

---

---

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

---

---

УДК 550.312.523

EDN DMIFFB

DOI 10.29003/m4982.0514-7468.2025\_47\_4/472-490

## АСТРОБЛЕМЫ – ИНДИКАТОРЫ СТАРТА ГЛОБАЛЬНОЙ ГОЛОЦЕНОВОЙ АКТИВИЗАЦИИ

А.А. Коковкин\*

*Статья продолжает цикл работ автора по проблеме глобальной голоценовой активизации. Исследование выполнено на стыке геологии и метеоритики, в рамках модели пульсационно расширяющейся Земли. По этой модели Земля развивалась с позднего плейстоцена в ритме сжатия. На рубеже плейстоцен – голоцен она подверглась бомбардировке потоком крупных астероидов и сменила орбиту, сместившись ближе к Солнцу. Сжатие с этого времени резко усилилось, земная кора была активизирована с вспышкой континентального орогенеза, активизировалась глобальная трансгрессия. Астроблемы рассматриваются как составные части вмещающих геологических систем; они являются индикаторами старта голоценовой активизации. Приведены доказательства того, что большинство известных астроблем сформировано на рубеже плейстоцен – голоцен единым потоком астероидов. На примерах астроблем Южной Африки и Евразии исследованы их взаимосвязи с голоценовыми орогенными системами – с их тектоникой, вулканизмом, флюидодинамикой, речной сетью. Показано, что глобальная активизация существенным образом изменила природную среду. В результате на рубеже плейстоцен – голоцен начался «взрыв» человеческой цивилизации.*

**Ключевые слова:** астероид, астроблема, глобальная голоценовая активизация, орогенез, рифтогенез, сдвиговая тектоника, флюидодинамика, вулканизм, эрозия, абразия.

**Ссылка для цитирования:** Коковкин А.А. Астроблемы – индикаторы старта глобальной голоценовой активизации // Жизнь Земли. 2025. Т. 47, № 4. С. 472–490. DOI: 10.29003/m4982.0514-7468.2025\_47\_4/472-490.

Поступила 10.09.2025 / Принята к публикации 26.11.2025

---

\* Коковкин Александр Александрович – д-г-м.н, в.н.с., Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косягина ДВО РАН, kokovkin@itig.as.khb.ru, ORCID: 0000-0003-1735-1600.

## ASTROBLEMES AS INDICATORS OF THE HOLOCENE ACTIVATION ONSET

A.A. Kokovkin, Dr. Sci. (Geol.-Min.)

*Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Sciences*

*The article continues the author's series of publications on global Holocene activation. The research was carried out on the interface between geology and meteoritics within the context of the Earth pulsating expansion model, whereby the Earth began to evolve in a compression mode in the late Pleistocene. At the Pleistocene – Holocene boundary, the Earth was subjected to a massive pummeling of large asteroids and changed its orbit, moving closer to the Sun. From this time on, the compression increased sharply, crustal processes intensified causing an upsurge of continental orogeny, and global transgression intensified. Astroblemes are considered as constituents of the host geological systems. They are indicators of the onset of the Holocene activation. Evidence is presented of most of the known astroblemes being formed at the Pleistocene – Holocene boundary by a single stream of asteroids. Using astroblemes in South Africa and Eurasia as examples, their relationships were studied with Holocene orogenic systems – with their tectonics, volcanism, fluid dynamics, and drainage network. The global Holocene activation is shown to significantly change the natural environment, thereby triggering an unprecedented explosion in the development of human civilization.*

**Keywords:** *asteroid, astrobleme, global Holocene activation, orogeny, rifting, shear tectonics, fluid dynamics, volcanism, erosion, abrasion.*

**For citation:** Kokovkin, A.A., “Astroblemes as indicators of the Holocene activation onset”, *Zhizn Zemli [Life of the Earth]* 47, no 4, 472–490 (2025) (in Russ., abstr. in Engl.). DOI: 10.29003/m4982.0514-7468.2025\_47\_4/472-490.

**Введение в проблему.** Работа проведена на стыке геологии и метеоритики. Эффективность такого междисциплинарного подхода была продемонстрирована ранее при изучении других стыковых областей: тектоники с рудной геологией, с археологией, геоморфологией и спелеологией [1–3].

В качестве базисной модели использована разрабатываемая автором *модель пульсационно расширяющейся Земли* (далее *волновая модель*), развивающая пульсационную гипотезу Земли [5]. По этой модели Земля представляет собой *открытую, самоорганизующуюся, направленно развивающуюся систему, наращивающую структуру своих внешних оболочек в сложноорганизованном пульсационном режиме*. Подготовлена она для *мезозойско-кайнозойского* этапа, в течение которого Земля в общем виде сохранила структуру своей коры.

По волновой модели, начавшийся в позднем плейстоцене ритм сжатия был нарушен на рубеже плейстоцен – голоцен бомбардировкой Земли потоком крупных (диаметром до многих километров) астероидов. Сжатие после этого резко усилилось, началась глобальная активизация земной коры. На континентах произошла вспышка орогенеза с взбросо-сдвиговой тектоникой и сейсмотектоникой, эрозией и абразией, активизировался вулканизм, перестроилась речная сеть. Сжатие суперплюмов сопровождается до настоящего времени наращиванием глубины океанов с активной трансгрессией.

С рубежа плейстоцен – голоцен существенно изменилась природная среда. Ландшафтно-климатическая зональность континентов под влиянием голоценовой активизации перестроилась, а человеческое сообщество перешло во «взрывной» режим развития. На смену локальным плейстоценовым культурам каменного века пришла глобальная цивилизация с её сложнейшими технологиями.

Однако в геологии с разветвлённой системой её дисциплин сложился устойчивый стереотип «не замечать» этой активизации, несмотря на то, что вся структура земной коры наполнена её следами. Для разрешения этой парадоксальной ситуации необходима системная работа по изучению геологической истории голоцена.

*Астроблемы*, сформированные на рубеже плейстоцен – голоцен, – важнейший аспект этой проблемы. В дальнейшем возраст этих астроблем и сформировавшего их астероидного потока представлен как *голоценовый*. В настоящее время известно около 4000 земных астроблем [9], количество которых постоянно увеличивается. Их возрастной диапазон варьирует в метеоритике от первых сотен тысяч до сотен миллионов лет. Голоценовых же астроблем среди них не выделено, несмотря на то что они несут ярко выраженные признаки этого возраста. Не выделен, соответственно, в качестве самостоятельного образования и голоценовый поток астероидов. Это противоречие можно разрешить, рассматривая астроблемы как *составные части геологической системы земной коры*.

**Цели данной статьи:** 1. Выделить геологические индикаторы голоценовых астроблем, объяснив их образование единым потоком астероидов.

2. На представительных примерах показать характер взаимосвязей астроблем с вмещающими геологическими системами.

**Основные особенности волновой модели, методологии и методики.** В соответствии с волновой моделью, пульсации глобального уровня транслированы в земную кору иерархией подчинённых им волновых процессов. Энергию и вещество обеспечивает для них земное ядро, свёрнутое до сверхплотного состояния, как в сингулярной точке Большого взрыва или в ядре «исходно гидридной Земли» В.Н. Ларина [4].

Понятно, что в структуре земной коры должны быть наиболее выражены *самые молодые* деформации. Это видно на примерах мезозойско-кайнозойских впадин. На всех континентах они были взброшены, выведены из седиментации и эродированы ещё в позднем плейстоцене, с началом последнего ритма глобального сжатия. А на рубеже плейстоцен – голоцен они были дополнительно деформированы сдвиг-надвиговой взбросовой тектоникой, подверглись эрозии и существенно сократили свои контуры. Сейчас это отчётливо *реликтовые* структуры – *не впадины, а составные части голоценовых орогенных систем*. Они являются *основными индикаторами голоценового орогенеза и голоценовой активизации континентов*.

Крепкие, но хрупкие *породы домезозойского фундамента впадин* более устойчивы к воздействию эрозии и более подвержены разрывным деформациям. Структуры, сложенные этими породами, были взброшены в начале голоцена с амплитудой до километров. У них контрастный, неравновесный рельеф. За короткое время голоцена эрозия не успела его спланировать. Многие поднятия (Гималаи, Памир, Тянь-Шань, Кавказ, Кордильеры, Анды и др.) были разбиты волновой знакопеременной сдвиговой тектоникой на разновеликие блоки до состояния тектонического коллажа.

Старт голоценовой активизации сопровождался базальтовым вулканизмом, оставившим после себя хорошо выраженные в современном рельефе «спящие» и действующие вулканы. Индикаторами её старта являются и пещеры. Многие из них, выведенные в позднем плейстоцене из состояния спелеогенеза и осушенные, были заселены людьми палеолита – неолита. А в начале голоценовой активизации они вместе с находившимися в них культурными слоями были деформированы взбросо-сдвиговой и надвиговой тектоникой [3]. Были деформированы и поселения начального неолита за пределами этих пещер. Те и другие, вместе с их жёстко датированными культурными

слоями, представляют собой сейчас *реликтовые* образования – надёжные *индикаторы старта* голоценовой активизации.

Многообразие и масштабность процессов голоценовой активизации не могли не сказаться на *изменении природной среды*. Свидетельством является, в частности, резкое наращивание аридизации в Центральной Евразии. У барханных массивов Каракумов, Кызыл-Кумов, Муюнкумов и Монгольской Гоби, лёссов Бетпак-Далы и Великой Китайской равнины отчётливо *голоценовый* возраст [2]. Их эоловыми осадками перекрыта эрозионная поверхность реликтовых мезозойско-кайнозойских (в т. ч. новейших) впадин. То же характерно и для пустынь Намибии юго-запада Африки [1].

Вызванное голоценовой активизацией изменение среды обитания человека повлияло, соответственно, и на ход его эволюции. В голоцене он вступил в фазу *взрывного* развития, объединяясь тесными взаимосвязями со сложноорганизованной системой этой активизации. Изучение этих взаимосвязей даёт нам ключ к пониманию многочисленных природных рисков – как растянутых во времени изменений климата, так и импульсных катастрофических явлений (сейсмических, вулканических, оползневых и пр.).

Деформационная структура астроблемы, составная часть вмещающей геологической системы, – результат реактивной отдачи мишени коры на удар астероида [7]. В метеоритике выделены лишь астроблемы *доголоценового* возраста. Их возраст датируется по *импактитам* – породам, преобразованным «шоковым» метаморфизмом при ударе астероида в породы мишени. Но элементный состав этих пород подвержен неоднократным перераспределениям. И для достоверной датировки импактитов необходимо знать их *исходный* состав. Получить же такие данные практически невозможно.

Из-за этого датировки астроблем, полученные по импактитам различными методами (K-Ar, U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd, Re-Os), характеризуются разбросом в сотни тысяч – сотни миллионов лет [9]. И все они представлены как *разновременные образования*, сформированные отдельными *астероидами*. При этом все датировки изначально не были ориентированы на определение *голоценового* возраста астроблем – порог чувствительности их методов находится далеко за пределами этого возраста.

Уверенно определить *голоценовый* возраст земных астроблем позволяет *анализ их позиции во вмещающей геологической структуре*. И здесь, прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что *практически все известные астроблемы ярко выражены в современном рельефе*. Собственно, и выделены они именно по этому признаку. Причина такой выраженности в том, что *для их разрушения эрозией и химическим выветриванием просто не хватало времени – это супермолодые образования*. Все более древние астроблемы в значительной мере разрушены этими процессами. В современном рельефе они вовсе не выражены – сохранились лишь редкие *плоские срезы* их кольцевых структур, эродированных задолго до голоцена. А многие срезы были маскированы тектоникой.

Особенно надёжно *голоценовый* возраст астроблем датируется в случаях, когда в их строении участвуют легко разрушаемые рыхлые *новейшие* осадки. В других случаях он уверенно датируется взломом поверхности *плиоцен-плейстоценового пенеплена*.

Голоценовый астероидный поток – лишь самый последний из бомбардировавших Землю и Луну потоков. На Земле только он оставил после себя хорошо выраженные в рельефе астроблемы. Но на Луне, где эрозия и химическое выветривание не работают, сохранились кратеры – астроблемы, образованные *всеми потоками*. Китайскими учёными, по данным научного издания «Livescience»<sup>1</sup>, общее количество лунных кратеров-астроблем оценено величиной около 110 000, которая характеризует *плотность*

<sup>1</sup> <https://www.livescience.com/new-moon-craters-discovered>

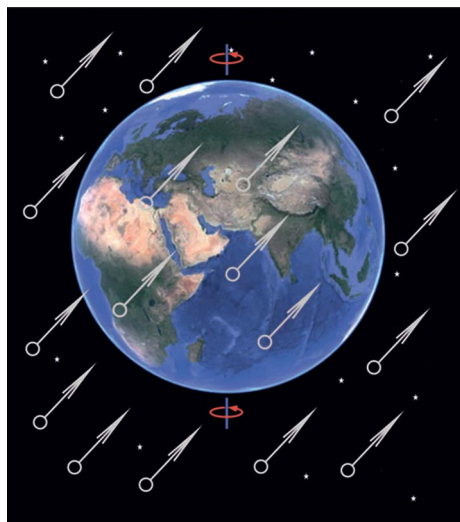
бомбардировки Луны и Земли *всеми* астероидными потоками. Она *более чем на 4 порядка превышает плотность известных земных астроблем*. Такое расхождение можно объяснить именно тем, что эти земные астроблемы были образованы *последним (голоценовым) потоком*.

Его астероиды размером до многих километров, перемещавшиеся со скоростью *n км/с*, намного превышавшей скорость земной ротации, воздействовали лишь на *обращённую к нему часть земной сферы (рис. 1)*. Судя по распределению астроблем, максимальной бомбардировке подверглись территории западной части Евразии, Африки и восточных частей обеих Америк. При направленном воздействии такого потока Земля могла сменить свою орбиту, сместившись ближе к Солнцу. Это во многом объясняет резкое наращивание глобального голоценового сжатия с контрастной активизацией земной коры.

Все голоценовые астроблемы – это *геологически мгновенные* образования. Но при этом на астроблемы, образованные астероидами передовой части потока, оказывали воздействие соседние астероиды его тыловой части. А позднее многие астроблемы были деформированы орогенной (голоценовой) взбросо-сдвиговой тектоникой.

**Результаты исследований.** Количество выявляемых астроблем год от года увеличивается. Но их исследования должны быть введены в *эволюционный геологический контекст*, соотнесены со строением вмещающих их структур и характером последовавшей голоценовой активизации. Эффективность такого подхода иллюстрирована ниже на примерах астроблем Африки и Евразии.

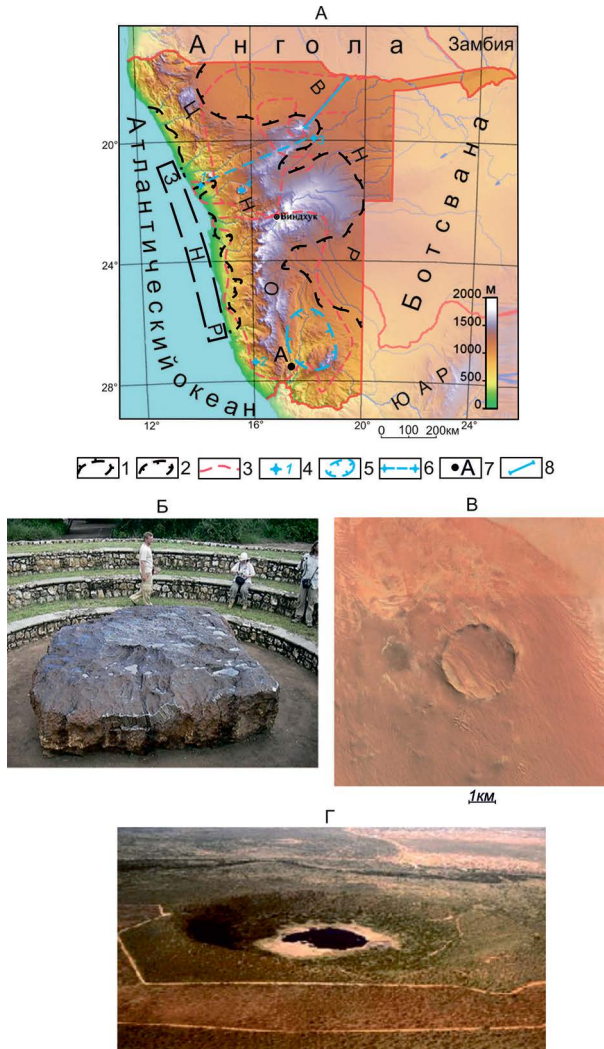
**Астроблемы юго-западной Африки.** Особое место в исследовании голоценовой активизации занимает окраинно-континентальная структура (ОКС) Намибии (рис. 2А), расположенная на атлантической окраине Африки. Именно при её изучении обозначилась связь этой активизации с астероидной бомбардировкой. В 2012 г. автором было выполнено более 10 000 км рекогносцировочных маршрутов по ОКС, с непрерывными наблюдениями и детальным описанием представительных обнажений.



**Рис. 1.** Бомбардировка Земли голоценовым потоком астероидов.  
**Fig. 1.** Earth bombardment by the Holocene asteroid stream.

По результатам этих работ, подкреплённых анализом литературных и фондовых источников, данных по геологии, гидрогеологии и металлогении, была подготовлена междисциплинарная модель новейшего этапа её развития [1]. В ней приведена характеристика новейшей тектоники, плейстоценового уранового рудогенеза, дюнообразования, исследовано воздействие на ОКС голоценовых астероидов. В последние годы в эту модель внесены существенные дополнения.

В *основную часть новейшего этапа*, в условиях относительно спокойной, амагматичной геодинамики, в ОКС развивались два рифтогена – Западно- и Восточно-Намибийский (ЗНР и ВНР), разделённые Центрально-Намибийским орогеном (ЦНО). Оба рифтогена выполнены характерными



**Рис. 2.** Следы астероидной бомбардировки ОКС Намибии. **А.** Обзорная схема ОКС Намибии с основными объектами исследований: 1) Центрально-Намибийский ороген (ЦНО); 2) рифтогены: Восточно-Намибийский (ВНР), Западно-Намибийский (ЗНР); 3) линии рекогносцировочных маршрутов; 4) структуры – индикаторы голоценовой активизации (цифры в кружках): 1 – впадина Этоша, 2 – меловая интрузия Брандберг, 3 – палеодолина Омаруру, 4 – впадина Соссиусвлей, 5 – пещера Аполлон-11; 5) следы бомбардировки астероидами: 1 – астроблема Мессум-Кратер; 2 – астроблема Ротер-Камм; 3 – метеорит Хоба; 4 – астроблема Мессум-2; 6) ареал метеоритного «дождя» Гибсон; 7) линия рикошета Мессум-Кратер – Хоба; 8) линия профиля Гротфонтейн-Рунду (см. рис. 5А–Б). **Б.** Метеорит Хоба. **В.** Астроблема Ротер-Камм. **Г.** Астроблема Швайнг.

**Fig. 2.** Traces of asteroid bombardment of the Namibian continental margin.

**A.** Overview of the Namibian continental margin with the basic research objects. 1. Central Namibian Orogen (CNO). 2. Riftogens: East Namibian (ENR), West Namibian (WNR). 3. Reconnaissance route lines. 4. Structures – indicators of Holocene activation (numbers in circles): 1 – Etosha Basin, 2 – Brandberg Cretaceous intrusion, 3 – Omaruru paleovalley, 4 – Sossiusvlei Basin, 5 – Apollo 11 cave. 5. Asteroid bombardment traces: 1 – Messum Crater astrobleme; 2 – Rother-Kamm astrobleme; 3 – Hoba meteorite. 4. Messum-2 astrobleme. 6. Area of the Gibeon meteorite shower. 7. Messum Crater – Hoba ricochet line. 8. Grootfontein-Rundu profile line (Fig. 5A–B). **B.** Hoba meteorite. **V.** Rother-Kamm astrobleme. **Г.** Schwaing astrobleme.

для семиаридного климата серо-, зелёно- и пестроцветными осадками формации «калахари» мощностью до сотен метров. Фундаментом для них послужили метаморфиты и граниты протерозоя, мезозойские граниты и вулканы. На обрамлении рифтогенов доминировала эрозия с развитием пенеплена. В *позднем плейстоцене*, с началом глобального ритма сжатия, вся ОКС перешла в *орогенный* режим и была взброшена. Оба рифтогена были выведены из седиментации и подвержены эрозии. Структура ЗНР была эродирована в максимальной степени – от неё сохранились лишь реликты палеодолинной сети.

*Голоценовый поток астероидов* оставил в ОКС многочисленные следы. На востоке Намибии на эродированной поверхности ВНР лежит 60-тонный железоникелевый метеорит *Хоба*, самый крупный из известных на Земле метеоритов (рис. 2Б). А на юге ОКС была накрыта метеоритным «дождём» *Гибсон* (см. рис. 2А). С него собрана самая крупная в мире (15 т) коллекция более мелких метеоритов того же состава.

Западнее этого ареала находится небольшая астроблема Ротер-Камм (рис. 2В). Её деформационное кольцо взломало пенепленизированную поверхность протерозойских гранито-гнейсов на юго-западном борту ЦНО. А на севере ЮАР находится близкая по характеру астроблема Швайнг (рис. 2Г).

Автором на территории намибийской ОКС выделено две новых голоценовых астроблемы – Мессум-Кратер и Мессум-2. Они взломали поверхность плиоцен-плейстоценового пенеплена с реликтами новейших палеодолин, взбросив её с амплитудой до 500 м. Дефляция их практически не затронула.

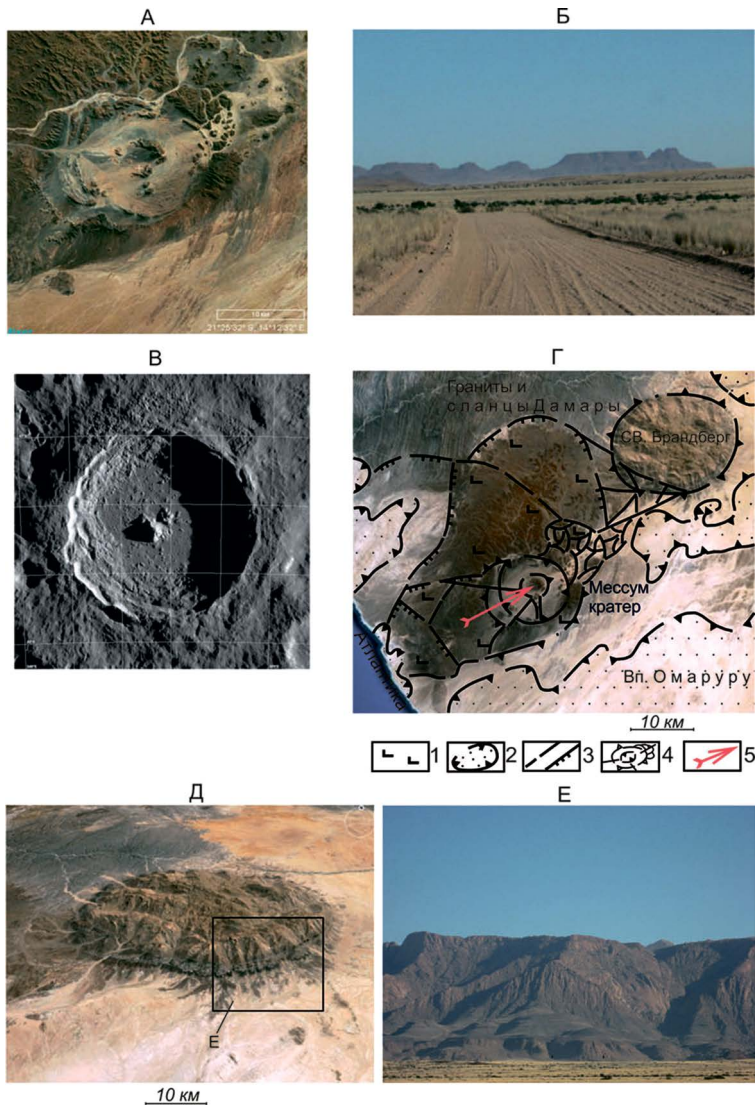
Астроблема *Мессум-Кратер* диаметром 20 км (рис. 3) была исследована *in situ*. У неё морфология классической астроблемы с двойным *сегментированным деформационным кольцом*, идентичным кратеру Тихо – эталону лунных астроблем (рис. 3В). Ею были деформированы в т. ч. и новейшие осадки формации «калахари». Реликты этих осадков сохранились внутри кратера, в основании внешнего кольца астроблемы.

Сформировавший Мессум-Кратер астероид имел крутое северо-восточное падение, обозначенное гиганто-брекчией мишени северо-восточнее астроблемы (рис. 3Г). Находившаяся далее меловая кольцевая гранитоидная интрузия *Брандберг* была взброшена под влиянием этого импульсного сжатия на 1350 м по отношению к поверхности *плейстоценового пенеплена* (рис. 3Д–Е). На её плоской, препарированной позднплейстоценовой эрозии поверхности сохранились реликты новейших осадков [10, 11]. Метеорит *Хоба*, расположенный в 350 км северо-восточнее Мессум-Кратера в направлении падения астероида, является, по-видимому, его рикошетирующим осколком.

Астроблема *Мессум-2* диаметром около 40 км (рис. 4А–Б) расположена в 150 км восточнее Мессум-Кратера, возвышаясь над поверхностью плейстоцен-голоценового пенеплена на 200–500 м. В отличие от него, у неё грубоизометричная в плане структура без двойного кольца. Вместе с вмещающей структурой она была деформирована раннеголоценовыми нарушениями, в неё вложены небольшие (голоценовые) реки и временные потоки. Деформациям, очевидно, способствовало воздействие на неё астероида Мессум-Кратера, находившегося в тыловой части потока. Его удар и вызвал деформацию уже сформированной астроблемы Мессум-2.

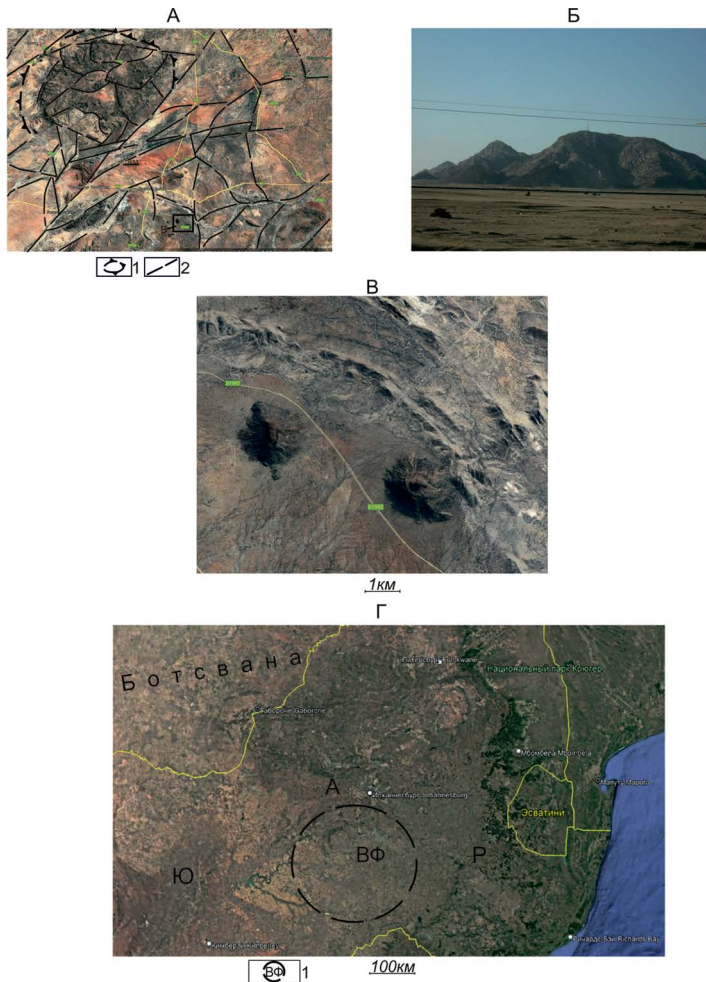
На периферии Мессум-2 вмещающая структура была активизирована в раннем голоцене на *мантийном* уровне. Она содержит небольшие, диаметром до 1 км, сохранившиеся в рельефе «спящие» базальтовые вулканы (рис. 4в).

От перечисленных выше молодых астроблем резко отличается *древняя* крупная (диаметр 200 км) астроблема *Вредефорт*, расположенная в ЮАР, в 100 км юго-запад-



**Рис. 3.** Астроблема Мессум-Кратер. А. Общий вид астроблемы. Снимок Google (съёмка 2011 г.). Б. «Столовые» горы внешнего кольца астроблемы. Вид с юга. Фото 2012 г. В. Лунный кратер Тихо. Снимок лунного орбитального зонда (Сайт «Лунный\_кратер»). Г. Деформации вмещающей структуры астероидом Мессум-Кратера. 1. Меловые базальты формации Этендека; 2. Реликты новейших впадин и палеодолин. 3. Новейшие сдвиги (слева) и надвиги (справа). 4. Деформационная структура Мессум-Кратера с гиганто-брекчией вмещающих пород на северо-востоке. 5. Направление падения астероида. Д. Голоценовый взброс интрузии Брандберг. Д. Интрузия на снимке Google. Е. Южный контакт интрузии с клиновидными срывами – следами взброса. Фото 2012 г.

**Fig. 3.** Messum Crater astrobleme. А. General view of the astrobleme. Google image (shot in 2011). Б. Table mountains of the astrobleme's outer ring. View from the south. Photo of 2012. В. Lunar crater Tycho. Image of the lunar orbiter (Website "Lunar\_crater"). Г. Deformations of the host structure by the Messum Crater asteroid. 1. Cretaceous basalts of the Etendeka Formation; 2. Relics of recent basins and paleovalleys. 3. Recent strike-slip faults (left) and thrusts (right). 4. Messum Crater deformation structure with giant breccia of host rocks in the northeast. 5. Direction of asteroid impact. Д. Holocene reverse fault of the Brandberg intrusion. Е. Intrusion in a Google image. E. Southern contact of the intrusion with wedge-shaped detachments – traces of reverse fault. Photo of 2012.



**Рис. 4.** Астроблема Мессум-2. А. Деформационная структура Мессум-2. Снимок Google (съёмка 1.01.2021). 1. Контур астроблемы. 2. Голоценовые разломы. Б. Вид на астроблему с юга. Фото. 2012 г. В. Голоценовые «спящие» базальтовые вулканы на южной периферии Мессум-2. Г. Срезанная доголоценовой эрозией кольцевая структура астроблемы Вредефорт (ВФ). Снимок Google (съёмка 1.01.2021). 1. Реликт деформационного кольца астроблемы.

**Fig. 4.** Messum 2 astrobleme. А. Messum 2 deformation structure. Google image (shot of 01.01.2021). 1. Outline of the astrobleme. 2. Holocene faults. Б. View of the astrobleme from the south. Photo of 2012. В. Holocene dormant basaltic volcanoes on the southern periphery of Messum 2. Г. Ring structure of the Vredefort astrobleme (VF) truncated by pre-Holocene erosion. Google image (shot of 01.01.2021). 1. Relict of the astrobleme deformation ring.

нее Йоханнесбурга (рис. 4Д). Её возраст 140 (250) млн лет. Она совсем не выражена в рельефе, маскирована инфраструктурой одноимённого поселения и идентифицируется лишь на космоснимках. Кольцевая структура этой астроблемы, сформированная на архей-протерозойском кратоне, была эродирована ранее, в мезозое – кайнозое.

Важным обстоятельством является то, что бомбардировка Намибийской ОКС астероидами сопровождалась мощной импульсной активизацией глубинного флюидопотока с выбросом на поверхность углекислых растворов и формированием на ней

карбонатного плаща, т. н. «*калькреты*». Этим плащом была закрыта вся поверхность ОКС и прилегающая часть структуры Ботсваны. Масштабность этого выброса имела, несомненно, катастрофические последствия для проживавших здесь в то время людей.

На современном обрамлении рифтогенов мощность «калькреты» не превышает 1–2 м. Но рыхлые осадки ВНР и ЗНР повсеместно проработаны карбонатами на глубину более 10 м (рис. 5А), а над зонами активизированных разломов в них сформированы очаги карбонатизации мощностью до 300 м и более (рис. 5Б). Плащ «калькреты» деформирован раннеголоценовой тектоникой, эродирован и перекрыт дюнами массивов Намиб, Калахари, Угаб. Дефляция развивалась здесь с конца плейстоцена, с началом последнего ритма сжатия, но особенно активно в голоцене.

Термин «калькрета» отражает представления местных геологов о её экзогенном происхождении, сформированные по аналогии с ураноносной (отчётливо экзогенной) современной калькретой Австралии. В кавычки он взят, поскольку автором установлены многочисленные факты, свидетельствующие о *глубинной* природе этого образования, о контроле «калькреты» разрывной тектоникой (рис. 5В–Д).

Плащом «калькреты» покрыта и вся внутренняя поверхность астроблемы Мес-сум-Кратер (рис. 5Е). А на её бортах получил развитие карбонатный штокверк (рис. 5Ж) – след подводящего углекислые растворы глубинного канала.

После бомбардировки астероидами в ОКС Намибии резко активизировался орогенез. Характер активизации иллюстрирует рис. 6.

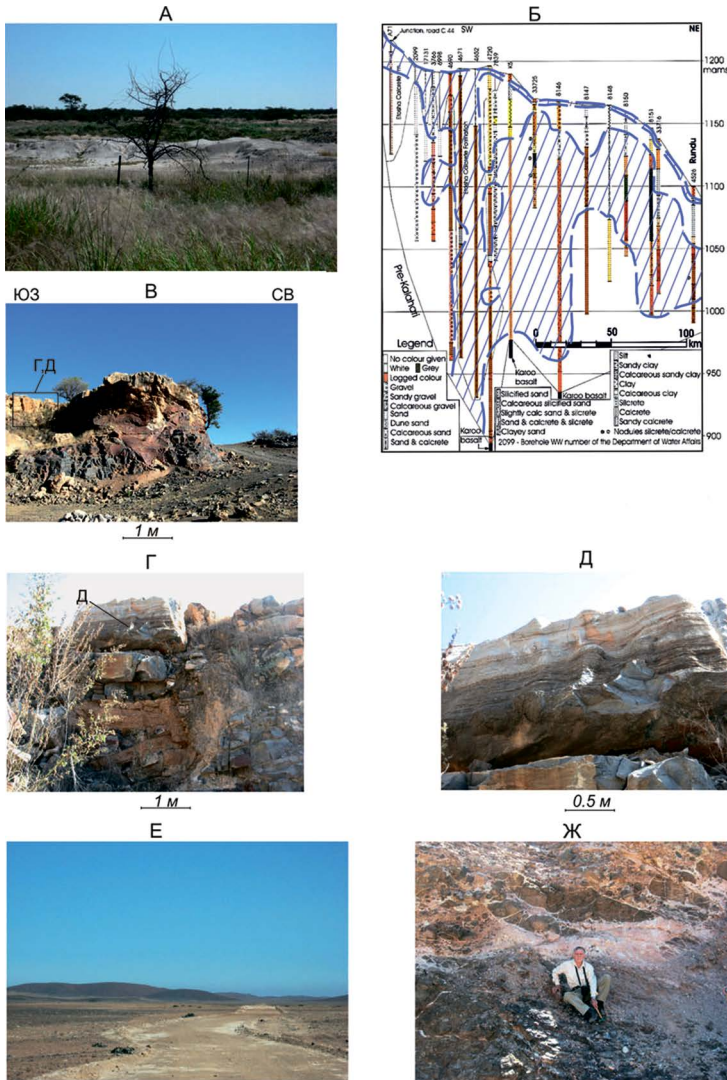
Время этой активизации подтверждает и состояние *пещеры Аполлон-11*, расположенной в южной части Центрально-Намибийского орогена (рис. 7). Это лишь небольшой реликт некогда более крупной пещерной галереи, сформированной в неогене – раннем плейстоцене, а в позднем плейстоцене взброшенной, осушенной и заселённой людьми палеолита.

В начале голоцена, в результате активизации ЦНО, эта галерея была дополнительно взброшена и деформирована. Сейчас от неё в доступном для наблюдения виде сохранился лишь портал и небольшой грот с остатками культурных слоёв, датированных возрастом 71–29 тыс. лет [8]. На обнажённом портале пещеры хорошо видны свежие зеркала и борозды скольжения – следы последнего взброса. По морфологии и характеру своей взаимосвязи с голоценовой тектоникой пещера Аполлон-11 аналогична расположенной на севере Алтайского орогена *Денисовой пещере* [3].

Голоценовая активизация ЦНО наложена здесь на протерозойские доломиты и известняки. Их пенеplenизированная до голоцена поверхность была взломана взбросо-сдвиговой тектоникой. В систему разломов вложена речная сеть реки Оранжевой (см. рис. 7А). Современную активность этих разломов дополнительно иллюстрирует наличие радоновых источников курорта Айс-Айс в долине реки Фиш. Радон, как известно, является одним из индикаторов современной активности разломов.

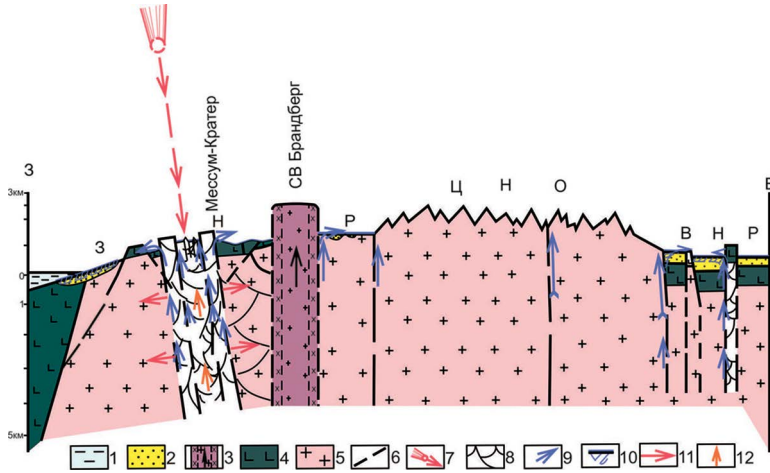
Ускорившееся в голоцене глобальное сжатие сопровождалось усилением трансгрессии. Атлантикой были поглощены в т. ч. и реликты палеодолин Западно-Намибийского рифтогена (см. рис. 2А и рис. 6).

**Северный фас Тянь-Шаня и Памира.** Эта часть структуры Альпийско-Гималайского пояса изучалась автором в процессе прогнозно-поисковых работ на гидрогенный уран в 1967-м и в 1970–74 гг. В последние годы, в ходе работы над голоценовой проблемой, по ней проведено моделирование голоценовых трансформаций мезозойско-кайнозойских впадин и пострудных перестроек плейстоценового (гидрогенного) уранового оруденения.



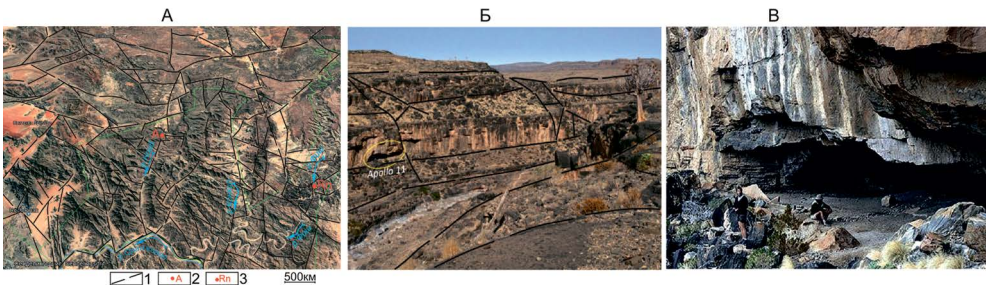
**Рис. 5.** Карбонатная «калькрета» в ОКС Намибии. А–Б. Проработка «калькретой» новейших осадков северной части ВНР на профиле Гротфонтейн Рунду. А. Поверхностный плащ «калькреты» (белое на снимке). Карьер в центре профиля. Фото 2012 г. Б. Очаг «калькреты» (синяя штриховка) в южной части профиля (по [14], с дополнением автора). В–Д. Контроль «калькреты» голоценовой разрывной тектоники. Карьер в меловых габбро-диабаз на юго-западном борту впадины Этоша. В. Общий вид северо-западной стенки карьера с карбонатным плащом «калькреты» и заполненными карбонатом подводными каналами. Г–Д. Детализация плаща «калькреты» с карбонатной брекчией подводного канала. Е–Ж. «Калькрета» в Мессум-Кратере.

**Fig. 5.** Carbonate calcrete in the Namibian continental margin. А–Б. Calcrete reworking of the newest sediments of the northern part of the ENR on the Grootfontein Rundu profile. А. Surface mantle of the calcrete (white in the image). А quarry in the center of the profile. Photo of 2012. Б. Calcrete source (blue shading) in the southern part of the profile (from [14], with additions from the author). В–Д. Calcrete control by Holocene fault tectonics. А quarry in Cretaceous gabbro-diabase on the southwestern side of the Etosha Basin. В. General view of the northwestern wall of the quarry with a carbonate mantle of the calcrete and carbonate-filled feeder channels. Г–Д. Detail of the calcrete mantle with carbonate breccia of the feeder channel. Е–Ж. Calcrete in Messum Crater.



**Рис. 6.** Модель голоценовой активизации ОКС Намибии. Разрез по широтному профилю через астроблему Мессум-Кратер. 1. Воды Атлантики. 2. Осадки новейших рифтогенов. 3. Взброс интрузии Брандберг. 4. Образования пояса Каоко. 5. Образования Дамарского пояса. 6. Новейшие разломы. 7. Астероид Мессум-Кратера. 8. Деформационная структура астроблемы. 9. Направление потоков глубинных углекислых растворов. 10. Реликты «калькеты». 11. Направление ударного сжатия. 12. Вектор реактивной отдачи мишени коры.

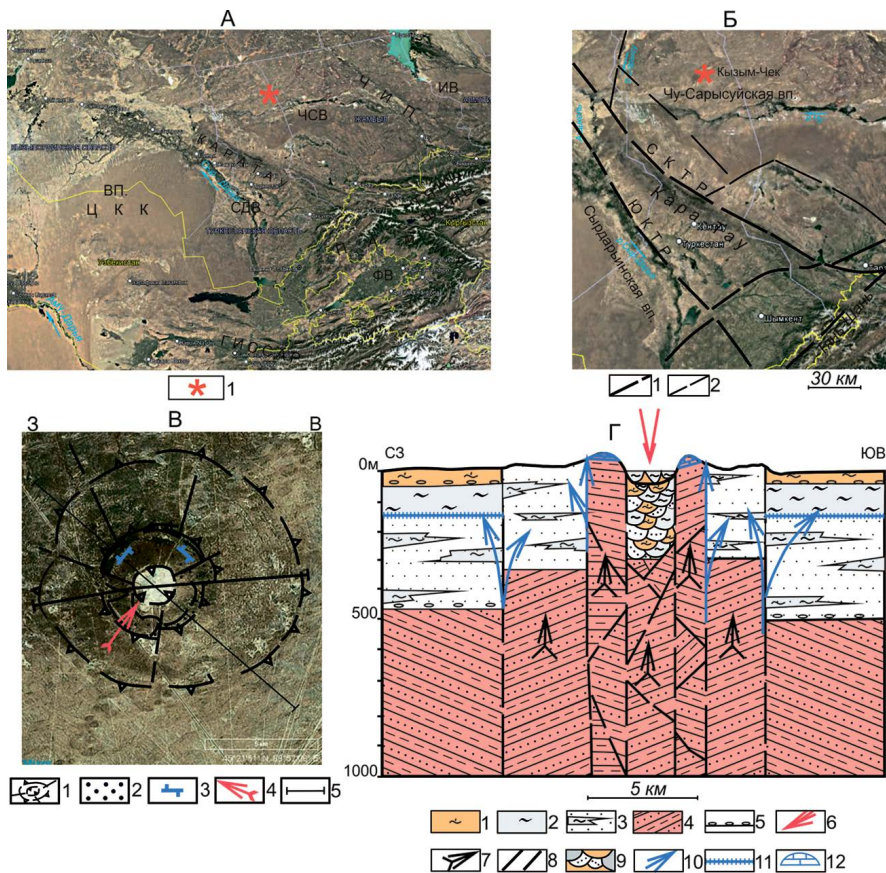
**Fig. 6.** Model of Holocene activation of the Namibian continental margin. Section along the latitudinal profile through the Messum Crater astrobleme. 1. Atlantic waters. 2. Sediments of recent rifting events. 3. Brandberg intrusion reverse fault. 4. Formations of the Kaoko Belt. 5. Formations of the Damara Belt. 6. Recent faults. 7. Messum Crater asteroid. 8. Deformation structure of the astrobleme. 9. Direction of deep carbon dioxide solution flows. 10. Relics of the calcrete. 11. Direction of shock compression. 12. Vector of reactive recoil of the crustal target.



**Рис. 7.** Реликтовая пещера Аполлон-11. А. Позиция пещеры в голоценовой орогенной системе ОКС. Снимок Google, съёмка 1.1.21. Дешифрирование автора. 1. Голоценовые разломы. 2. Положение пещеры на снимке. 3. Радоновая аномалия Айс-Айс в долине р. Фиш. Б. Положение пещеры на деформированном взбросовой тектоникой борту реки Наоб (из [11], дешифрирование автора). 1. Голоценовые разломы. В. Срезанный голоценовым взбросом современный вход-портал пещеры.

**Fig. 7.** Relict cave Apollo-11. A. Position of the cave in the Holocene orogenic system of the continental margin. Google image, shot of 1.1.21. Author's interpretation. 1. Holocene faults. 2. Position of the cave in the image. 3. Ice-Ice radon anomaly in the Fish River valley. B. Position of the cave on the side of the Naob River deformed by reverse fault tectonics (from [11], author's interpretation). 1. Holocene faults. B. Modern entrance-portal of the cave, cut off by a Holocene reverse fault.

Здесь, в центре Чу-Сарысуйской впадины, расположена *астроблема Кызым-Чек* диаметром около 10 км (**рис. 8А-Г**). Через неё в 1972 г. был пройден буровой профиль со скважиной глубиной 300 м, заданной в центре кратера. В то время её структура воспринималась как экзотическое образование неясного происхождения. Модель её фор-



**Рис. 8.** Астроблема Кызым-Чек в голоценовой орогенной системе северного фаса Тянь-Шаня и Памира. А. Позиция на снимке Google, съёмка 1.1.2021. 1. Астроблема Кызым-Чек. Реликтовые структуры мезозойско-кайнозойских впадин: Чу-Сарысуйской (ЧСВ), Сыр-Дарьинской (СДВ), Ферганской (ФВ), Центральных Кызыл-Кумов (ЦКК), Илийской (ИВ). Голоценовые и активизированные в голоцене орогенные поднятия: Каратау, Гиссар, Тянь-Шань, Памир, Чу-Илийское поднятие (ЧИП). Б. Взброс Кара-Тай. Снимок Google. Основные разломы. Б. Прочие разломы. В. Астроблема на снимке Google. 1. Внешний контур. 2. Девон-карбоновые красноцветы. 3. Реликты травертинов. 4. Направление удара астероида. 5. Линия модельного разреза Г. Г. Модель астроблемы. 1. Красноцветы олигоцена. 2. Водоупор чеганской свиты эоцена. 3. Отложения палеоцена. 4. Красноцветы фундамента впадины. 5. Поверхности несогласий. 6. Направление падения астероида. 7. Вектор реактивной отдачи мишени коры. 8. Активные разломы. 9. Мешанинная брекчия внутри кратера. 10. Выброс углекислых растворов. 11. Сброс карбоната в базальном слое чеганских глин. 12. Травертины на поверхности взброшенного кольца астроблемы.

**Fig. 8.** Kyzym-Chek astrobleme in the Holocene orogenic system of the northern face of the Tien Shan and Pamir. A. Position on Google image, shot of 1.1.2021. 1. Kyzym-Chek astrobleme. Relict structures of the Mesozoic-Cenozoic basins: Chu-Sarysu (CSB), Syr-Darya (SDB), Fergana (FB), Central Kyzyl-Kum (CKB), Ili (IB). Holocene and orogenic uplifts activated in the Holocene: Karatau, Gissar, Tien Shan, Pamir, and Chu-Ili uplift (CIU). B. Kara-Tau reverse fault. Google image. Main faults. B. Other faults. B. Astrobleme on Google image. 1. Outer contour. 2. Devonian-Carboniferous red rocks. 3. Travertine relics. 4. Direction of asteroid impact. 5. Line of model section Г. Г. Model astrobleme. 1. Oligocene red rocks. 2. Aquiclude of the Eocene Chegan Formation. 3. Paleocene deposits. 4. Red rocks of the basin basement. 5. Unconformities surfaces. 6. Direction of asteroid impact. 7. Vector of reactive recoil of the target crust. 8. Active faults. 9. Mixed-matrix breccia inside the crater. 10. Ejection of carbon dioxide solutions. 11. Carbonate discharge in the basal layer of the Chegan clays. 12. Travertines on the surface of the upthrown ring of the astrobleme.

мирования (рис. 7Г) была разработана автором позднее, после изучения астроблем Намибии.

Вмещающая астроблему впадина выполнена обводнёнными морскими и подводно-дельтовыми, сероцветными отложениями юрского – эоценового возраста и обезвоженными красноцветами олигоцена, общей мощностью до километра. До голоцена впадина развивалась вместе с расположенной западнее Сырдарьинской впадиной и впадинами Центральных Кызыл-Кумов (ЦКК) в составе единой *прото-впадины*. Из седиментогенеза она была выведена в конце плейстоцена, а в начале голоцена разделена взбросами Каратау, Гиссара и более локальных поднятий. Ими были взброшены и эродированы и её осадки, вместе с локализованными в них зонами пластового окисления и урановыми залежами плейстоценового возраста. На Каратау сохранились реликты взброшенных *юрских* отложений нижней части осадочного разреза протовпадины [12].

В условиях резко усилившейся в голоцене аридизации поверхность всех реликтов протовпадины была препарирована дефляцией. Она перекрыта массивами барханских песков и лёссами. В неё врезаются реки Чу, Сарысу, Аму-Дарья и Сыр-Дарья с их притоками.

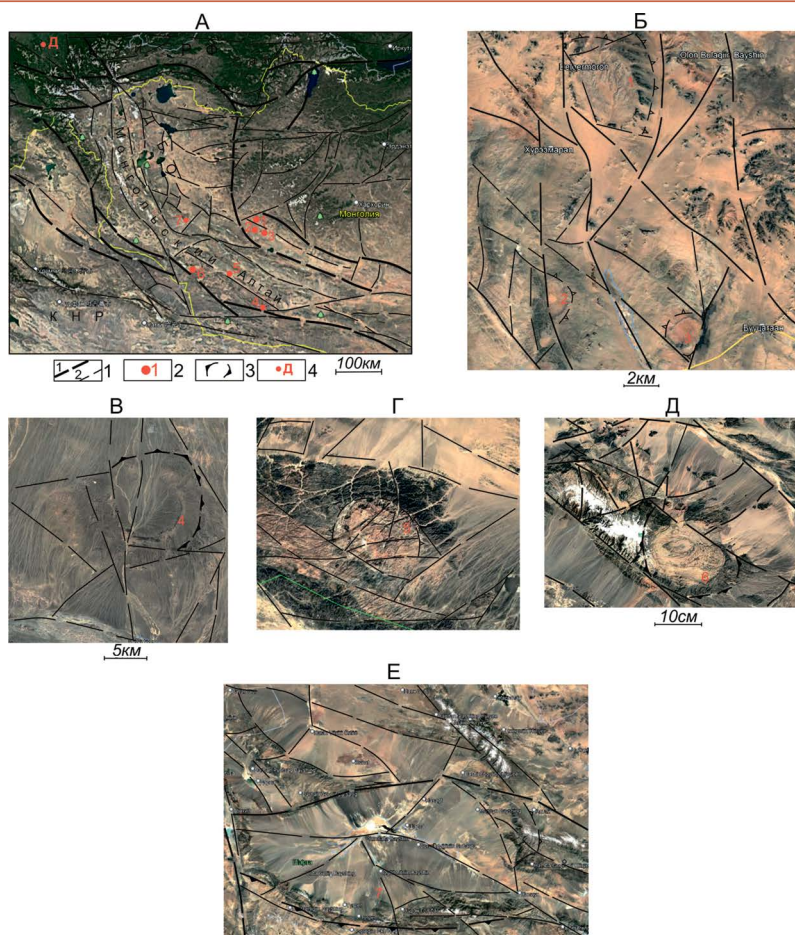
Деформационное кольцо астроблемы возвышается на 50 м над спланированной поверхностью Чу-Сарысуйской впадины. Выполнено оно красноцветами девон-карбона – породами фундамента Чу-Сарысуйской впадины. Кольцо красноцветов прорвало при взбросе 600-метровый чехол её осадков.

В результате удара астероида был активизирован глубинный флюидопоток, с выбросом растворов на поверхность и формированием карбонатных травертинов. Их неустойчивые к эрозии образования сохранились, тем не менее, на поверхности астроблемы. Параллельно под экраном чеганских глин их базальный слой был проработан карбонатом до состояния крепкого гравелита на десятки километров от астроблемы. Автором эта карбонатизация рассматривается как разновидность намибийской «калькреты».

**Астроблемы Монгольского Алтая** (МА, рис. 9). Со структурой этого орогена автор познакомился в 1989–90 гг. при проведении комплекса поисковых работ, сопровождавших групповую геологическую съёмку М 1:50 000. Структура МА, как и ороген Каратау, была сформирована в раннем голоцене взбросо-сдвиговой системой северо-западных разломов, наложенных на широтную структуру АГПП после бомбардировки её астероидами.

Монгольский Алтай представляет собой тектонический коллаж из метаморфитов и гранитоидов протерозоя – палеозоя, вулканитов позднего палеозоя – мезозоя, с реликтами мезозойских и новейших впадин. В центре его в голоцене синхронно развивается инверсионная система голоценовых рифтогенов *Долины Больших Озёр* (ДБО). Её озёра заложены в узлах пересечения северо-западных и широтных разломов. Осадкообразование в них, как и в других голоценовых инверсионных впадинах АГПП (Байкал, Балхаш, Иссык-Куль, Хубсугул и др.), только начинается.

В конце плейстоцена на северном склоне Алтая взбросо-сдвиговой системой широтных разломов была взброшена, осушена и заселена людьми каменного века крупная *пещерная галерея*. А в начале голоцена по контролирующим МА северо-восточным разломам она подверглась дополнительным взбросо-сдвиговым трансформациям. Сейчас от неё сохранился небольшой фрагмент с обнажённым входом – знаменитая *Денисова пещера* (см. рис. 9А), с реликтами культурных сло-



**Рис. 9.** Астроблемы Западной Монголии. А. Позиция астроблем в голоценовой рифтогенно-орогеной системе Монгольского Алтая. Снимок Google (съёмка 1.01.2021), дешифрирование автора. 1. Голоценовые разломы: 1 – основные, 2 – прочие. 2. Астроблемы и их номера: 1 – Хуре-Мандал, 2 – Хуре-Мандал-2, 3 – Хуре-Мандал-3, 4 – Цэнхэр, 5 – Зарман, 6 – Алтай, 7 – Цаган-Нуур. 3. Денисова пещера. Б. Астроблема Хуре-Мандал и её аналоги – Хуре-Мандал-2, 3 (№№ 2, 3 на рис. А). В. Астроблема Цэнхэр. Г. Астроблема Зарман. Д. Астроблема Алтай. Е. Астроблема Цаган-Нуур. Легенда для Б–Е на «А».

**Fig. 9.** Astroblemes of Western Mongolia. A. Position of astroblemes in the Holocene rift-orogenic system of the Mongolian Altai. Google image (shot of 01.01.2021), interpretation by the author. 1. Holocene faults: 1 – main, 2 – others. 2. Astroblemes and their numbers: 1 – Khure-Mandal, 2 – Khure-Mandal-2, 3 – Khure-Mandal-3, 4 – Tsenkher, 5 – Zarman, 6 – Altai, 7 – Tsagan-Nuur. 3. Denisova Cave. Б. Khure-Mandal astrobleme and its analogues – Khure-Mandal-2, 3 (Nos. 2, 3 in Fig. A). В. Tsenkher astrobleme. Г. Zarman astrobleme. Д. Altai astrobleme. Е. Tsagan-Nuur Astrobleme. Legend for B–F is in A.

ёв палеолита – неолита [3]. Эти слои сохранились в небольших *тектонических клиньях* на стенках и в полотне пещеры. Их деформации – надёжные индикаторы *раннеголоценового* возраста активизации разломов Монгольского Алтая.

В Долине Больших озёр известны две «древние» астроблемы, имеющие, тем не менее, выраженные признаки *раннеголоценового* возраста. Их кольцевые структуры хорошо выражены в современном рельефе. Они наложены в т. ч. на рыхлый осадоч-

ный субстрат реликтовых мезозойско-кайнозойских впадин. В дополнение к ним автором было выделено 5 новых, близких к ним по облику астроблем. Все они столь же хорошо выражены в современном рельефе и в той или иной мере деформированы раннеголоценовой тектоникой. В них вложена новообразованная речная и озёрная сеть. Голоценовой дефляцией, развитой в этой части Монголии, все астроблемы затронуты слабо.

Группа из трёх сближенных астроблем находится в 38 км юго-восточнее пос. Баянбулаг (**рис. 9Б**). Самая северная из них, *Хуре-Мандал*, фигурирует в каталоге А.В. Михеевой [6] как *верхнепалеозойская*. Она хорошо выражена в рельефе. Её внешнее кольцо диаметром 15 км поднято над просажённым центром до 200 м. Астроблема деформирована и сжата голоценовой структурой МА до эллипсоидной формы, слегка вытянута на северо-запад. На юге она изменена северо-западным нарушением, а её центр деформирован меридиональным разломом, в который вложен современный водоток.

Две аналогичные кольцевые структуры меньшего размера выделены южнее. В 38 км к юго-востоку от Хуре-Мандал находится Хуре-Мандал-2, а в 30 км к юго-западу – Хуре-Мандал-3. Эта (западная) астроблема деформирована взбросо-сдвигом меридионального простирания.

Астроблема *Цэнхэр* [9] (**рис. 9В**) находится в юго-восточной части Монгольского Алтая. Разброс её возраста (1–65 млн лет) – достаточно наглядная иллюстрация высказанных выше соображений о необходимости введения датировок импактитов в эволюционный геологический контекст. Её двойное деформационное кольцо диаметром около 8 км взломало эродированную поверхность взброшенной в позднем плейстоцене меловой впадины. В голоцене астроблема была деформирована разломами, проработана временными водотоками и подвержена дефляции. Тем не менее, она хорошо выражена в современном рельефе.

В составе её импактитов выделены самородные элементы (Fe, Ni, Cu, Bi, W, Sn, Al, Zn) и интерметаллиды: FeCoNiAl, FeNi – камасит, CrNiAl, FeCrNiAl, FeNiCu, FeNi-FeNiCr, а также FeCr, FeCrNi, FeCrNiCu, алюминиды Fe и Cu и др. Само наличие этих образований, сохранившихся на поверхности (в резко окислительных условиях) – свидетельство их голоценового возраста и голоценового возраста самой астроблемы.

В 150 км северо-западнее Цэнхэр выделен ещё один аналог Хуре-Мандал – астроблема *Зарман* диаметром 7 км (**рис. 9Г**). Её внешнее кольцо поднято над центром до 60 м. Структура астроблемы деформирована субширотными разломами, в которые вложены современные водотоки.

А в 130 км западнее этой астроблемы находится кольцевая структура *Алтай* диаметром около 25 км (**рис. 9Д**). Над вмещающей осадочно-метаморфогенной толщей девона она поднята на высоту до 600 м и деформирована разломами северо-западной, северо-восточной и субширотной систем, в которые вложена сеть современных водотоков.

В центре ДБО выделена крупная астроблема *Цаган-Нуур* диаметром 150 км (**рис. 9Е**). Её внешнее кольцо сложено метаморфитами рифея. Центр, просажённый по отношению к нему на 1,6 км, выполнен осадками реликтовой меловой впадины. В него вложено одноимённое современное озеро площадью около 80 км<sup>2</sup>. Эта астроблема также деформирована разломами с вложенными в них водотоками. И на неё также наложена молодая, лишь слегка маскирующая её дефляция.

**Заключение.** В ходе проведённого на стыке геологии с метеоритикой исследования получена принципиально новая информация по земным астроблемам. Они представлены как составные части вмещающих геологических структур, объединённых с ними тесными взаимосвязями.

В качестве базисной использована модель пульсационно расширяющейся Земли, в соответствии с которой с позднего плейстоцена Земля развивалась в ритме сжатия, резко усилившегося с рубежа плейстоцен – голоцен после бомбардировки её потоком астероидов.

Установлено, что практически все известные земные астроблемы сформированы этим потоком. Все они контрастно выражены в современном рельефе, тогда как древние практически полностью уничтожены доголоценовой тектоникой, химическим выветриванием и эрозией.

Размер сформировавших их астероидов достигал километровых величин. Суммарный эффект их ударного воздействия вполне мог обеспечить смещение Земли на новую орбиту, ближе к Солнцу, что и способствовало усилению её сжатия.

Эта бомбардировка и положила начало глобальной активизации с вспышкой континентального орогенеза и развитием трансгрессии.

На представительных примерах исследованы взаимосвязи астроблем с вмещающими структурами. Оценено их влияние на голоценовую тектонику, флюидопоток и базальтоидный вулканизм.

С другой стороны, трансформациям были подвержены и сами астроблемы. Они были деформированы астероидами тыловой части потока, нарушены раннеголоценовой тектоникой и перестроенной речной сетью, но эродированы слабо.

Влияние голоценового астероидного потока на глобальную активизацию особенно ярко проявлено в ОКС Намибии. Бомбардировка астероидами вызвала там вспышку орогенеза и вулканизма. Разломная система и флюидодинамика были активизированы с выбросом в поверхностную зону коры углекислых растворов, формированием очагов и поверхностного плаща карбонатной «калькреты». Резко активизировалась трансгрессия.

На северном фазе Тянь-Шаня и Памира вслед за образованием астроблемы Кызыл-Чек были сформированы орогены Каратау и Гиссара, оформились в своём современном виде структуры Чу-Сарысуйской, Сырдарьинской впадин и впадин Центральных Кызыл-Кумов.

На западе Монголии голоценовым астероидным потоком было сформировано 7 астроблем. Следом за ними образовался ороген Монгольского Алтая с рифтогенной Долины Больших Озёр. Сдвиговой тектоникой МА эти астроблемы были в той или иной степени деформированы.

На северо-западном продолжении разломной системы МА была деформирована крупная пещерная галерея, от которой сохранился реликт с Денисовой пещерой. Деформации её плейстоцен-раннеголоценовых культурных слоёв позволяют датировать время формирования МА первыми тысячами лет голоцена.

Начавшаяся после бомбардировки астероидами глобальная активизация сопровождалась резким изменением природной среды, с переходом человека во «взрывной» режим развития.

Природная среда изменчива и насыщена многочисленными природными рисками, связанными с периодикой изменений климата и трансгрессии, образованием оползней, извержениями вулканов и землетрясениями.

Для прогнозирования этих рисков, подчинённых закономерностям этой глобальной активизации, требуется системно наращивать информацию по геологической истории голоцена. И здесь в качестве одного из важнейших направлений обозначается необходимость изучения голоценовых астроблем с многообразием их взаимосвязей с вмещающей геологической структурой.

**Благодарности и источники финансирования.** Автор благодарит доктора физ.-тех. наук, зав. лабораторией сейсмологии и сейсмотектоники ИТиГ ДВО РАН В.Г. Быкова за поддержку проводимых исследований; сотрудницу лаборатории Н.В. Сатонину за помощь в сборе информации и подготовку электронной версии статьи. Работа выполнена в рамках госзадания ИТиГ ДВО РАН (тема НИР № 122041100034-6).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кокочкин 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.
2. Кокочкин А.А. Феномен глобальной голоценовой активизации на примерах новейших структур востока Азии, Среднего Поволжья и Намибии: индикаторы, проблемные вопросы и природа явления // Вестник ДВО РАН. 2023. № 2. С. 5–41.
3. Кокочкин А.А. Пещеры как индикатор голоценовой активизации // Жизнь Земли. 2025. Т. 47, № 2. С. 176–191.
4. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар, 2005. 248 с.
5. Милановский Е.Е. Пульсации и расширение Земли – возможный ключ к пониманию её тектонического развития и вулканизма в фанерозое // Природа. 1978. № 7 (755). С. 22–34.
6. Михеева А.В. Полный каталог импактных структур Земли. Новосибирск: ИВМиГ СО РАН (sbras.ru).
7. Фельдман В.И. Астроблемы – звёздные раны Земли // Соросовский Образовательный журнал. Науки о Земле. 1999 (<http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/845.html>).
8. Фогельзанг Р.; Рихтер Ю., Якобс З. и др. Новые раскопки отложений среднего каменного века в скальном убежище Аполло 11, Намибия: стратиграфия, археология, хронология и окружающая среда в прошлом // Журнал африканской археологии. 2010. № 8 (2). С. 185–218.
9. Bayaraa T, Nikitin A.N., Tselmovich V.A., Saltykovsky A.Ya., Ormd J., Ivankina T.I., Komatsu G, Ormo G. Complex analyses of the impact origin of Tsenkher structure (Mongolia) // Book of Abstracts of the International Conference «Stress and Texture Investigations by Means of Neutron Diffraction». June 6–9, 2011. Dubna: JINR, 2011. P. 41–42.
10. Grunert Nicole. Namibias faszinierende Geologie: ein Reisehandbuch. Gottingen: Hess, 1999. Auflage 2005. 207 p.
11. Miller Mc G. Upper Palaeozoic to Cenozoic // The Geology of Namibia. V. 3. 2008.
12. Nigmatova S.A., et al. Jurassic lake of Karatau: the present state of the unique location of the fossil flora and fauna // Proc. of the Natural Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of ecology and technical sciences. 2017. V. 3. P. 10–23.

#### REFERENCE

1. Kokovkin, A.A., *Evolution of the Newest Outskirts-Continental Structure of Namibia and the Structure-Antipode of the East of Asia. Experience of Interdisciplinary Research on a Synergetic Basis* (Saratov: Privolzhskaya Book Chamber, 2014) (in Russian).
2. Kokovkin, A.A., “The phenomenon of global Holocene activation on the examples of the newest structures of East Asia, the Middle Volga region and Namibia: indicators, problematic issues and the nature of the phenomenon”, *Vestnik DVO RAN* 2, 5–41 (2023) (in Russian).

3. Kokovkin, A.A., “Caves as an Indicator of Holocene Activation”, *Earth's Life* **47** (2), 176–191 (2025) (in Russian).
4. Larin, V.N., *Our Earth (Origin, Composition, Structure, and Development of the Primitive Hydride Earth)* (Moscow: Agar, 2005) (in Russian).
5. Milanovsky, E.E., “Pulsations and expansion of the Earth – a possible key to understanding its tectonic development and volcanism in the Phanerozoic”, *Priroda [Nature]* **7** (755), 22–34 (1978) (in Russian).
6. Mikheeva, A.V., *Complete catalog of impact structures of the Earth* (Novosibirsk: IVMiMG SB RAS) (sbras.ru) (in Russian).
7. Feldman, V.I., “Astroblemes – starry wounds of the Earth”, *Soros Educational J. Earth Sciences* (1999) (<http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/845.html>) (in Russian).
8. Vogelsang, R., Richter, Y., Jacobs, Z., et al., “New excavations of Middle Stone Age deposits in the Apollo 11 Rock Shelter, Namibia: Stratigraphy, Archaeology, Chronology, and the Environment in the Past”, *J. of African Archaeology* **8** (2), 185–218 (2010).
9. Bayaraa, T., Nikitin, A.N., Tselmovich, V.A., Saltykovsky, A.Ya., Ormd, J., Ivankina, T.I., Komatsu, G., Ormo, G., “Complex analyses of the impact origin of Tsenkher structure (Mongolia)”, *Book of Abstracts of the International Conf. «Stress and Texture Investigations by Means of Neutron Diffraction»*. June 6–9, 41–42 (2011).
10. Grunert, Nicole, *Namibias faszinierende Geologie: ein Reisehandbuch* (Gottingen: Hess, 1999. Auflage, 2005).
11. Miller, Mc G., “Upper Palaeozoic to Cenozoic”, *The Geology of Namibia* **3** (2008).
12. Nigmatova, S.A., et al., “Jurassic lake of Karatau: the present state of the unique location of the fossil flora and fauna”, *Proc. of the Natural Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of ecology and technical sciences* **3**, 10–23 (2017).