобережья: новые данные / А. А. Коковкин, А. В. Иванов, В. М. Тюленева, И. А. Яшков // *Отечественная геология.* — 2018. — № 6. — С. 51–66.
7. Коковкин А. А. Парадоксы голоцена и роль неоплейстоцен-голоценового рубежа в развитии Земли // *Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии: Материалы тектонического совещания.* — М., 2018. — Т. 1. — С. 287–291.
8. Коковкин А. А., Горшков М. В. О влиянии неоплейстоцен-голоценовой тектоники и сейсмотектоники на поселения осиповской культуры начального неолита (на примере новейшей структуры Хабаровско-Хещирской системы поднятий с поселениями Гончарка-1, Амур-2 и Осиповка-1, -2) // *Вестник ДВО РАН.* — 2018 — № 6 (202). — С. 79–90.
9. Коковкин А. А. Танлу-Курский и Тастахский разломы в окраинно-континентальной структуре Востока Азии: тектоника, сейсмотектоника, взаимодействие с другими разломными системами // *Отечественная геология.* — 2018. — № 3 — С. 43–54.
10. Коковкин А. А. Эволюционная модель новейшей структуры Шантарского архипелага // *Отечественная геология.* — 2019. — № 2. — С. 73–89.
11. Коковкин А. А. Намурхэ-Амурская система разломов в окраинно-континентальной структуре востока Азии // *Отечественная геология.* — 2019. — № 6. — С. 28–42.
12. Коковкин А. А. Феномен Бурейского оползня: данные полевых исследований и модель формирования // *Отечественная геология.* — 2020. — № 4–5. — С. 48–63.
13. Коковкин А. А. Эволюция Синегорской рудно-магматической системы (Южное Приморье): структура, рудогенез, пострудные перестройки. — М.: ВИМС, 2020. — 160 с.
14. Мушкетов И., Орлов А. Каталог землетрясений Российской Империи. Записки Императорского русского географического общества. — Санкт-Петербург, 1893. — Т. XXVI. — 567 с.

15. Осадочные бассейны Востока России: В 4 т. / отв. ред. Г. Л. Кириллова, гл. ред. А. И. Ханчук. — Владивосток: ДВО РАН, 2002–2020.

Т. 3: Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы / Г. Л. Кириллова, В. Г. Варнавский, Б. А. Натальин, Е. П. Развозжаева, Т. А. Рязанова, С. А. Медведева, В. В. Крапивенцева, Т. В. Климовская, В. А. Бормотов, Т. В. Меркулова, В. Б. Каплун, Ю. Ф. Манилов, П. Ю. Горнов, С. Н. Алексеенко. — Владивосток: ДВО РАН, 2009. — 424 с.

16. Середин В. В. Германиеносные угли Лузановского грабена (Павловское бурогольное месторождение, Южное Приморье) / В. В. Середин, Ю. А. Данильчева, Л. О. Магазина, И. Г. Шарова // Литология и полезные ископаемые. — 2006. — № 2. — С. 1–24.

17. Хаин В. Е. Об основных принципах построения подлинно глобальной модели динамики Земли // Геология и геофизика. — 2010. — Т. 51, № 6. — С. 753–760.

18. Элбакидзе Е. А. Масштабы голоценовой ингрессии Японского моря в Южном Приморье (по данным диатомового анализа) // Тихоокеанская геология. — 2014. — Т. 33, № 2. — С. 102–108.

19. Atlas of active faults in China / Chinese Working Group of the project 206. — Seismological Press, Xian Cartographic Publishing House. — 1989. — 121 p.

1. Kokovkin A. A. Model' ekzogenogo uranovogo rudogenez v riftogenakh Mongolii [Model of exogenous uranium ore genesis in riftogens of Mongolia]. *Materialy po geologii mestorozhdeniy urana, redkikh i redkozemel'nykh elementov*. Moscow, 2000, no. 142, pp. 52–60. (In Russian).

2. Kokovkin A. A. Noveyshaya struktura Sikhote-Alinskogo orogena: evolyutsionnaya model' [The latest structure of the Sikhote-Alin orogen: an evolutionary model]. *Regional Geology and Metallogeny*, 2012, no. 52, pp. 39–48. (In Russian).

3. Kokovkin A. A. Kompleksnaya evolyutsionnaya model' noveyshey inversionnoy struktury Khabarovsko-Khekhtsirskoy sistemy podnyatiy [Complex evolutionary model of the latest inversion structure of the Khabarovsk-Khekhtsir uplift system]. *National Geology*, 2013, no. 4, pp. 32–41. (In Russian).

4. Kokovkin A. A. Evolyutsiya noveyshey okrainno-kontinental'noy struktury Namibii i struktura-antipod Vostoka Azii: opyt mezhdistsiplinarnogo issledovaniya na sinergeticheskoy osnove [Evolution of the newest marginal continental structure of Namibia and the antipodal structure of East Asia: an experience of interdisciplinary research on a synergetic basis]. Saratov: Privolzhskaya knizhnaya palata, 2014, 188 p.

5. Kokovkin A. A. Volnovaya model' strukturirovaniya kontinental'noy kory Vostoka Azii (na puti k paradigme volnovoy nelineynoy geodinamiki) [Wave model of structuring the continental crust of East Asia (on the way to the paradigm of wave nonlinear geodynamics)]. *Tektonika, geodinamika i rudogenez skladechatykh pojasov i platform: Materialy XLVIII tektonicheskogo soveshchaniya*. Moscow, 2016, vol. 1, pp. 248–252. (In Russian).

6. Kokovkin A. A., Ivanov A. V., Tyuleneva V. M., Yashkov I. A. Tectonics, seismotectonics and hydrothermal metasomatism in the modern structure of the Volga right bank between Saratov and Kamyshin: new data. *National Geology*, 2018, no. 6, pp. 51–66. (In Russian).

7. Kokovkin A. A. Paradoksy golotsena i rol' neopleystotsen-golotsenovogo rubezha v razvitiy Zemli [Holocene paradoxes and the role of the Neopleistocene-Holocene boundary in the development of the Earth]. *Problemy tektoniki i geodinamiki zemnoy kory i mantii: Materialy tektonicheskogo soveshchaniya*. Moscow, 2018, vol. 1, pp. 287–291. (In Russian).

8. Kokovkin A. A., Gorshkov M. V. On the influence of Neopleistocene-Holocene tectonics and seismotectonics on Early Neolithic settlements of the Osipovka culture (as exemplified from modern structure of the Khabarovsk-Khekhtsir uplift system with settlements of Goncharka-1, Amur-2 and Osipovka-1, -2). *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2018, no. 6 (202), pp. 79–90. (In Russian).

9. Kokovkin A. A. Tanlu-Kur and Tastakh faults in the marginal-continental structure of East Asia: tectonics, seismotectonics and the interaction with other fault systems. *National Geology*, 2018, no. 3, pp. 43–54. (In Russian).

10. Kokovkin A. A. Evolutionary model of the Shantar Archipelago modern structure. *National Geology*, 2019, no. 2, pp. 73–89. (In Russian).

11. Kokovkin A. A. The Namurkhe-Amur fault system in the marginal-continental structure of East Asia. *National Geology*, 2019, no. 6, pp. 28–42. (In Russian).

12. Kokovkin A. A. Bureya rockslide phenomenon: field data and rockslide formation mode. *National Geology*, 2020, no. 4–5, pp. 48–63. (In Russian).

13. Kokovkin A. A. Evolyutsiya Sinegorskoy rudno-magmaticheskoy sistemy (Yuzhnoe Primor'e): struktura, rudogenez, postrudnye perestroyki [Evolution of the Sinegorsk ore-magmatic system (Southern Primorye): structure, ore genesis, post-ore alterations]. Moscow, 2020, 160 p.

14. Mushketov I., Orlov A. Katalog' zemletryaseniy Rossiyskoy Imperii. Zapiski Imperatorskago russkago geograficheskago obshchestva [Catalog of earthquakes in the Russian Empire. Notes of the Imperial Russian Geographical Society]. St. Petersburg, 1893, vol. XXVI, 567 p.

15. Osadochnye basseyny Vostoka Rossii: V 4 tomakh [Sedimentary basins of the East of Russia: In 4 volumes]. Ex. ed. G. L. Kirillova, Chief ed. A. I. Khanchuk. Vladivostok, 2002–2020.

Vol. 3: Kirillova G. L., Varnavskiy V. G., Natal'in B. A., Razvozzhaeva E. P., Ryazanova T. A., Medvedeva S. A., Kraviventseva V. V., Klimovskaya T. V., Bormotov V. A., Merkulova T. V., Kaplun V. B., Manilov Yu. F., Gornov P. Yu., Alekseenko S. N. Sredneamurskiy osadochnyy basseyn: geologicheskoe stroenie, geodinamika, toplivno-energeticheskie resursy [The Middle Amur sedimentary basin: geological structure, geodynamics, fuel and energy resources]. Vladivostok, 2009, 424 p.

16. Seredin V. V., Danil'cheva Yu. A., Magazina L. O., Sharova I. G. Germanienosnye ugli Luzanovskogo grabena (Pavlovskoe burougol'noe mestorozhdenie, Yuzhnoe Primor'e) [Germanium-bearing coals of the Luzanovsky graben (Pavlovskoe lignite deposit, South Primorye)]. *Lithology and Mineral Resources*, 2006, no 2, pp. 1–24. (In Russian).

17. Khain V. E. Constructing a truly global model of Earth's dynamics: basic principles. *Russian Geology and Geophysics*, 2010, vol. 51, no. 6, pp. 587–591. (In Russian).

18. Elbakidze E. A. The extent of the Japan sea Holocene ingression in Southern Primorye from the diatom analysis data. *Russian Journal of Pacific Geology*, 2014, vol. 33, no. 2, pp. 102–108. (In Russian).

19. Chinese Working Group of the project 206. *Atlas of active faults in China*. Seismological Press, Xian Cartographic Publishing House, 1989, 121 p.

Коковкин Александр Александрович — доктор геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИТИГ ДВО РАН). Ул. Ким Ю Чена, 65, Хабаровск, Россия, 680000. <kokovkin@itig.as.khb.ru>

Kokovkin Alexander Alexandrovich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Institute of Tectonics and Geophysics named after Yu. A. Kosygin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (ITIG FEB RAS). Ul. 65 Kim Yu Chen, Khabarovsk, Russia, 680000. <kokovkin@itig.as.khb.ru>