

А. А. Коковкин (ИТиГ ДВО РАН)

О ВЛИЯНИИ ГОЛОЦЕНОВОЙ АКТИВИЗАЦИИ НА ГИДРОГЕННЫЙ УРАНОВЫЙ РУДОГЕНЕЗ В МЕЗОЗОЙСКО-КАЙНОЗОЙСКИХ РИФТОГЕНАХ МОНГОЛИИ, ПРИТЯНЬШАНЯ, ПАМИРА И ВОСТОКА АЗИИ

В статье показаны преобразования мезозойско-кайнозойских рифтогенов Альпийско-Гималайского подвижного пояса и области его сочленения с Тихоокеанским поясом с голоценовой орогенной тектоникой и эрозией. Структуры рифтогенов представлены как индикаторы голоценовой активизации, как часть голоценовой орогенной структуры этих поясов. В ходе голоценовой активизации они были разделены на отдельные блоки, взброшены, эродированы и значительно сократили свои контуры. В рифтогенах глубокой части континента были трансформированы и развитые в них зоны окисления с гидрогенным урановым оруденением. Эти рифтогены развивались в плиоцен-плейстоцене в условиях аридного климата. Их сероцветный осадочный разрез был раскрыт для окислительного эпигенеза и рудогенеза. В реликтовых структурах рифтогенов Монгольской Гоби оруденение зоны поверхностного окисления было выведено голоценовой эрозией на поверхность. В то же время рифтогены Востока Азии развивались в условиях устойчивого гумидного климата, неблагоприятного для развития окислительного рудогенеза. Для окисления они были раскрыты лишь в голоцене. При этом эрозия их осадков развивается настолько активно, что нередко опережает развитие окисления.

Ключевые слова: подвижный пояс, волновая тектоника, знакопеременный сдвиг, голоценовая активизация, орогенез, эрозия, рудогенез, пострудные трансформации, самоорганизация.

A. A. Kokovkin (ITiG FEB RAS)

ON THE INFLUENCE OF THE HOLOCENE ACTIVATION ON HYDROGENIC URANIUM ORE GENESIS IN THE MESOZOIC–CENOZOIC RIFTS OF MONGOLIA, TIEN SHAN, PAMIR, AND EASTERN ASIA

The article shows the transformations of the Meso-Cenozoic rifts of the Alpine-Himalayan mobile belt and the region of its junction with the Pacific belt with the Holocene orogenic tectonics and erosion. Rift structures are presented as indicators of the Holocene activation, as part of the Holocene orogenic structure of these belts. During the Holocene activation, they were divided into separate blocks, upthrown, eroded, and significantly reduced their outlines. In the rifts of the deep part of the continent, oxidation zones with hydrogenous uranium mineralization developed in them were transformed. These rifts developed in the Pliocene-Pleistocene under arid climate conditions. Their grey-coloured sedimentary section was exposed to oxidative epigenesis and ore genesis. In the relict structures of the Mongolian Gobi rifts, the mineralization of the surface oxidation zone was brought to the surface by the Holocene erosion. Rifts of Eastern Asia developed under conditions of a stable humid climate, unfavourable for the development of oxidative ore genesis. They were exposed for oxidation only in the Holocene. The erosion of their sediments developed so actively that it often outstripped the development of oxidation.

Keywords: mobile belt, wave tectonics, alternating-sign fault, Holocene activation, erosion, ore genesis, post-ore transformations, self-organization.

Для цитирования: Коковкин А. А. О влиянии голоценовой активизации на гидрогенный урановый рудогенез в мезозойско-кайнозойских рифтогенах Монголии, Притяньшанья, Памира и Востока Азии // Региональная геология и металлогения. – 2023. – № 96. – С. 92–110. DOI: 10.52349/0869-7892_2023_96_92-110

Введение. Феномен глобальной голоценовой активизации был выделен автором по результатам изучения мезозойско-кайнозойских рифтогенных впадин Альпийско-Гималайского и Тихоокеанского подвижных поясов Евразии и структур

Юго-Запада Африки, с привлечением данных по Мировому океану. Серией публикаций [11; 13–15] он был переведен в разряд научного факта, обозначив при этом парадоксальное несоответствие сложившихся в геологии представлений о незна-

чимости вклада голоценовых процессов в развитие земной структуры реальному состоянию этого вклада.

В истории Земли голоцену отведено всего 10 000 лет. Принято считать, что за это геологическое «мгновение» планета не испытала каких-либо значимых преобразований. Под прессом этого стереотипа даже ярко выраженные признаки голоценовой активизации остаются за рамками внимания исследователей. Их просто не замечают. Голоценовой геологической истории Земли «по умолчанию» не существует. И этот устойчивый стереотип транслируется на всю разветвленную систему геологических наук.

Выделению феномена голоцена способствовало то, что автор длительное время занимался изучением ураноносности мезозойско-кайнозойских рифтогенов Евразии. Моделирование их структур проводилось в рамках параллельно разрабатываемой модели *волновой нелинейной геодинамики*. Эта базисная модель развивает пульсационную гипотезу Земли на эволюционной, синергетической основе. Голоценовая активизация закономерно вписалась в эту модель, пополнив ее новым доказательным материалом.

Проведенные исследования показали, что на рубеже плейстоцена–голоцена Земля резко изменила ход своего развития, радикально преобразовав структуру своей коры. Суперплюмы в голоцене сокращают свой объем, океаны при этом наращивают свою глубину, с развитием глобальной трансгрессии. На континентах с этого рубежа началась вспышка продолжающегося до сих пор орогенеза с масштабной взбросо-сдвиговой тектоникой, сейсмичностью и вулканизмом. Синхронно с орогенезом развивается эрозия. Речная сеть континентов перестроилась под эту новую орогенную структуру, активно способствуя этой эрозии и формированию современного рельефа. Резко изменившаяся на рубеже плейстоцена–голоцена среда обитания определила дальнейшее «взрывное» развитие Человека, прошедшего с начала голоцена путь от «каменного» до «ядерного» века.

На континентах основными индикаторами голоценовой активизации являются *структуры мезозойско-кайнозойских рифтогенов* с надежно стратифицированным разрезом их преимущественно рыхлых осадков. В своем современном состоянии эти рифтогены – *реликтовые* образования, часть голоценовой орогенной системы континентов. В голоцене все они были взброшены, деформированы сдвигом-надвиговой тектоникой и эродированы. Эрозией с них сняты осадки, начиная с *плейстоцена*. На их поверхность выведены, в зависимости от амплитуды взброса и уровня эрозионного среза, отложения вплоть до юрского и триасового возраста. Величина среза достигает в них километры.

Выделение этой супермолодой активизации в качестве явления глобального уровня обозначило целый ряд проблемных вопросов, начиная с того, *как вписать многообразие ее масштабных процессов в тесные рамки голоцена, отведенные ему геологической шкалой?* Ее выделение влечет

за собой необходимость внесения существенных поправок в сложившиеся представления о ходе структурирования земной коры. Эта проблематика является сейчас основным направлением работ автора.

Продолжающаяся до настоящего времени голоценовая активизация сопровождается перестройкой зон рудогенеза всех металлогенических эпох с доголоценовым возрастом их оруденения. Данная статья посвящена влиянию голоценовой активизации на гидрогенный урановый (окислительный) рудогенез в рифтогенах Центральной и Восточной Азии с рудами преимущественно плейстоценового возраста.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Института геотектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН.

Автор благодарит доктора физ.-техн. наук, зав. Лаборатории сейсмологии и сейсмотектоники ИТиГ ДВО РАН *В. Г. Быкова*, за помощь в проводимых исследованиях, сотрудницу Лаборатории *Н. В. Сатонину* за подготовку электронной версии рисунков к статье.

Особенности методологии и методики.

В используемой автором базисной (волновой) модели *Земля рассматривается как открытая, самоорганизующаяся, направленно расширяющаяся система, развивающаяся в пульсационном режиме, по нелинейным законам*. Ее подробная характеристика представлена в работах [9; 10]. Подготовлена она для *мезозойско-кайнозойского* этапа, в котором наша планета в общем виде сохранила структуру своей коры вплоть до настоящего времени. Ее признаковое пространство позволяет с достаточно высокой долей уверенности восстановить ход развития Земли на этом этапе.

Волновая модель во многом альтернативна доминирующим в нашей геологии моделям геосинклинальной классики и плитной тектоники, для которых радиус Земли неизменен. В соответствии с ней в мезозое–кайнозое проявлено два ритма расширения (ранне-мезозойский и эоцен-плейстоценовый) и два ритма сжатия (поздне меловой–палеоценовый и голоценовый). Эти глобальные пульсации инициированы пульсациями земного ядра, в котором вещество свернуто до сверхплотного состояния. Такое его состояние в целом соответствует состоянию ядра в модели «исходно гидридной Земли» (В. Н. Ларина, 2005). По этой модели наша планета так же расширяется, но без обозначения пульсационного режима.

Внешние оболочки Земли наращиваются веществом пульсирующего ядра. В земную кору его пульсации передаются пульсациями мантии, ее суперплюмов и периферических плюмовых систем. В континентальной коре глобальные пульсации инициируют возвратно-поступательные движения ее жестких блоков и сопряженные с ними волновые знакопеременно-сдвиговые (ЗПС) перемещения по разломам. Модели ЗПС режима и его структур-индикаторов разработаны автором ранее на примерах реальных объектов [9; 10; 12].

Система континентов и суперплюмов, как упоминалось, начала формироваться с рубежа палеозоя–мезозоя. Причиной послужил удар крупного астероида в тихоокеанский сектор Земли. В результате наша планета сменила свою орбиту на более удаленную от Солнца. Она перешла в режим расширения, что сопровождалось образованием Тихоокеанского суперплюма и формированием других суперплюмов. Именно с этого рубежа земная кора и приобрела дисимметрию (определение В. И. Вернадского), разделившись на кору океаническую и континентальную. Океаническая кора по существу представляет собой застывшие апикальные части суперплюмов. Открытая самоорганизующаяся система планеты после этой бифуркации, вызванной внешним воздействием, сформировала новый пульсационный режим, действовавший до конца плейстоцена.

Но в начале голоцена этот режим был снова нарушен. На рубеже плейстоцена–голоцена Земля была подвержена массивной бомбардировке потоком менее крупных астероидов. В результате она снова сменила свою орбиту, на этот раз ближе к Солнцу, и перешла в режим, по сути, импульсного сжатия. Столь резкая смена пульсационного режима вызвала вспышку континентального орогенеза, который сам по себе является индикатором глобального сжатия. Взброшенные в ходе этого орогенеза мезозойско-кайнозойские впадины были деформированы взбросо-сдвиговой тектоникой, их осадки подверглись масштабной избирательной эрозии. В Евразии этот орогенез особенно ярко проявился в мобильных структурах Альпийско-Гималайского (АГПП) и Тихоокеанского (ТОПП) подвижных поясов.

Результаты исследования. Позиция исследуемых объектов в региональной структуре.

Ход голоценового орогенеза в синхронно развивающихся мезозойско-кайнозойских структурах АГПП и ТОПП в центре и на востоке Азии определил сбалансированный с глобальными пульсациями трехсторонний пульсационный пресс Сибирского кратона, Индийской плиты и Тихоокеанского суперплюма (рис. 1). В неоднородной по строению структуре обоих поясов под влиянием этого пресса максимально были взброшены их наиболее подвижные части по границам с этими жесткими блоками.

Под прессом смещающейся к северу Индийской плиты в голоцене была резко активизирована Гималайская ветвь АГПП северо-западного простираения. А под воздействием смещающегося к юго-востоку Сибирского кратона активизировалась и широтная ветвь этого пояса, продолжающаяся к востоку от Памира орогенными структурами Тянь-Шаня, Алтая и Становика с выходом в окраинно-континентальную структуру (ОКС) Востока Азии. Там она взаимодействует со структурой Тихоокеанского пояса. Эта северная ветвь АГПП была выделена автором в работах [10; 12; 15]. Западнее ОКС в узле сочленения двух этих ветвей был сформирован ороген Памира,

отличающийся наиболее сложным внутренним строением.

Ход внутреннего структурирования голоценовых орогенов обоих поясов определил взаимодействие ЗПС систем разломов разной ориентировки. Результат этого взаимодействия выражен фрагментацией глубинных разломов с превращением их в зоны мощностью до многих десятков километров. Активность современного состояния голоценовой орогенной системы обоих поясов выражена их аномальной сейсмичностью.

Все голоценовые орогенные поднятия АГПП и ТОПП насыщены реликтами мезозойско-кайнозойских впадин, эродированных с поверхности, деформированных взбросо-сдвигами и надвигами. Для поднятий, сложенных крепкими, литифицированными, устойчивыми к эрозии домезозойскими породами, характерен контрастный разновесный рельеф, с крутыми (до вертикальных) склонами. Короткого времени голоцена для его выравнивания не хватило. В то же время осадки взброшенных вместе с ними впадин эродировались весьма активно. У их реликтовых структур рельеф полого-всхолмленный и равнинный. Его морфология отражает структуру блоковой матрицы жесткого, неоднородно взброшенного в голоцене фундамента рифтогенов.

Взбросы отдельных частей голоценовых орогенов, достигающие километры, обладали аномальной энергетикой. Это необъяснимо с позиции устоявшихся в тектонике представлений о медленном, устойчивом во времени развитии орогенных поднятий. Такие локализованные в пространстве и во времени энергонасыщенные взбросы несут отчетливые признаки *резонансных* явлений. Энергетическим источником для них являются резонансы волновых (маятниковых) ЗПС систем контролирующих их разломов, генерированные, по представлению автора, резонансными возмущениями волнового гравитационного поля. Прецедент такого локального (голоценового) взброса установлен автором в 2019 г. при изучении Бурейского оползня.

Такой характер голоценового орогенеза и синхронной с ним эрозии и определил специфику трансформаций рассматриваемых ниже мезозойско-кайнозойских впадин, трансформации и сохранность локализованного в них гидрогенного уранового оруденения.

Впадины Монгольской Гоби. Структура Монголии (рис. 2) в современном состоянии представляет собой часть голоценового орогена Альпийско-Гималайского пояса, сложенного здесь домезозойскими породами с многочисленными реликтами мезозойских впадин. В морфоструктурном плане это полого снижающееся к югу нагорье (абс. отм. 800–1200 м), ограниченное с севера орогенами Хэнтея, Хангая и Алтая, а с юго-запада – блоком Тибета. В голоцене вся эта структура была равномерно взброшена в ходе взаимодействия северной (широтной) и Гималайской ветвей АГПП, взломана орогенным поднятием Монгольского Алтая и более мелкими поднятиями, препарирована

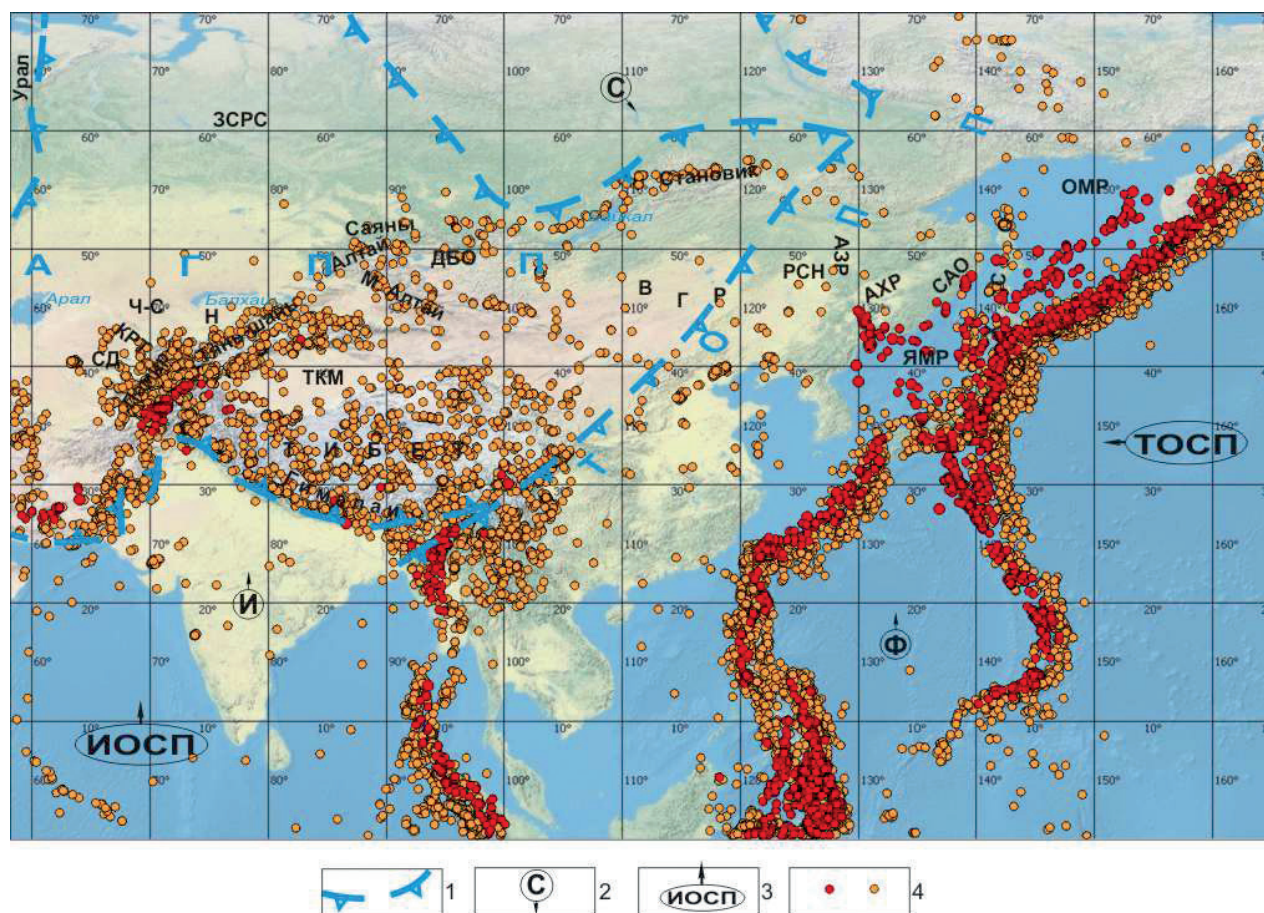


Рис. 1. Современная сейсмичность голоценовой орогенной структуры Альпийско-Гималайского подвижного пояса и азиатского сегмента Тихоокеанского пояса

1 – границы Альпийско-Гималайского (АГПП) и Тихоокеанского (ТОПП) поясов; 2 – направление смещения в голоцене плит (И – Индия, Ф – Филиппинской) и Сибирского кратаона (С); 3 – суперплюмы и направление их воздействия на континент в голоцене: ИОСП – Индийский, ТОСП – Тихоокеанский; 4 – эпицентры землетрясений магнитудой более 5 (слева – глубина гипоцентра более 50 км, справа – менее 50 км). Данные Мирового кадастра землетрясений за 1911–2015 гг.

Сокращенные названия структур-индикаторов голоценовой активизации. С запада на восток: ЗСРС – Западно-Сибирская рифтогенная система, СД – Сырдарьинская впадина, КРТ – поднятие Каратау, ЧС – Чу-Сарьсуйская впадина, И – Илийская протовпадина, ТКМ – Такло-Маканская (Таримская) впадина, ДБО – современные впадины долины Больших Озёр, ВГР – Восточно-Гобийская рифтогенная система, РСН – рифтоген Сунляо, АЗР – Амуро-Зейский рифтоген, АХР – Амуро-Ханкайский рифтоген, САО – Сихотэ-Алинский ороген, ОМР – Охотоморский рифтоген, ЯМР – Япономорский рифтоген, ХСО – Хоккайдо-Сахалинский ороген, ККО – Курило-Камчатский ороген

дефляцией. Она практически полностью обнажена и является представительным полигоном для изучения голоценовой активизации.

Объемная информация по строению этой структуры и проявленному в ней гидрогенному урановому рудогенезу была получена автором в ходе поисков на уран в Восточной Гоби (1988–1991 гг., 1997–2010 гг.) и при поисковом сопровождении групповой геологической съемки масштаба 1 : 50 000, проводившейся на западе МНР в 1991–1992 гг. Результаты анализа этой исходной информации, проведенного с учетом сводной работы по урану Монголии Ю. Б. Миронова [16], были представлены в работах [7–9]. Здесь внимание акцентировано на неучтенных ранее *пострудных трансформациях*, связанных с голоценовой активизацией структуры Монгольской Гоби.

Эта структура испытала достаточно сложную и напряженную эволюцию. В *юрско-меловое время*, с началом раннемезозойского рит-

ма глобального расширения, основная ее часть была занята системой сочлененных рифтогенных впадин, накопивших осадочный чехол мощностью до 1–3 км. Рифтогены были заложены на эродированном субстрате байкальско-герцинского Центрально-Азиатского подвижного пояса. В это время здесь получили развитие гигантские формы флоры и фауны. Их появление обусловлено, по-видимому, общим снижением силы тяжести на поверхности Земли при переходе ее в ритм расширения. Масштаб этого расширения, судя по размерам суперплюмов, был весьма значительным.

В препарированных голоценовой эрозией нижнемеловых осадках гобийских впадин известны многочисленные местонахождения динозавров, исследованные И. А. Ефремовым в его легендарных экспедициях. Фосфатизированные скелеты динозавров, выведенные голоценовой эрозией на поверхность, часто обогащены ураном. Связанные

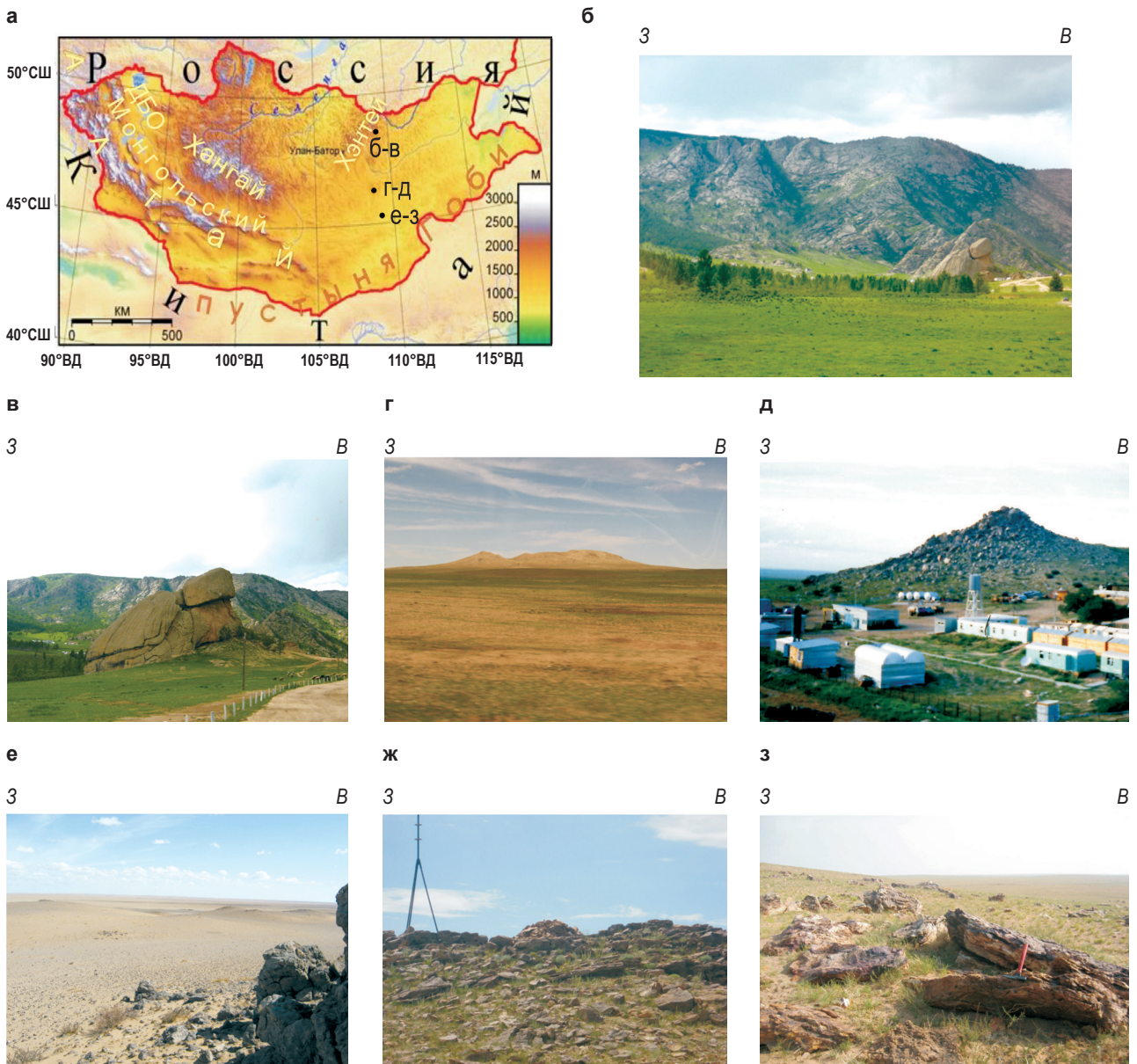


Рис. 2. Голоценовая структура Монголии

а – Карта современного рельефа Монголии; б – взброшенный в голоцене Хэнтейский блок с северным бортом Нылгинской впадины на переднем плане; в – экзотический предголоценовый эрозионный останец Черепаха; г – эрозионный рельеф Чойренской впадины. На дальнем плане, на восточном борту впадины – взброшенная в голоцене структура горы Чойр; д – гора Харат – взброшенный в голоцене блок фундамента в центре восточного борта Чойренской впадины (фото автора, 1997 г.); е-з – Улан-Нурская впадина (фото автора, 2010 г.); е – эрозионный рельеф впадины. Вид с южного, активизированного в голоцене борта; ж, з – взброшенный в голоцене, препарированный эрозией блок аргиллизированных юрских осадков на западе впадины. Вид с юго-востока. На переднем плане, на эродированной поверхности нижнемеловых отложений – элювиальные развалы обломков окремненных стволов юрских(?) деревьев

с ними радиоактивные аномалии хорошо выделяются аэро- и автогамма-спектрометрией.

В позднем мелу, с началом мел-палеоценового ритма сжатия здесь активизировался орогенез, развивавшийся в магматогенном режиме на фоне аридизации климата. Это нашло отражение в обогащении позднемеловых осадков пестроцветными разностями, в появлении в них вулканогенной составляющей, в синхронном развитии вулканоструктур. Популяция динозавров в это время (в связи с изменением среды обитания) деградирует и мигрирует к востоку. Скелет

самого молодого ее представителя был обнаружен в осадках маастрихта, сохранившихся от эрозии в локальном просаженном блоке на взброшенном в голоцене восточном борту реликтовой структуры Амуро-Зейской впадины [3].

Палеоген-плейстоценовая история гобийской структуры не оставила выраженных следов. Они были в значительной мере сняты голоценовой эрозией. Можно лишь предположить, что седиментация продолжалась в это время на локальных участках до олигоцена, в условиях аридного климата. Контуры меловых впадин к этому

времени значительно сократились. С неогена здесь длительное время доминировала дефляционная эрозия. Был эродирован и фундамент на их обрамлении. На нем сформировался сглаженный дефляцией рельеф, с невысокими (до 10 м) превышениями. Водонасыщенный осадочный чехол рифтогенов был в это время раскрыт для окислительного эпигенеза. В сероцветных угленосных меловых осадках на фронте эрозии развивались зоны поверхностного и пластового окисления с урановыми рудообразующими системами на их выклинивании.

В ходе *плиоцен-плейстоценовой* мантийной активизации, захватившей восточную окраину Азии и структуру АГПП до Забайкалья, значительная часть рифтогенов Монгольской Гоби была перекрыта платобазальтами. В них на завершающей фазе этой активизации получил развитие очаговый аргиллизитовый метасоматоз. Его следы наблюдались автором в Чойренской и Улан-Нурской впадинах. Окислительный эпигенез в это время, по-видимому, снизил свою активность.

В *голоцене*, когда во всей структуре Альпийско-Гималайского пояса активизировался орогенез, структура Монгольской Гоби была взброшена. На юго-западе и на севере (у границы с Алтаем и Тибетом) амплитуда взброса достигла 2 км. В это время в ходе взаимодействия разломов северной (широтной) и Гималайской ветвей АГПП была сформирована линейная структура Монгольского Алтая, с ее северо-западной ориентировкой и контрастным современным, неравновесным рельефом. Борты этого поднятия сейчас лишь слегка «припорошены» современным эоловым песком.

В голоцене были взброшены и активизированы структуры Хангая и Хэнтея (рис. 2, а, б), а на северо-западе Монгольского нагорья сформировалась система современных инверсионных впадин долины Больших Озёр и Хубсугула. В северную часть монгольской структуры с ее горно-таежными ландшафтами вложена сеть рек Кобдогол, Тола, Керулен и др.

В ходе голоценового орогенеза, когда все гобийские рифтогены, вместе с их жестким домезозойским фундаментом были взброшены, их осадки были вновь подвержены дефляции и дополнительно эродированы со срезом до 1 км, возможно, и более. Интенсивность их дефляционной эрозии сохраняется и в наше время. В Гоби во время сильных ураганов местными ветровыми потоками переносятся обломки размером до 1 см. Песчаная фракция сбрасывается с образованием барханов на юге Гоби и в пустыне Алашань (КНР). Лессовая же составляющая переносится верхними субширотными атмосферными потоками далее на восток со сбросом на барьере влажности в акватории Японского и Охотского морей [8].

Плиоцен-плейстоценовые платобазальты, перекрывавшие гобийские рифтогены, были эродированы в голоцене практически полностью. От них остались лишь редкие локальные останцы базальтовых вулканов и многочисленные россыпи

устойчивых к эрозии агатов, которые образовались при раскислении поверхностных базальтовых покровов. К востоку количество останцев платобазальтов увеличивается. Там, на границе с КНР, на поверхности Тамцагской впадины сохранилось от эрозии крупное базальтовое плато Дариганга с его голубыми агатами.

У многих гобийских рифтогенов выработанный голоценовой дефляцией корытообразный поперечный профиль, осложненный холмистыми формами. Дефляция развивается в них избирательно, в зависимости от состава их осадков, от характера и амплитуды их взбросов и от проработки их плейстоценовым гидротермальным метасоматозом. У бортов линейных, асимметричных по строению впадин (Чойренская, Улан-Нурская, Ульдзуйтинская) эрозией препарированы валунные паттумы подгорно-веерного шлейфа, трассирующие их крутые, контролируемые разломами борты. Эти паттумы более устойчивы к эрозии и выражены в рельефе положительными формами. В отличие от них центральные части впадин, сложенные более тонкими (рыхлыми) осадками, проработаны эрозией местами до уровня грунтовых вод. Они нередко заняты солончаками и солеными озерами.

Максимально была эродирована южная часть гобийской структуры, приближенная к Гималайской ветви. В ней на поверхности рифтогенов обнажены осадки нижнего мела. А в наиболее взброшенных блоках эрозией вскрыты и осадки юры. Одним из таких блоков на сочленении Улан-Нурской и Ундуршилинской впадин в районе уранового рудопроявления Хавчал (рис. 2, ж, з) выведены на поверхность юрские грубообломочные косослоистые крепкие песчаники. Они окварцованы и резко отличаются по облику от вмещающих этот блок рыхлых угленосных осадков верхнего мела. Эродированная поверхность верхнемеловых осадков на периферии этого взброшенного блока покрыта элювиальными развалами устойчивых к эрозии обломков окремненных стволов юрских и/или нижнемеловых деревьев диаметром до 4 м. Их источником является, очевидно, эродированная верхняя часть этого взброшенного блока.

На обрамлении рифтогенов получили развитие локальные голоценовые поднятия: взбросы фундамента амплитудой до сотен метров. Они контрастно выделяются на фоне сглаженного (доголоценового) рельефа (рис. 2, а, д). Были неоднородно взброшены в голоцене и структуры Хангая и Хэнтея.

Вместе с осадками гобийских впадин в голоцене были взброшены и эродированы и сформированные в них ранее *зоны уранового рудогенеза*, сформировавшего в них целый ряд месторождений (Харат, Хайрхан, Гурван-Сайхан и др.). Оруденение формировалось на выклинивании зон поверхностного и пластового окисления [7], развивавшихся на поступательно снижавшемся фронте эрозии (рис. 3) в течение достаточно длительного времени. Датировка начала этого рудогенеза

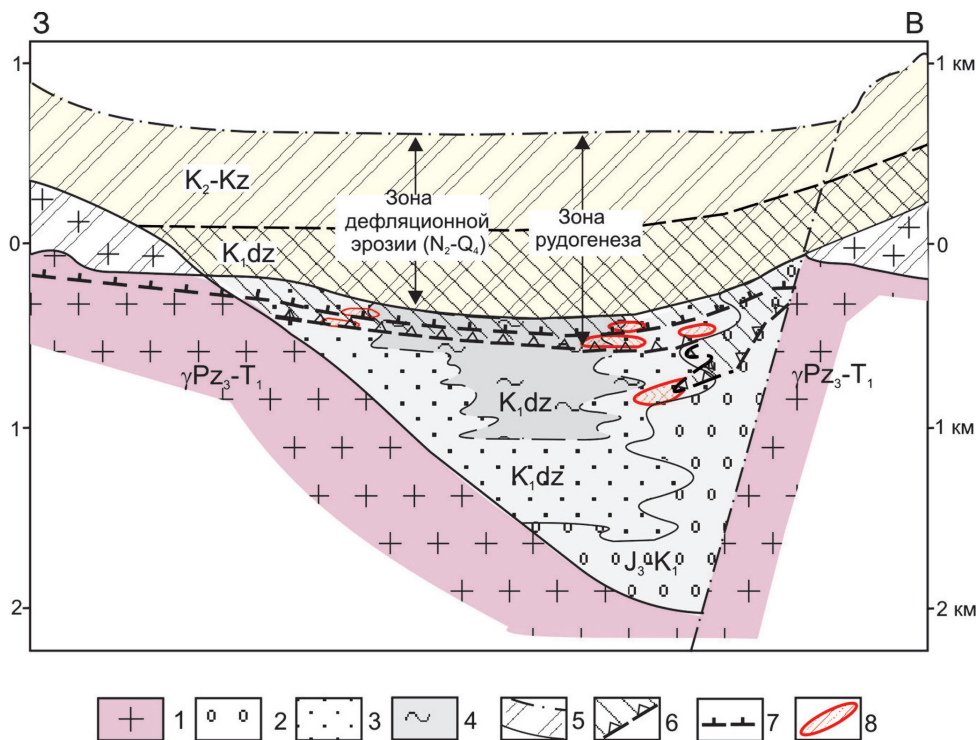


Рис. 3. Модель уранового рудогенеза в зоне поверхностного окисления на фронте площадной эрозии меловых впадин Восточной Гоби

1 – граниты фундамента; 2–4 – осадки в современном контуре впадины: 2 – пестроцветные паттумы; 3 – песчано-гравийные отложения; 4 – глины; 5 – зона эрозии; 6 – зона рудогенеза; 7 – нижняя граница зоны поверхностного и пластового окисления; 8 – рудные тела. По [6], с дополнением

осложнена здесь отсутствием надежных возрастных (геологических) реперов. Основной этап рудообразования приходится, по-видимому, на вторую половину плейстоцена, когда платобазальты были эродированы и впадины были максимально раскрыты для окислительного эпигенеза.

Голоценовый взброс гобийской структуры привел к тому, что во многих впадинах оруденение на выклинивании зон *поверхностного окисления* было выведено эрозией на поверхность. Это характерно для Чойренской, Хайрханской, Ульдзуйтинской, Гурван-Сайханской, Дзунбаинской, Улан-Нурской и других впадин. Это реликтовое оруденение – еще один индикатор голоценового взброса гобийских рифтогенов. При этом в глубине осадочного чехла, в зонах пластового окисления оруденение сохранено. Здесь окислительный рудогенез продолжается, фронт голоценовой эрозии дойдет до него еще не скоро.

Илийская протовпадина (рис. 4) в ее реконструированном контуре занимает территорию Северного Притяньшанья с центральной и южной частями Тянь-Шаня. На юго-западе эта структура ограничена Чу-Илийским поднятием, отделяющим ее от Чу-Сарысуйской впадины. А на северо-востоке поднятием Тарбогатая она отделена от Зайсанской впадины. Автор в 1974 г. в составе Волковской экспедиции проводил здесь поиски на уран с ориентировкой на месторождения зон пластового окисления.

В своем современном состоянии протовпадина представлена реликтовыми блоками, трансформированными голоценовой взбросо-сдвиговой тектоникой и эрозией. Самыми крупными являются блоки собственно Илийской, Алакольской, Кольджатской и Ой-Карагайской впадин. Выполнены они в основном сероцветными угленосными осадками юрского возраста, на которых с размывом залегают отложения верхнего мела и кайнозоя.

До неогена осадконакопление развивалось здесь в условиях преимущественно гумидного климата, после чего климат сменился аридным. Эта смена отмечена реликтами красноцветных осадков плиоцена в северном (Илийском) блоке. Аридизация сопровождалась локализацией и замыканием седиментационного бассейна протовпадины, раскрытием ее осадков для окислительного эпигенеза.

Первичный осадочный бассейн протовпадины распространялся, по-видимому, значительно севернее современного Балхаша. На юг же ее контур может быть продлен на территорию КНР с включением в нее реликтовых блоков юрских осадков с урановыми месторождениями Мынчукур и Талды, а также впадины Такла-Макан (Тарим). Крупная субширотная структура этой реликтовой впадины сжата голоценовыми орогенами Тянь-Шаня, Памира и Тибета, взброшена и выработана эрозией. Она имеет отметки поверхности до 2000 м в прибортовых частях, снижающиеся до 1000–800 м в центре.

В ходе *голоценовой активизации* ороген Тянь-Шань был взброшен с амплитудой до 5 км, нарастив свою субширотную структуру к северу, югу, востоку и западу. Прото-Илийская впадина была взброшена, разделена на отдельные блоки и эродирована. Северная ее часть была взброшена вместе с крупным блоком ее фундамента. Из-за жесткости этого блока голоценовые деформации слабо затронули осадки Илийского блока.

Северная граница протовпадины сместилась в результате ее эрозии к югу, за дуговой разлом с вложенным в него оз. Балхаш. Эрозией на Илийском блоке сформировался равнинный рельеф (абс. отм. поверхности – 350 м), сменяющийся к предгорьям Тянь-Шаня ступенчато-холмистым, с отметками до 800–1000 м. В блок Илийской впадины врезаются сейчас реки Или, Каратал, Лепсы, Аксу и Аягуз, размывая ее осадки с выносом материала в Балхаш. Это озеро представляет собой современную инверсионную впадину, вложенную в голоценовый дуговой разлом. По данным Г. Н. Бордовской [4], оно возникло около 12 тыс. лет назад. Время его заложения, с небольшой поправкой, соответствует началу голоценовой активизации.

Центральная часть протовпадины представлена *Кольджатским* и *Ой-Карагайским* блоками, которые трактуются как самостоятельные структуры – межгорные впадины. Но эти блоки имеют тектонические ограничения, а юрские осадки (основная составляющая их разреза) это – преимущественно тонкообломочные сероцветные образования с мощными пластами бурого угля. Такие осадки не характерны для межгорных впадин с активной динамикой их седиментации. У них по определению должен быть более дифференцированный, преимущественно грубообломочный осадочный разрез. Для угленакопительных ландшафтов, сформировавших основную часть разреза этих впадин, нужна спокойная гидродинамика *равнинных* территорий. Перекрывающие юру отложения мела и кайнозоя представлены также в основном тонкообломочными разностями.

С плиоцена, когда в условиях резкого наращивания аридизации мезозойский осадочный разрез протовпадины раскрылся для окислительного эпигенеза, в юрских угленосных осадках сформировались зоны пластового окисления с урановым оруденением на выклинивании. Формирование ураноносных ЗПО в связи с более ранними перерывами в осадконакоплении маловероятно, поскольку во время этих перерывов доминировал гумидный климат, неблагоприятный для рудогенеза.

В ходе голоценовой активизации осадки протовпадины вместе с ЗПО были деформированы взбросовой тектоникой и эрозией. В Кольджатском и Ой-Карагайском блоках сохранились от эрозии их реликты с урановыми месторождениями *Кольджат* и *Ой-Карагай*. А в Илийском блоке сохранился реликт ЗПО с оруденением Нижнеилийского месторождения.

Ситуацию по *Кольджатскому* месторождению иллюстрирует рис. 4, б, заимствованный из моно-

графии Я. М. Кислякова и В. Н. Щеточкина [6]. Абс. отм. эрозионной поверхности вмещающих это месторождение осадков – 1000–1500 м. Эта поверхность просажена по отношению к более поднятым блокам домезозойского фундамента на 1–2 км. Осадки позднего мезозоя и кайнозоя местами полностью сняты эрозией.

Месторождение *Ой-Карагай* локализовано в более эродированном блоке меньших размеров, взброшенном значительно выше Кольджатского блока. Этот блок целиком сложен угленосной юрой. Отложения мела и кайнозоя, перекрывавшие юрские осадки, эродированы в нем полностью. Поверхность этого блока имеет абс. отм. 2–2,5 км, а отметки поверхности фундамента на его обрамлении достигают 4–5 км.

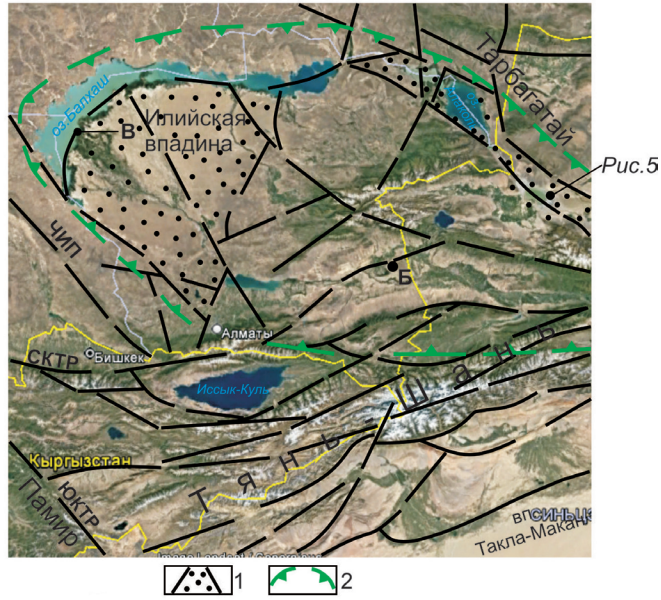
В Илийском блоке, в дельте р. Или работами Волковской экспедиции в 1970-е годы было разведано Нижнеилийское месторождение урана [16] (см. рис. 4, в). Здесь ситуация существенно отличается от центра протовпадины. Мощность осадочного разреза здесь намного меньше, чем на Кольджатском блоке. Значительная часть осадков юры с перекрывавшими ее отложениями была здесь эродирована, вероятно, еще до плиоцена. Юрские угленосные осадки с разрывом перекрыты плиоценовыми известковистыми красноцветными глинами. Оруденение этого месторождения сформировано зоной пластового окисления, развивавшейся в плиоцене–плейстоцене синхронно с зоной поверхностного окисления.

В голоцене осадки Илийского блока вместе с зонами окисления и урановым оруденением на их выклинивании были взброшены, деформированы и эродированы. В районе месторождения они перекрыты голоценовыми золотыми песками и осадками синхронно развивающейся Илийской дельты.

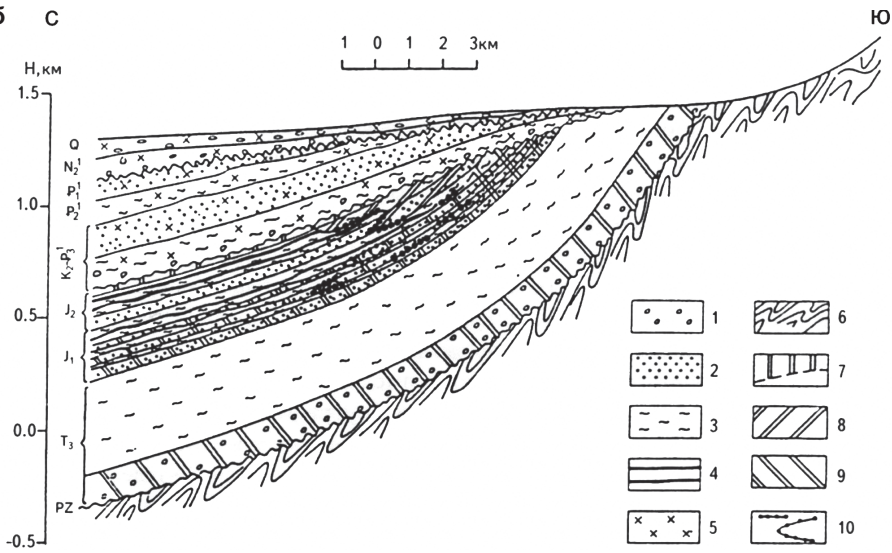
На востоке протовпадины сохранился от эрозии другой ее крупный реликт – блок *Алакольской впадины* (рис. 5, также рис. 4, а) [19]. Сложен он в основном юрскими угленосными осадками, с разрывом залегающими на отложениях триаса. На востоке тонкие осадки угленосной юры замещаются грубообломочными разностями. В центре и на западе впадины мощность юрского разреза составляет 1 км и более. Южнее, за Джунгарскими Воротами, в аналогичной структуре КНР мощность этих осадков достигает 2600 м.

В голоцене Алакольский блок был взброшен заметно выше, чем северный Илийский блок. Перекрывавшие юру осадки были на нем полностью эродированы. Северо-восточная его часть была срезана Западно-Тарбагатайским разломом с элементом надвига. Этот разлом развивался в предголоценовое время как конседиментационная структура, о чем свидетельствует прилегающий к нему шлейф грубообломочных осадков. Голоценовый взброс сопровождался активизацией глубинного флюидопотока с развитием карбонатизации в цементе юрских конгломератов. Это установлено автором при проведении там поискового бурения в 1974 г.

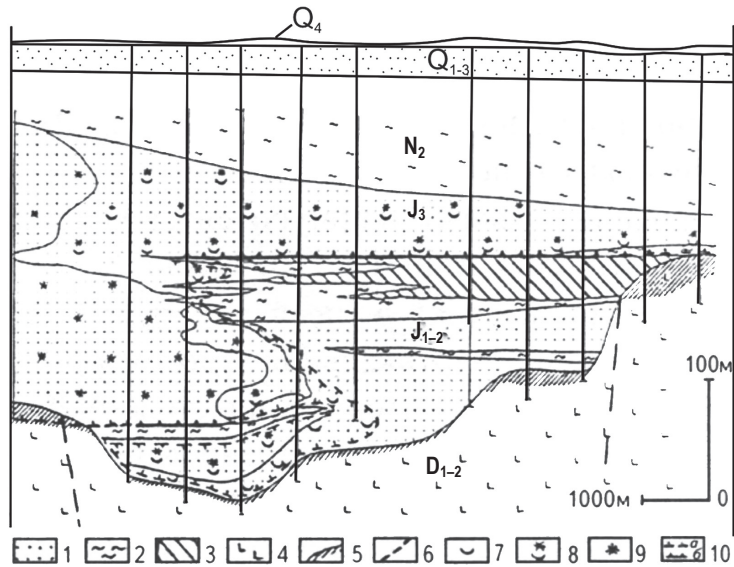
а



б



в



Центр Алакольской впадины, как во многих рифтогенах Монгольской Гоби, был выработан голоценовой дефляционной эрозией до уровня грунтовых вод. Здесь в нем образовано соленое озеро Алаколь с солончаками на периферии. Абс. отм. поверхности этого озера – 330 м. Они близки к отметкам поверхности Балхаша. Дефляции осадков Алакольского блока способствовала активная аэродинамика расположенной южнее линейной (голоценовой) морфоструктуры Джунгарских Ворот.

В 350 км западнее Прото-Илийской впадины в осевой части Тянь-Шаня расположено оз. **Иссык-Куль** с абс. отм. поверхности 1600 м (см. рис. 4, а). Оно представляет собой голоценовую инверсионную впадину, сформированную ЗПС системой широтного разлома, виргирующего в северо-западном направлении с выходом за пределы Тянь-Шаня, где он контролирует голоценовое поднятие Каратау (см. ниже). Здесь этот разлом наложен на взброшенный и эродированный в раннем голоцене блок рыхлых мезозойско-кайнозойских осадков более ранней впадины, что и способствовало развитию впадины Иссык-Куля. На берегах озера сохранились реликты доголоценовых осадков с памятниками неолита и бронзового века на их эродированной поверхности. Эти памятники – индикаторы голоценовых взбросовых перемещений. Судя по всему, контролирующий эту впадину разлом испытал неоднократную активизацию в голоцене и развивается до настоящего времени как активная структура.

По данным В. Г. Трифонова с соавторами [18], контролирующий южный борт Иссык-Кульской впадины разлом наклонен на юго-восток под углами 30–60° со сдвигом на 40–50 м. При этом он поднят на 10 м это – по сути надвиг. С этим активным разломом связан очаг *Сарыкамышского* землетрясения 1968 г. ($M = 6,8$). Реликтами взброшенных, эродированных в голоцене мезозойско-кайнозойских осадков, по данным региональной картографии [5], насыщена вся прилегающая к Иссык-Кулю часть Тянь-Шаня и Памира.

Впадина Иссык-Куля заполнена пресной и слабосоленой водой, обогащенной ураном с содержанием до $n \times 10^{-4}$ г/дм³, что на 1–3 порядка превышает его региональные фоновые концентрации в подземных водах. Его источником могут быть урановые накопления в мезозойско-кайнозойских осадках, аналогичные оруденению южных блоков Прото-Илийской впадины.

Голоценовые трансформации Чу-Сарысуйской и Сырдарьинской впадин (рис. 6). В Чу-Сарысуйской впадине автор в 1970–1973 гг. проводил поисковые и разведочные работы на гидрогенный уран в составе партии № 27 Волковской экспедиции. Этими работами после открытия месторождения Мынкудук была заложена основа уранового потенциала Казахстана. До голоценовой активизации эти впадины представляли собой единую, по всем признакам структуру, выполненную мезозойско-кайнозойскими осадками мощностью до 1 км и более. На рубеже плейстоцена–голоцена, после бомбардировки Земли потоком астероидов эта (Чу-Сырдарьинская) протовпадина была взброшена, разделена поднятием Каратау и эродирована. В Чу-Сарысуйском блоке астероидный поток оставил след в виде астроблемы Кызым-Чек (см. ниже).

Каратау представляет собой инверсионное поднятие, северо-западный отрог голоценовой орогенной системы Тянь-Шаня. Поднятие было взброшено по ЗПС системе Каратауских разломов. Юго-восточнее Южно-Каратауский разлом разделяет орогены Тянь-Шаня и Памира. На входе в Тянь-Шань Северо-Каратауский разлом изменяет ориентировку на широтную и контролирует впадину Иссык-Куля.

Поднятие Каратау с абс. отм. поверхности до 2000 м нерегулярно снижается к северо-западу. На всем своем 550-километровом протяжении его отличает контрастный, неравновесный рельеф. Современная активность Каратау обозначена высокой сейсмичностью контролирующих его разломов (см. рис. 1).

Поднятие сложено породами протерозоя, девона и карбона. Но на поверхности этого дислоцированного древнего субстрата встречаются и реликты взброшенных им в голоцене, эродированных, слаболитифицированных осадков юры. Самый известный из них – *юрское «озеро» Аулис* [20], осадки которого насыщены ископаемыми остатками. Это «озеро», по представлению автора, – фрагмент сравнительно локального прогиба нижней части разреза протовпадины. Восточнее (в Прото-Илийской впадине) они получили более широкое распространение.

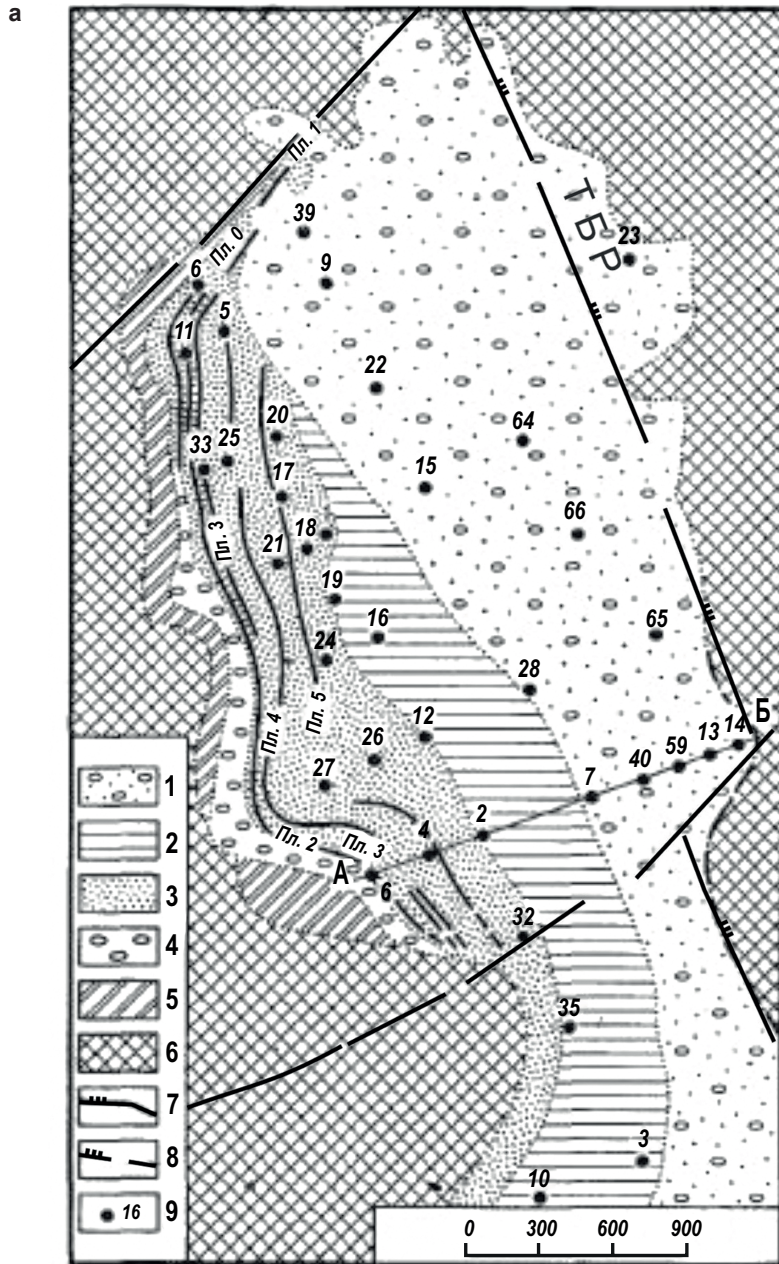
Обе разделенные Каратау впадины выполнены в основном сероцветными морскими и подводно-дельтовыми отложениями позднего мела – палеоцена мощностью до 1 км. Их хорошо проницаемый разрез перекрыт водоупором

Рис. 4. Голоценовые трансформации Илийской протовпадины

а – современное состояние протовпадины, космоснимок Google. Дешифрирование и реконструкция автора: 1 – реликтовые блоки мезозойско-кайнозойских осадков; 2 – реконструированный контур протовпадины. Сокращения: ЧИП – Чу-Илийское поднятие, СКТР – Северо-Каратауский разлом, ЮКТР – Южно-Каратауский разлом, ТБР – Тарбагатайский разлом

б – Реликтовый Кольджатский блок южной части протовпадины, разрез: 1 – конгломераты и гравелиты; 2 – пески и песчаники; 3 – глины; 4 – угли; 5 – первично красноцветные породы; 6 – породы домезозойского основания; 7 – зона древнего поверхностного окисления; 8, 9 – зоны грунтового, пластового окисления первого (8) и второго (9) этапов рудообразования; 10 – ураново-рудные залежи. По [6] с дополнением.

в – разрез северной части Илийской впадины в районе Нижне-Илийского месторождения: 1 – песчаники; 2 – глины и алевролиты; 3 – бурые угли; 4 – порфириды; 5 – домезозойская кора выветривания; 6 – разломы; 7–9 – грунтово-окисленные породы: 7 – желтые, 8 – желтые с реликтами красных гидроокислов железа, 9 – красные; 10 – границы грунтово-окисленных пород: а – безрудные, б – оруденелые. По [6]



б

По линии А-Б

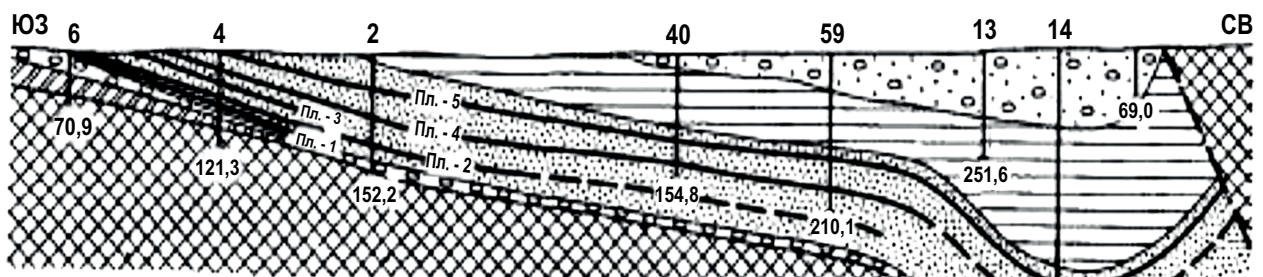


Рис. 5. Реликтовая структура Алакольской впадины, восточный фрагмент Прото-Илийской впадины. По [19], с дополнением а – геологическая карта впадины: 1 – песчано-конгломератовая (кусакская) свита (J_{1-2}), 2 – полосчатая свита (J_{1-2}), 3 – угленосная свита (J_{1-2}), 4 – конгломератовая свита (J_{1-2}), 5 – алевро-песчаная свита (T_3), 6 – выходы пород домезозойского фундамента, 7 – выходы угленосных пластов, 8 – разломы с направлением падения сместителя, 9 – скважины; б – разрез Пограничного участка угольного месторождения Алаколь по линии А-Б на рис. 5, а

эоценовых серо-зеленоцветных морских чеганских глин и алевроитов. А на них с размывом залегают эродированные с поверхности красноцветы позднего олигоцена – плейстоцена. Объединявшая их протовпадина была взброшена и эродирована, очевидно, еще в олигоцене–неогене и уже тогда

оказалась раскрытой для окисления. А в ходе голоценового орогенеза она была еще раз взброшена, разделена поднятием Каратау на две структуры и дополнительно эродирована.

На пологой поверхности Чу-Сарысуйской впадины (абс. отм. – 130–350 м), в ее северной части

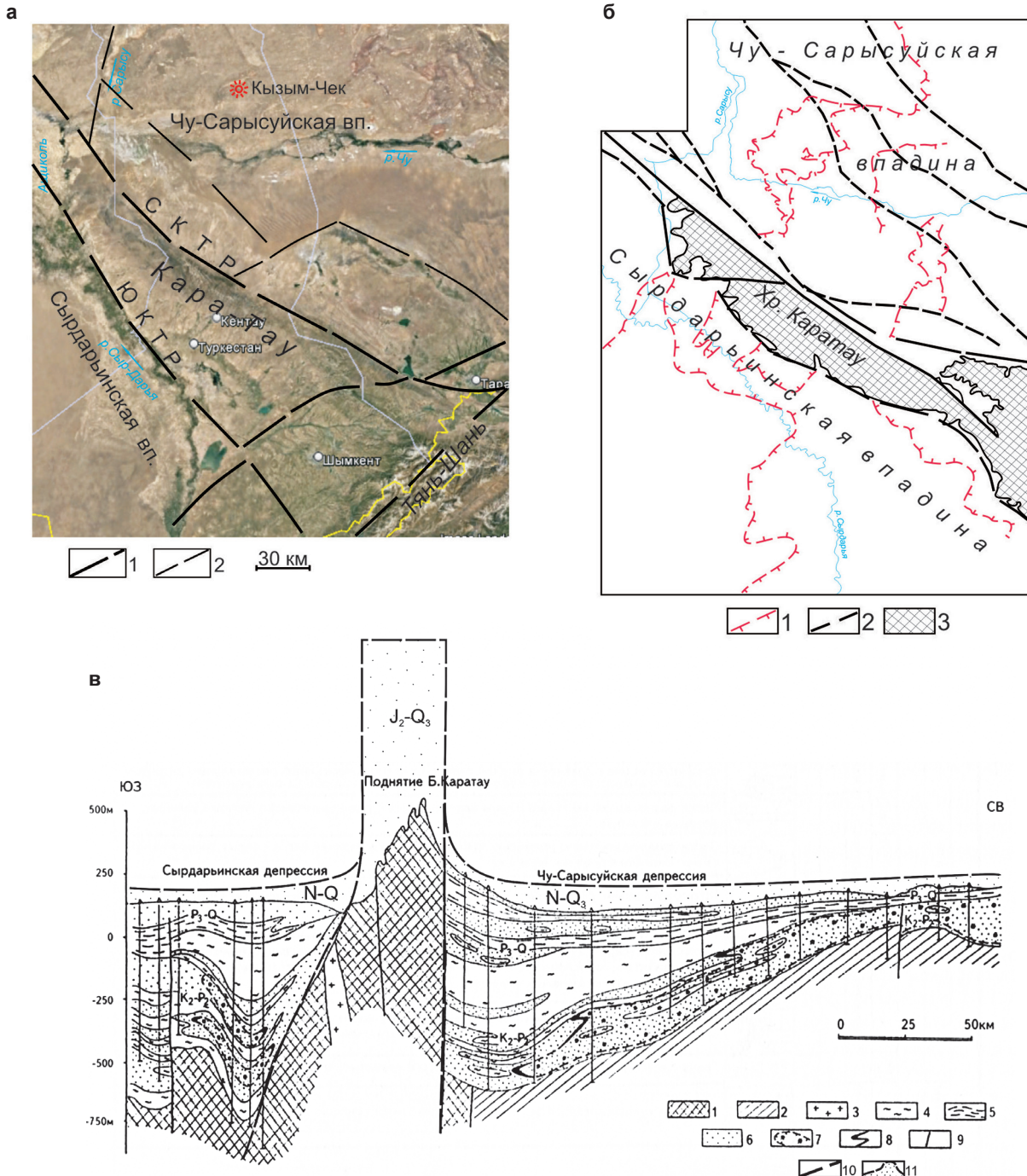


Рис. 6. Голоценовые деформации Чу-Сардыринской протопладины

а – позиция на снимке Google, дешифрирование автора: 1 – разломы: СКТР – Северо-Каратауский, ЮКТР – Южно-Каратауский, 2 – прочие разломы; б – схема ураноносности Чу-Сарысуйской и Сырдыринской впадины.

Современные контуры Чу-Сарысуйской и Сырдыринской впадин: 1 – линии выклинивания зон пластового окисления, 2 – разломы, 3 – поднятие Каратау [2]; в – модельный разрез через структуру Каратау (по [6], с дополнением): 1–3 – домезозойский фундамент: 1 – осадочные породы герцинского геосинклинально-складчатого комплекса, 2 – осадочные породы «промежуточного» комплекса, 3 – гранитоиды; 4–6 – мезозойско-кайнозойский чехол: 4 – глины, 5 – алевропелиты, 6 – пески; 7 – зоны пластового окисления; 8 – урановорудные роллы; 9 – разломы; 10 – разломы, контролирующие взброс Каратау; 11 – реконструкция взброшенного в голоцене поднятием Каратау осадочного чехла протопладины

в голоцене сформировалась лессовая пустыня *Бетпак-Дала*. В нее в голоцене вложены долины рек Чу и Сарысу. А на юге ее поверхность занята барханами пустыни Муюнкум. Вблизи Каратау, в районе уранового месторождения Канжуган, на поверхности барханов сохранились реликты памятников неолита, представленные кремневыми наконечниками стрел и копий. Это свидетельствует о голоценовом возрасте дефляционной эрозии.

Эродированная поверхность Сырдарьинской впадины (абс. отм. – 120–300 м) перекрыта барханными массивами пустынь Кызылкум, Приаралья, Арыскуп, такырами и солончаками. В эту впадину врезается долина Сырдарьи, берущая начало в реликтовой структуре Ферганской впадины (см. ниже).

Взброшенные Каратау осадки протоплотины были практически полностью сняты с его апикальной части в ходе голоценовой эрозии. Величина амплитуды взброса этого поднятия, судя по мощности осадков современных структур впадин и современным отметкам поверхности Каратау, достигала 3 км.

ЗПО начали формироваться в хорошо пронизываемых горизонтах ее осадочного чехла инфильтрационным потоком, развивавшимся (как и в прото-Илийской впадине) со стороны Тянь-Шаня и Памира, вероятно, еще с неогена. Оба орогена судя по всему были тогда слабо выражены в рельефе. Длительностью развития ЗПО и объясняется масштабность сформированного на их выклинивании уран-полиэлементного оруденения. В голоцене резкий взброс Тянь-Шаня и Памира активизировал гидродинамику обеих впадин с развитием в их водоносном чехле аномально высокого пластового давления. Это обозначено проявлением самоизлива в гидрогеологических скважинах обеих впадин.

Скорость продвижения ЗПО после активизации обоих орогенов резко возросла, чем можно объяснить удаленность выклинивания зон окисления на сотни километров от их гидрогеологических массивов. Наиболее удалены при этом линии выклинивания в нижней, самой пронизываемой части разреза. Но при этом все ЗПО с рудными залежами на их выклинивании были *разрезаны* поднятием Каратау (рис. 6, б). Его взброс сопровождается развитием от него лишь *зачаточных* зон голоценового пластового окисления.

Развитию со стороны Каратау масштабных рудносных ЗПО не способствовала дискордантная позиция его структуры по отношению к фациальному профилю обеих впадин. Их пронизываемые горизонты были запечатаны Каратау. К тому же в ограничивающих поднятие разломах, как и во всех разломах голоценовой орогенной системы АГПП, активизировались восходящие (восстановительные) флюидопотоки [15]. Они дополнительно блокировали поступление кислорода на глубину. Об этом в частности свидетельствует развитие карбонатизации на востоке Сырдарьинской впадины, на месторождении Лунном. Главное то, что для формирования этими ЗПО оруденения времени голоцена не хватило.

В центре Чу-Сарысуиской впадины расположена упомянутая выше **астроблема Кызым-Чек** (рис. 7). С ней автор познакомился в 1970–1973 гг. при проведении в Чу-Сарысуиской впадине поисков на уран. В то время кольцевая структура Кызым-Чек (внешний диаметр около 10 км) воспринималась как феномен, структурная экзотика. Представленная Н. М. Радюкевичем (сотрудником Института Карпинского) мотивировка астероидной ее природы выглядела тогда неубедительной. Более обстоятельная модель этой неординарной структуры была разработана автором этой статьи много позднее, после изучения астроблем Намибии [10].

Кратер Кызым-Чек диаметром около 2 км покрыт современным такыром; 250-метровой скважиной, заложенной автором в центре кратера, под глинами такыра была вскрыта загипсованная в верхней части «мешанина» из обрывков рыхлых, разновозрастных осадков Чу-Сарысуиской впадины. Это специфическая разновидность импактитов. Наличие гипса можно объяснить гидрокарбонатно-сульфатным составом подземных вод впадины и действующим в условиях аридного климата Бетпак-Далы испарительным эффектом.

В результате реактивной отдачи коры на удар астероида на поверхность было выведено обрамляющее кратер сегментированное кольцо красноцветов пермо-карбона – фундамента Чу-Сарысуиской впадины. Это кольцо прорвало 600-метровый чехол ее рыхлых обводненных осадков. Отдача мишени-коры на удар астероида была усилена здесь несжимаемостью обводненного осадочного чехла впадины.

Препарированное эрозией кольцо красноцветов возвышается над спланированной в голоцене поверхностью впадины на 50 м. На нем сохранились белые известковистые травертины, сформированные активизированным при взбросе красноцветов глубинным флюидопотоком. Эрозия не успела еще до конца разрушить это неустойчивое в поверхностных условиях образование. А на периферии астроблемы, под экраном эоценовых чеганских глин, этим же флюидопотоком образована наложенная на базальный слой чеганской толщи, выдержанная на десятки километры плита карбонатных гравелитов мощностью 20–40 см.

Значительная часть углекислоты активизированного флюидопотока растворилась в подземных водах под толщей чеганских глин, в хорошо пронизываемых осадках уванасского горизонта. Развитая в них зона пластового окисления была частично восстановлена. Следы этого восстановления были установлены автором при картировании эпигенетических изменений в рудном поле месторождения Уванас, расположенном в 5 км южнее астроблемы.

Размеры деформационной структуры Кызым-Чек позволяют отнести ее к разряду крупных астроблем. Судя по характеру сегментации кольца красноцветов, сформировавший эту астроблему астероид имел северо-западный азимут падения. На глубине под «мешаниной» рыхлых

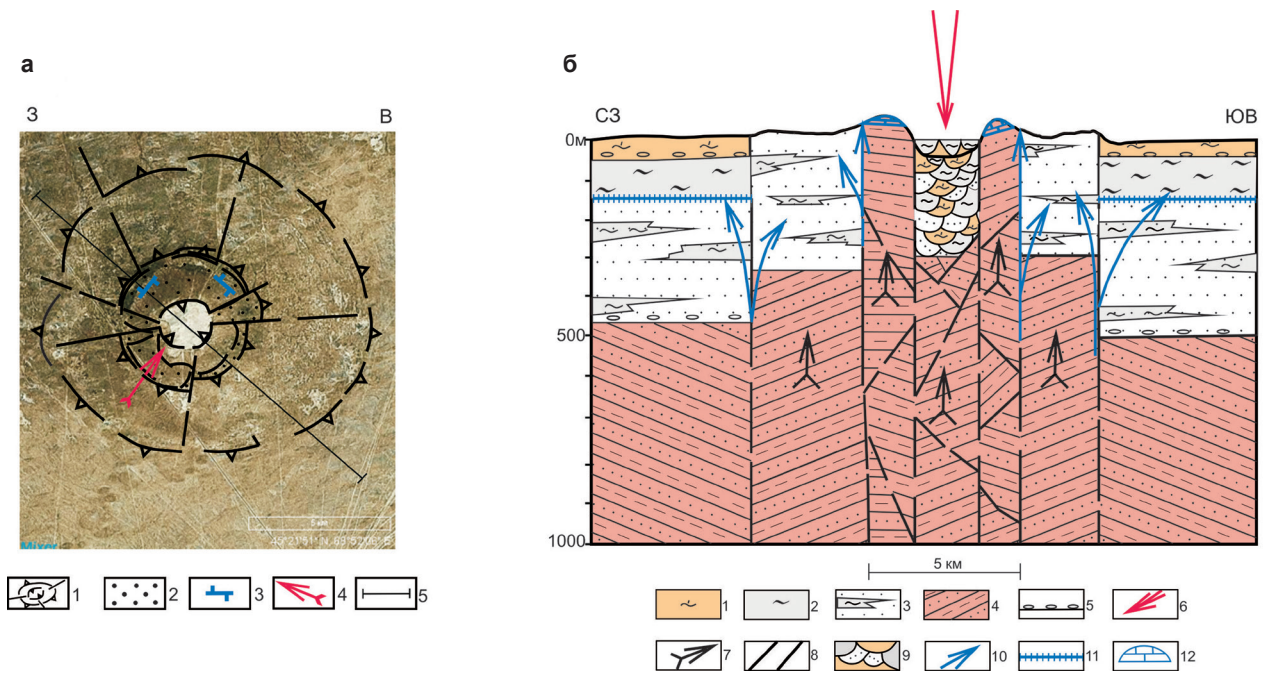


Рис. 7. Астроблема Кызым-Чек. Центр Чу-Сарысу́йской впадины [10]

а – общий вид астроблемы (снимок из «Geo Mixer»); 1 – кольцевая структура астроблемы; 2 – вскрытые эрозией выбитые блоки – сегменты кольца астроблемы, сложенные красноцветными песчаниками и алевролитами пермо-карбона; 3 – выходы травертинов на поверхности северного сегмента кольца красноцветов; 4 – направление удара астероида; 5 – линия модельного профиля (б).
 б – модель формирования астроблемы: 1–3 – осадочный чехол впадины: 1 – красноцветы олигоцен–миоцена, 2 – морские глины эоцена (чеганская свита), 3 – подводно-дельтовые осадки палеоцена; 4 – красноцветы фундамента впадины; 5 – поверхности несогласий; 6 – направление падения астероида; 7 – направление реактивной отдачи коры; 8 – разломы, сформированные при отдаче; 9 – «мешанинная» брекчия кайнозойских осадков внутри кратера; 10 – направление восходящего потока низкотемпературных углекислых растворов; 11 – карбонатная плита в базальном слое чеганских глин; 12 – поверхностные травертины

осадков кайнозоя и мела может находиться тело самого астероида.

Реликтовая структура Ферганской впадины (рис. 8) [1] – еще один индикатор голоценовой активизации Альпийско-Гималайского пояса. Расположена она в северной части Памира, в узде пересечения разломов Гималайская ветви АГПП с разломами основной (широтной) системы этого пояса. Ее осадки имеют тектонические ограничения. В. Г. Трифоновым [18] отмечено широкое развитие в структуре Памира сдвиг-надвиговых и взбросовых перемещений *плейстоценового* возраста. Но этот возраст явно завышен. При его определении не учитывался факт голоценовой активизации памирской структуры.

Домезозойский фундамент Ферганского блока вместе с его осадками был взброшен, деформирован сдвиговой тектоникой и вовлечен в эрозию. Породы фундамента на обрамлении впадины интенсивно дислоцированы, но эродированы слабо. Их, как и на Тянь-Шане, отличает контрастный, свежий, неравновесный рельеф. Впадина же в ее современном состоянии представляет собой реликтовый блок некогда более крупной структуры. До голоцена она, возможно, являлась частью протоструктуры, объединявшей Сырдарьинскую и Чу-Сарысу́йскую впадины и прослеживающейся к востоку, в пределы современного Тянь-Шаня.

Структура Ферганской впадины, обрамленная хребтами Памирского орогена с отметками

поверхности до 4–5 км и более, имеет субширотную ориентировку. На западе через узкий проход она открывается на Сырдарьинскую впадину. Ее реликтовая структура выполнена осадками преимущественно мелового, палеогенового и неогенового возраста, мощностью до 10 км в центральной части (рис. 8, в).

По сравнению с реликтовыми блоками Сырдарьинской и Чу-Сарысу́йской впадин блок Ферганской впадины менее эродирован – в нем сохранилась более значительная часть мел-палеогенового разреза. Ферганский блок защитили от эрозии хребты Памира, сложенные устойчивыми к ее воздействию породами фундамента. Немалую роль в сохранности его осадков сыграла и несжимаемость их мощного водонасыщенного чехла.

Правомерность выделения в нем плейстоценовых осадков вызывает сомнение, поскольку именно они должны быть эродированы при ее взбросе в первую очередь. Это скорее элювиально-делювиальные голоценовые образования, содержащие переотложенные в ходе голоценовой эрозии спорово-пыльцевые комплексы плейстоцена. Во впадинах, расположенных севернее, осадки плейстоцена и неогена полностью сняты эрозией.

Поверхность Ферганской впадины отличает характерная для всех реликтовых мезозойско-кайнозойских рифтогенов аридной зоны АГПП вогнутая форма – результат избирательной голоценовой

эрозии ее осадков. В центре и на юго-западе она имеет отметки около 400 м, а к востоку и к бортам они повышаются до 1 км. Трехкилометровый перепад отметок поверхности впадины относительно ее обрамления – дополнительное свидетельство молодости ее взброса и масштабности ее голоценовой эрозии. Седиментогенез развивается в ней лишь по долине Сырдарьи и ее притоков и носит локальный характер. Эта речная система работает в основном на вынос ее осадков в Арал.

Борта Ферганской впадины были сорваны при взбросе по Северо-Ферганскому и Южно-Ферганскому разломам и нарушены взбросо-сдвиговыми и надвиговыми дислокациями (рис. 8, а, б). Сырдарья прижата к северному (правому) борту впадины, где на ее осадки по шву Северо-Ферганского разлома надвинуты породы фундамента. В результате этого голоценового надвига западная часть впадины была сужена, для Сырдарьи оставлен лишь узкий проход. Аналогичная система надвигов сформирована и Южно-Ферганским разломом.

В меловых осадках впадины локализованы многочисленные нефтяные и газовые месторождения. Их залежи были, по-видимому, перераспределены в ходе голоценовой активизации. Индикатором этого перераспределения является река Майли-Су (Масляная река, в переводе с киргизского). Ее воды несут жидкие битумы. Эта река, восточный приток Сырдарьи, «пропиливает» одну из надвиговых чешуй фундамента впадины, образованную правым взбросо-сдвигом по Южно-Караускому разлому. Система этих чешуй надвинута на палеогеновые осадки Ферганской впадины.

Долиной Майли-Су вскрыты известняки палеогена. В них голоценовой эрозией выведено на поверхность гидротермальное урановое оруденение месторождения Майлису – одного из первых урановых месторождений СССР [17]. Его разработка завершилась к 1968 г. Оруденение представлено оксидами урана, коффинитом и ураносодержащими (твердыми) битумами. В поверхностной зоне получила развитие вторичная урановая (слюдковая) минерализация, находки которой и послужили началом для организации поисково-разведочных работ на этом месторождении. Голоценовая активизация была наложена на его оруденение с формированием системы открытых трещин, заполненных жидким битумом. А севернее, в долине р. Нарин эрозией вскрыто аналогичное по характеру месторождение Майлисай.

Мезозойско-кайнозойские впадины окраинно-континентальной структуры (ОКС) Востока Азии. Исследования этой ОКС, формируемой взаимодействующими системами Тихоокеанского и Альпийско-Гималайского подвижных поясов, проводятся автором начиная с 1974 г. в ходе прогнозно-поисковых работ на уран, а с 2001 г. изучается ее новейшая тектоника и сейсмоструктоника. Результаты по этим работам отражены в двух диссертациях с более, чем 100 публикаций. Эта ОКС использована в качестве полигона для разработки волновой модели структурирования континентальной коры, а в пос-

ледние годы – и полигона для изучения голоценовой активизации.

Проводившиеся здесь с 1950-х годов поиски гидрогенных месторождений урана в рифтогенах мезозоя–кайнозоя, связанных с окислительным эпигенезом, оказались безрезультатными. Взятая в них за основу аналоговая прогнозно-поисковая модель, ориентированная на ситуации глубиной части континента, на месторождения Средней Азии и Казахстана, здесь не сработала. В этом разделе статьи внимание будет обращено на ряд особенностей, которые стали причиной поисковых неудач.

Все рифтогены Востока Азии – это такие же реликтовые, взброшенные и эродированные в ходе голоценовой активизации структуры. Но в отличие от рифтогенов глубинной части континента, все они до настоящего времени развиваются в условиях гумидного климата, непрерывно наращивая свой преимущественно сероцветный осадочный чехол. Они не раскрывались для окислительного эпигенеза до начала голоценовой активизации. Соответственно, не развивались здесь до голоцена и связанные с ним гидрогенные рудообразующие системы.

Резкая активизация голоценового орогенеза привела к эрозии мезозойско-кайнозойских впадин ОКС и они раскрылись с этого времени для окисления. Но из-за высокой скорости эрозии на ее фронте формируется лишь маломощная зона поверхностного окисления. Эрозия местами и опережает поверхностное окисление. Пластовые зоны окисления по этой причине здесь не формируются. При этом фоновое содержание урана в подземных водах рифтогенов ОКС характеризуется величиной $n \times 10^{-7}$ г/дм³, что практически исключает его накопление на восстановительном барьере, на нижней границе зоны окисления. Не способствуют здесь развитию ЗПО и активизированные в голоцене глубинные флюидопотоки с их восстановительной средой. В рифтогенах ОКС доминирует эксфильтрационный режим.

Отмеченные закономерности характерны для всех рифтогенных впадин российской части Востока Азии. Радиогидрохимические аномалии получили развитие в них лишь на локальных участках – в зонах плиоценового уранового рудогенеза и в палеодолинах, вложенных в специализированные на уран граниты. Эти особенности были отмечены автором в работах [9; 13].

В последнее время обозначилась некая тенденция к возврату к син- и диагенетическим моделям гидрогенного уранового рудогенеза. Предпосылки к этому имеются, казалось бы, и в ОКС. В пойменных осадках небольших рек, вложенных в выветрелые специализированные на уран калиевые граниты с высокой (до 90%) долей подвижного урана, действительно встречаются локальные концентрации урана. Примером служит аномалия (до 0.п%U) в черных илистых осадках поймы р. Ягдынья на Буреинском массиве [9]. Но и эта, и все другие реки Евразии – это голоцено-

вые реки. Их молодая гидродинамика изменчива, они мигрируют по речным долинам, постоянно перераспределяя их осадки с разубоживанием таких накоплений. Они по определению не способны сформировать за короткий отрезок голоцена значимых концентраций гидрогенного урана.

Однако само наличие таких накоплений свидетельствует о потенциальной способности специализированных гранитов мобилизовать и перераспределять уран, значительная доля которого находится в подвижной форме. Об этом свидетельствует наличие аномальных концентраций урана, формируемых в нисходящем потоке трещинно-инфильтрационных систем в специализированных гранитах на восстановительном барьере у зеркала грунтовых вод. В Синегорской РМС на Куйбышевском массиве лейкогранитов силура этой инфильтрационной системой сформировано Вассиановское рудопроявление с символическими запасами урана, разведанное Октябрьской экспедицией 1-го Главка бурением и штольневым горизонтом в 1950-е годы. Автором на основе этого рудопроявления разработана модель трещинно-инфильтрационной рудообразующей системы [8]. Признаком возможности мобилизовать и перераспределять уран с формированием его гидрогенных концентраций являются и так называемые «мочажинные» аномалии, широко распространенные на поверхности гранитов, на Буреинском и Ханкайском массивах.

В этой связи определенный поисковый интерес могут представлять реликтовые новейшие палеодолины, вложенные в специализированные на уран калиевые граниты Ханкайского и Буреинского массивов [13]. Концентрированным инфильтрационным потоком в их сероцветном осадочном чехле при достаточной его мощности в голоцене могут формироваться рудные концентрации Витимского типа.

Заключение. Представленные в статье рифтогенные структуры Альпийско-Гималайского и Тихоокеанского поясов объединяет масштабность их трансформаций голоценовой тектоники и эрозией. Но при этом впадины южной части АГПП в глубинной части континента и впадины в ОКС Востока Азии формировались по разным сценариям, определившим разную компетентность их осадочного разреза по отношению к окислительному эпигенезу и гидрогенному урановому рудогенезу.

Рифтогены глубинной части континента формировались в условиях гумидного климата с триаса и юры до олигоцена–плиоцена. В это время там действовала единая региональная система сочлененных аллювиально-озерных и локальных морских бассейнов, заполняемых преимущественно сероцветными осадками мощностью до многих километров. С олигоцена–неогена здесь началась эпоха аридизации. Часть впадин была выведена из седиментогенеза, а затем перекрыта плащом красноцветных осадков. Сероцветы нижней части разреза рифтогенов были раскрыты для окис-

лительного эпигенеза. В них на фронте эрозии развивались зоны поверхностного и пластового окисления с уран-полиэлементными рудообразующими системами.

В ходе голоценового орогенеза все рифтогены этой части АГПП вместе с действовавшими в них зонами рудогенеза были взброшены, трансформированы сдвиг-надвиговой тектоникой и подвержены эрозии со срезом до 1 км и более. Максимальные трансформации испытали те впадины, на которые наложены орогены Тянь-Шаня и Памира. Это Прото-Илийская впадина, Прото-Чу-Сырдарьинская и Ферганская впадины.

В эту голоценовую орогенную систему вложена конформная ее внутренней структуре речная сеть. Реки активно размывают рыхлые осадки ее реликтовых впадин с выносом материала в современные седиментационные бассейны Арала и Балхаша.

Вместе с этими рифтогенами были трансформированы сдвиг-надвиговой тектоникой и действовавшие в них зоны уранового рудогенеза. После голоценовых трансформаций Прото-Илийской впадины залежи гидрогенного урана сохранились в ее реликтовых Кольджатском, Ой-Карагайском и Илийском блоках.

На восточном борту Ферганской впадины под надвиговыми пластинами речными долинами вскрыты осадки палеогена с гидротермальным уран-битумным оруденением месторождений Майлису и Майлисай. Мел-палеогеновый разрез самой впадины насыщен проявлениями нефти и газа. Их залежи были, по-видимому, активизированы в голоцене, о чем свидетельствуют жидкие битумы р. Майли-Су и одноименного месторождения.

Впадины, расположенные к северу от Памира и Тянь-Шаня (Сырдарьинская, Чу-Сарысуйская), были взброшены и эродированы в голоцене со срезом, не превышающем первые сотни метров. Их единая ранее структура была разорвана поднятием Каратау, разделившим при этом и сформированную в ней систему неоген-плейстоценовых ЗПО с залежами гидрогенного урана. Поднятие сохранило свою активность до настоящего времени, что отмечено его высокой сейсмичностью.

Взброс Каратау был, по-видимому, спровоцирован ударом астероида, сформировавшим астроблему Кызым-Чек в центре Чу-Сарысуйской впадины. Этот астероид был частью астероидного потока, бомбардировавшего Землю на рубеже плейстоцена–голоцена.

Мезозойско-кайнозойские рифтогены Монгольской Гоби формировались в близких условиях. К началу голоценовой активизации их структуры, вместе с объединяющим ее блоком домезозойского фундамента, уже были взброшены и подвержены эрозии с формированием сглаженного, равновесного рельефа. Они были раскрыты для окислительного эпигенеза в плиоцене–плейстоцене. В них зонами поверхностного и пластового окисления была сформирована многочисленная группа урановых месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

В голоцене структура Монголии была дополнительно взброшена с образованием современного Монгольского нагорья и дополнительно эродирована. Система гобийских впадин была при этом взломана поднятием Монгольского Алтая и более мелкими поднятиями, нарушена приразломными (инверсионными) впадинами долины Больших Озёр и оз. Хубсугул. Были взброшены и прилегающие к нагорью с севера блоки Алтайского орогена, Хангая и Хэнтея.

На поверхности гобийских рифтогенов голоценовой дефляционной эрозией вскрыты юрские и меловые осадки. Было вскрыто эрозией и сформированное ранее урановое оруденение гобийских месторождений.

В ОКС Востока Азии в ходе взаимодействия разломов Тихоокеанского пояса с разломами Альпийско-Гималайского пояса сформировалась система впадин и палеодолин мелкайнзойского Сунляо-Амура-Зейского и новейшего Амура-Ханкайского рифтогенов. В отличие от рифтогенов глубинной части континента, развивались они до голоцена в устойчиво гумидных условиях, непрерывно наращивая свой сероцветный осадочный разрез. Окислительный эпигенез в этих условиях в них не развивался. Соответственно, не получил здесь развитие и экзогенный урановый рудогенез.

В голоцене вся структура ОКС также была активизирована в орогенном режиме. Все ее впадины и палеодолины были взброшены, деформированы сдвиговой тектоникой, выведены из седиментации, вовлечены в эрозию и раскрыты для окисления. Но голоценовая эрозия развивается здесь настолько быстро, что нередко опережает формирующуюся на ее фронте зону поверхностного окисления. Этому способствует плотная речная сеть ОКС, активно размывающая осадки рифтогенов с выносом материала в бассейны Охотского и Японского морей.

Формированию же пластовой зоны окисления в реликтовых рифтогенах ОКС препятствует недостаток времени голоцена. Не способствует развитию ЗПО и доминирующий в рифтогенах эксфильтрационный режим. Восходящие флюидопотоки, поступающие в их проницаемые сероцветные осадки из раскрытых разломов фундамента, блокируют развитие инфильтрации.

Развитию связанного с окислением гидрогенного рудогенеза не способствует здесь и низкая фоновая концентрация урана в подземных водах. Она повышается лишь в локальных обстановках – в палеодолинах, вложенных в специализированные на уран массивы.

Специфика развития мезозойско-кайнозойских рифтогенов рассмотренных регионов обозначает необходимость корректировки действующих сейчас прогнозно-поисковых моделей гидрогенных урановых месторождений. Они должны учитывать тот факт, что в своем современном виде все мезозойско-кайнозойские рифтогены – это реликтовые структуры, современное состояние которых в значительной мере определил характер голоценовой активизации.

1. Абидов А. А., Каломазов Р. У., Педдер Ю. Д. и др. Новая схема тектонического районирования Ферганской впадины / А. А. Абидов, Р. У. Каломазов, Ю. Г. Педдер, З. Д. Пшеничная, Ю. С. Юртаев, А. Х. Ходжиматов, А. Х. Рашидов, Б. А. Старокожев // Геология нефти и газа. – 1992. – № 11. – URL: geolib.ru/OilGasGeo/1992/11/Stat/stat04.html (дата обращения: 01.06.2023).

2. Берикболов Б. Р. и др. Уточнение методов локального прогнозирования и подготовки к поискам инфильтрационных месторождений урана в пределах ШУ-Сарысуйской и Сырдарьинской депрессий // Актуальные проблемы урановой промышленности. VI Международная научно-практическая конференция. – Алматы : Казахстан, 2010.

3. 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.

4. Бордовская Г. Н. Палеогеография озер Казахстана в голоцене (по палинологическим данным) // Четвертичный период: Методы исследования, стратиграфия и экология. Тез. VII Всесоюз. совещ. Т. I. – Таллин : Изд-во АН Эстонии, 1990. – С. 54–55.

5. Геологическая карта Кыргызской республики. Масштаб 1 : 500 000 / Ю. В. Жуков, И. Л. Захаров, А. В. Березанский, Р. М. Израилева; гл. ред. Б. Т. Турсунгазиев, О. В. Петров. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008.

6. Кисляков Я. М., Щеточкин В. Н. Гидрогенное рудообразование. – М. : ЗАО «Геоинформмарк», 2000. – 608 с.

7. Коковкин А. А. Модель экзогенного уранового рудогенеза в рифтогенах Монголии // Геология месторождений редких и радиоактивных элементов. – М. : ВИМС, 2000. – № 142. – С. 52–60.

8. Коковкин А. А. Кайнозойские экзогенные рудообразующие системы востока Азии // Отечественная геология. – 2005. – № 4. – С. 60–69.

9. Коковкин А. А. Геодинамическая модель кайнозойского этапа развития континентальной коры юга Дальнего Востока России и уран-полиэлементное рудообразование // Автореферат дис. д-ра геол.-минерал. наук. – М. : РИС ВИМС, 2007. – 50 с. – URL: <http://vak.ed.gov.ru/announcements/geomin/573/> (дата обращения: 01.06.2023).

10. 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.

11. 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.

12. Коковкин А. А. Намурхэ-Амурская система разломов в окраинно-континентальной структуре востока Азии // Отечественная геология. – 2019. – № 6. – С. 29–41.

13. Коковкин А. А. Специфика окислительного эпигенеза в окраинно-континентальной структуре юга Дальнего Востока России и перспективы региона на гидрогенный уран // Региональная геология и металлогения. – 2022. – № 90. – С. 42–57.

14. Коковкин А. А. Эволюционная модель новейшей структуры Амура-Ханкайского рифтогена: основные закономерности развития и роль голоценовых трансформаций // Региональная геология и металлогения. – 2022. – № 89. – С. 42–57.

15. Коковкин А. А. Феномен глобальной голоценовой активизации на примерах новейших структур вос-

тока Азии, Среднего Поволжья и Намибии: индикаторы, проблемные вопросы и природа явления // Вестник ДВО РАН. – 2023. – Т. 2. – С. 5–41.

16. Миронов Ю. Б. Уран Монголии. – 2-е изд. – СПб. : Анатолия, 2006. – 328 с.

17. Пятов Е. А. Стране был нужен уран. История геологоразведочных работ на уран в СССР / ред. д-р геол.-минерал. наук Г. А. Машковцев. – М. : ВИМС, 2005. – 246 с.

18. Трифонов В. Г., Соболева О. В., Трифонов Р. В. и др. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизийного пояса // Тр. ГИН РАН. Вып. 541. – М. : ГЕОС, 2002. – 225 с.

19. Тектоника месторождения Алколь. – URL: <https://industrial-wood.ru/geologiya-mestorozhdeniy-uglya/16046-tektonika-mestorozhdeniya-alkol.html> (дата обращения: 15.05.2023).

20. Nigmatova S. A. et al. Jurassic lake of karatau: The present state of the unique location of the fossil flora and fauna // Of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2017. – Vol. 3, no. 423. – Pp. 23.

REFERENCES

1. Abidov A. A., Kalomazov R. U., Pedder Yu. D. et al. Novaya skhema tektonicheskogo rayonirovaniya Ferganskoy vpadiny. *Geologiya nefti i gaza*, 1992, no. 11. URL: <http://geolib.ru/OilGasGeo/1992/11/Stat/stat04.html> (01.06.2023).

2. Berikbolov B. R. et al. Utochnenie metodov lokal'nogo prognozirovaniya i podgotovki k poiskam infil'tratsionnykh mestorozhdeniy urana v predelakh ShU-Sarysuyskoy i Syrdar'inskoy depressiy. *Aktual'nye problemy uranovoy promyshlennosti. VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. Almaty, Kazakhstan, 2010.

3. Bolotskiy Yu. L., Bugdaeva E. V., Markevich V. S. Dinozavry i sreda ikh obitaniya v kontse melovogo perioda (Zeysko-Bureinskiy basseyn, rossiyskiy Dal'niy Vostok). *Vestnik DVO RAN*, 2009, no. 4, pp. 73–82.

4. Bordovskaya G. N. Paleogeografiya ozer Kazakhstana v golotsene (po palinologicheskim dannym). *Chetvertichnyy period: Metody issledovaniya, stratigrafiya i ekologiya. Tez. VII Vsesoyuz. soveshch. T. I*. Tallin, Izd-vo AN Estonii, 1990, pp. 54–55.

5. Geologicheskaya karta Kyrgyzskoy respubliky. Mashtab 1 : 500 000 [Geological map of the Kyrgyz Republic. Scale 1 : 500 000]. Eds. by Yu. V. Zhukov, I. L. Zharov, A. V. Berezanskiy, R. M. Izraileva; Editors in chief B. T. Tursungaziev, O. V. Petrov. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2008.

6. Kislyakov Ya. M., Shchetochkin V. N. Gidrogennoe rudoobrazovanie. Moscow, ZAO «Geoinformmark», 2000, 608 p.

7. Kokovkin A. A. Model' ekzogennogo uranovogo rudoobrazovaniya v riftogenakh Mongolii. *Geologiya mestorozhdeniy redkikh i radioaktivnykh elementov*. Moscow, VIMS, 2000, no. 142, pp. 52–60.

8. Kokovkin A. A. Kaynozoyские ekzogennye rudoobrazuyushchie sistemy vostoka Azii. *Otechestvennaya geologiya*, 2005, no. 4, pp. 60–69.

9. Kokovkin A. A. Geodinamicheskaya model' kaynozoyского etapa razvitiya kontinental'noy kory yuga Dal'nego Vostoka Rossii i uran-polielementnoe rudoobrazovanie. Avtoreferat dis. dok.-ra geol.-mineral. nauk. Moscow, RIS VIMS, 2007, 50 p. URL: <http://vak.ed.gov.ru/announcements/geomin/573/> (01.06.2023).

10. Kokovkin A. A. Evolyutsiya noveyshey okrainno-kontinental'noy struktury Namibii i struktura-antipod Vostoka Azii. Opyt mezhdistsiplinarnogo issledovaniya na sinergeticheskoy osnove. Saratov, Privolzhskaya knizhnaya palata, 2014, 188 p.

11. Kokovkin A. A. Paradoksy golotsena i rol' neo-pleystotsen-golotsenovogo rubezha v razvitii Zemli. *Problemy tektoniki i geodinamiki zemnoy kory i mantii: Materialy tektonicheskogo soveshchaniya*. Moscow, 2018, vol. 1, pp. 287–291.

12. Kokovkin A. A. Namurkhe-Amurskaya sistema razlomov v okrainno-kontinental'noy strukture vostoka Azii. *Otechestvennaya geologiya*, 2019, no. 6, pp. 29–41.

13. Kokovkin A. A. Spetsifika oksiditel'nogo epigenez v okrainno-kontinental'noy strukture yuga Dal'nego Vostoka Rossii i perspektivy regiona na gidrogennyi uran. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2022, no. 90, pp. 42–57.

14. Kokovkin A. A. Evolyutsionnaya model' noveyshey struktury Amuro-Khankayskogo riftogena: osnovnye zakonomernosti razvitiya i rol' golotsenovykh transformatsiy. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2022, no. 89, pp. 42–57.

15. Kokovkin A. A. Fenomen global'noy golotsenovoy aktivizatsii na primerakh noveysikh struktur vostoka Azii, Srednego Povolzh'ya i Namibii: indikatory, problemnye voprosy i priroda yavleniya. *Vestnik DVO RAN*, 2023, vol. 2, pp. 5–41.

16. Mironov Yu. B. Uran Mongolii. 2-е изд. St. Petersburg, Anatoliya, 2006, 328 p.

17. Pyatov E. A. Strane byl nuzhen uran. Istoriya geologorazvedochnykh rabot na uran v SSSR. Et. d. g-m. G. A. Mashkovtsev. Moscow, VIMS, 2005, 246 p.

18. Trifonov V. G., Soboлева O. V., Trifonov R. V. et al. Sovremennaya geodinamika Al'piysko-Gimalayskogo kollizionnogo poyasa. *Tr. GIN RAN. Vol. 541*. Moscow, GEOS, 2002, 225 p.

19. Тектоника месторождения Алколь. – URL: <https://industrial-wood.ru/geologiya-mestorozhdeniy-uglya/16046-tektonika-mestorozhdeniya-alkol.html> (15.05.2023).

20. Nigmatova S. A. et al. Jurassic lake of karatau: The present state of the unique location of the fossil flora and fauna. Of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. *Series of geology and technical sciences*, 2017, vol. 3, no. 423, pp. 23

Кокковкин 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>