

УДК 622.011:550.334

**ГЕНЕЗИС И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ ПОСЛЕ ПАДЕНИЯ МЕТЕОРИТА**

© 2021 г. Ш.Г. Идармачев, В.И. Черкашин, А.Ш. Идармачев

*Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
Россия, 367030, г. Махачкала, ул. Ярагского, д. 75. E-mail: idarmachev@yandex.ru*

Поступила в редакцию 28.01.2021. После доработки 25.03.2021. Принята к публикации 01.04.2021.

В статье приводятся данные, подтверждающие теорию метеоритного происхождения Южно-Каспийской впадины, одного из крупных водоемов, расположенного в аридном климатическом поясе. Рассматриваемая теория впервые предложена Эдмундом Галлеем (Edmond Halley 1656-1742 гг.). В результате катастрофы изменились природные условия обитания фауны и флоры далеко за пределами Каспия. Аргументами в пользу такой гипотезы являются не только геологические, геоморфологические данные кольцевой структуры района, но и сейсмотектонические особенности. Для анализа использовались данные сейсмического мониторинга IRIS за период 1970-2019 гг. Очаги землетрясений магнитудой $M \geq 3.5$ образуют границу раздела между северной и южной частями Каспия, совпадающую с направлением глубинных разломов Кавказ-Копетдагской геологической структуры. На территории Южного Каспия большинство очагов землетрясений расположены по береговой части, образуя кольцевую структуру, и приурочены к областям неотектонических контрастов, совпадающих с разломами прибрежной зоны Каспия. Центральная часть Южно-Каспийской впадины асейсмична. В результате удара астероида центральная часть подверглась сжатию, а вокруг образовались трещинные зоны сейсмогенерирующих разломов, проницаемых для подъема глубинных флюидов.

Ключевые слова: кольцевая геологическая структура, импактный механизм, балаханский век, акчагыльская фауна.

DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10165

Впервые гипотеза о том, что кометы, падая на Землю, вызывают катастрофы, подобные библейскому Всемирному потопу, была выдвинута Эдмундом Галлеем (Edmond Halley 1656-1742 гг.). Он полагал, что огромные кольцевые структуры сформировались в результате столкновения комет с Землей. Галлей также предположил механизм импактного происхождения Южно-Каспийской впадины, основываясь на астрономических наблюдениях.

В истории Земли органический мир не раз испытывал потрясения, в результате которых происходили массовые вымирания. Кометы и астероиды, падая на нашу планету, не только влияли на численность живых существ и видоизменяли природные условия, но и приносили вещества, необходимые для жизнедеятельности. Поэтому после очередной катастрофы одни виды наземной фауны и флоры уничтожались, а затем возникали новые.

В настоящее время на поверхности Земли обнаружено более 200 импактных кратеров-астроблем размерами от 1 до 150 км. Один из крупнейших – Вредефорт – расположен в ЮАР, в зоне тропического опустынивания. Он образовался около 2 млрд. лет назад, его диаметр равен 140 км (Фельдман, 1999).

Кратер Чиксулуб (полуостров Юкатан), возникший 65 млн. лет назад, имеет диаметр 170 км и иллюстрирует характер адаптации с остросасушливыми условиями. Предполагается, что он образовался в результате удара астероида диаметром около 10 км. Энергия удара оценивается в $5 \cdot 10^{23}$ Дж (Bralower et al., 1997).

Объекты и методы исследования

Объект исследований – Каспийское море, являющееся континентальным водным бассейном Земли, который обладает основными чертами геологии дна мирового океана.

Южно-Каспийская впадина рассматривается отдельными авторами (Артюшков, 2015; Шихалибейли и др., 1984) как одна из глубоких впадин осадочного происхождения Средиземноморского Альпийского подвижного пояса в ряду аналогичных впадин Черного и Эгейского морей. Этим впадинам свойственно уменьшение толщины земной коры континентального типа в центральной части впадин. Граница Мохоровичича под дном Южного Каспия залегает на глубинах 22-28 км. Для соседних территорий вблизи шельфовых уступов эта поверхность погружается до глубин 30-35 км. По мнению Е.В. Артюшкова (2005), формирование глубоководной впадины Южного Каспия началось с образования более плотных частей земной коры (эклогит), которая начала погружаться в мантию, с последующим образованием осадочной толщи мощностью 20-25 км.

Исследователи С.Г. Геворкян и Б.Н. Голубов (2011) на основе изучения структурно-тектонических особенностей Южно-Каспийской впадины считают, что она образовалась в результате удара космического тела. Для подтверждения они приводят ряд факторов на основе структурных геологических данных района. Упрощенный геологический разрез кратера (рис. 1) показывает импактную структуру, полученную по данным глубинного сейсмического зондирования (Полетаева, 2010). Во-первых, это уменьшение мощности земной коры континентального типа в центральной части впадины и чрезвычайно высокая мощность осадочного чехла, образовавшегося в последующем в результате отложения палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем.

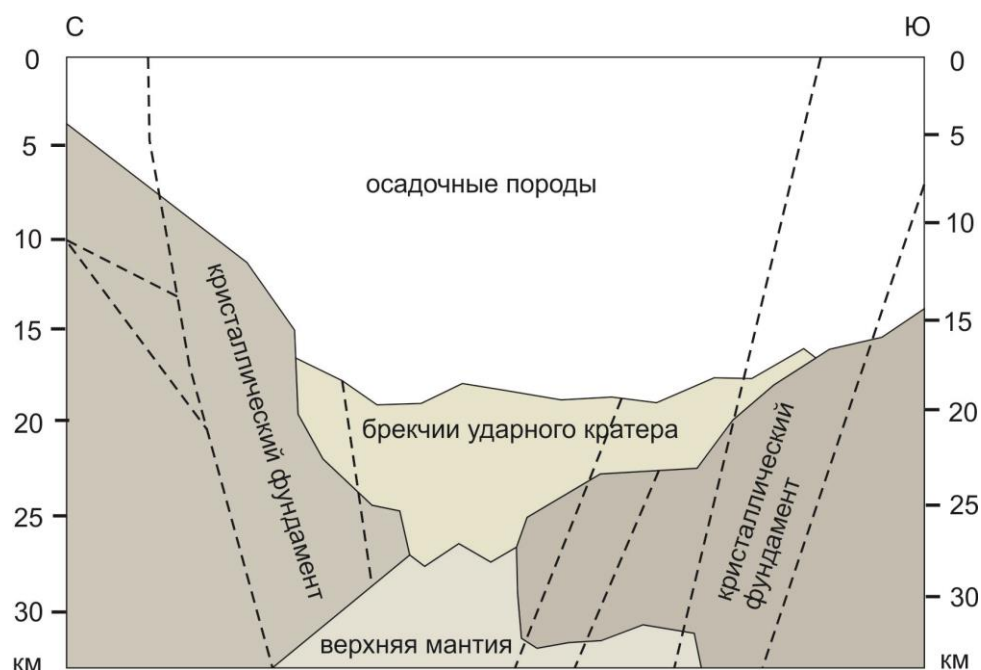


Рис. 1. Упрощенный геологический разрез погребенной импактной структуры Южно-Каспийской впадины, полученный глубинным сейсмическим зондированием (Полетаева, 2010); пунктирными линиями обозначены крупные разломы.

Во-вторых, это особенности грязевого вулканизма Южно-Каспийской впадины (Дадашев и др., 2003), обусловленные неравномерным перераспределением глинистого материала майкопской свиты. Максимальный раздвиг мощности майкопской свиты характерен для западной части Южного Каспия. Такое «однoboкое» нагнетание глинистого материала в последующем, вероятно, предопределило и более высокую плотность, а также активность грязевого вулканизма в азербайджанском секторе Южного Каспия по сравнению с туркменским.

В-третьих, гипотеза метеоритного удара может объяснить причину великой акчагыльской трансгрессии, которая возникла вслед за балаханским веком и распространилась далеко на север вплоть до широты Казани. Поиск причин этой трансгрессии ведется с XIX в. и ознаменован множеством бесплодных попыток найти тот древний пролив, по которому воды Мирового океана могли бы обеспечивать подпитку Акчагыльского моря. Камнем преткновения при этом является и проблема происхождения акчагыльской фауны, которая обладает ярко выраженным эндемизмом, отличающим ее от обитателей всех соседних водоемов и Мирового океана.

В-четвертых, в рамках гипотезы метеоритного удара находит свое объяснение и своеобразное современное «сейсмическое затишье» центральной части Южно-Каспийской впадины, наблюдаемое на фоне множества землетрясений в обрамлении этой впадины в пределах Средиземноморско-Альпийского подвижного пояса.

По данным геологического разреза Южно-Каспийской впадины были оценены размеры астероида с учетом того, что форма кратера изменилась незначительно от эрозийных процессов (Геворкян и др., 2011). Для сферических тел различной плотности, принимая в среднем скорость во время удара о Землю равной 30 км/с, получены следующие размеры радиуса предполагаемого астероида: каменного – 19.1 км, железного – 13.9 км, ледяного – 20.3 км. По размерам впадины и времени осадконакопления было вычислено время события – 5.9-7.3 млн. лет назад.

Другим важным выводом является механизм поднятия мантийного вещества в центре впадины. Образование ударного кратера глубиной 30 км уменьшило нагрузку вышележащих пород на мантию в месте падения астероида, что привело к подъему мантийного вещества и образованию купола под дном кратера. Предполагается, что данный процесс привел к смещению сейсмических очагов к периферии Южно-Каспийского кратера и формированию своеобразной зоны сейсмического затишья.

Результаты и обсуждение

Сейсмичность Каспийского региона изучена различными авторами (Иванов и др., 2002; Уломов, 2003; Идармачев и др., 2016). Северный Каспий не рассматривается из-за почти полного отсутствия землетрясений и вялости других проявлений молодой неотектоники. Во всех провинциях, начиная с северо-западной части, крупнейшие очаги землетрясений приурочены к областям неотектонических контрастов, что свидетельствует о современных дифференциальных движениях. При этом сейсмичность концентрируется в бортовых частях Дербентского, Горганского прогибов и Нижнекуринской впадины, вероятно, отражая их продолжающееся прогибание, а в южной части она приурочена к склонам горных сооружений Эльбурса, Талыша и Апшеронского порога. Основной вклад в количество выделенной сейсмической энергии вносят сильнейшие землетрясения. Больше всего их произошло в очаговых областях западной и южной окраины Южно-Каспийской впадины и ее горного обрамления. Всего зарегистрировано землетрясений: 6 с магнитудами более 7 ($M \geq 7$), 7 – с $M=6.5-6.9$ и 20 – с $M=6.0-6.4$.

Для анализа современной сейсмичности исследуемого района были использованы данные глобального сейсмического мониторинга IRIS. Картограмма эпицентров землетрясений магнитудами $M \geq 3.5$, происшедших в Каспийском регионе за последние 49 лет, показывает кольцевую структуру и приуроченность к береговой полосе (рис. 2).

По своему глубинному строению район Каспийского моря делится на три основные части: северную, центральную и южную. В сейсмогеодинамическом отношении наибольший интерес представляет центральная часть Каспия, являющаяся областью активного сочленения Кавказ-Копетдагской альпийской геологической структуры и Скифско-Туранской эпигерцинской платформы. Цепочка эпицентров землетрясений трассируется от территории Туркмении и пролегает вдоль Большого Кавказа. Они охватывают Евразийскую межконтинентальную сферу происходящих процессов аридизации, опустынивания.

Предлагаемая картограмма (рис. 3) подтверждает выводы, сделанные ранее (Иванов, 2002) о том, что очаги землетрясений образуют кольцевую структуру и приурочены к областям неотектонических контрастов, при этом они совпадают с разломами прибрежной зоны Каспия: Аджичайский, Апшеронский порог, Большой Балахан, Главный Кавказский надвиг, Главный Копетдагский разлом, Горганский прогиб, Дагестанский клин, Дербентский прогиб, Эльбрус, Юго-Восточный Кавказ и другие.

В работах, посвященных Южно-Каспийской впадине (Копничев, 2009, 2013), показано, что формирование кольцевых структур связывается с эффектом самоорганизации геологической системы, обеспечивающей подъем глубинных флюидов. После сильных землетрясений подъем флюидов из верхней мантии происходит гораздо интенсивнее для сбросов и сдвигов, чем для взбросов и надвигов. Дело в том, что в условиях горизонтального растяжения формируются сбросы и сдвиги, при этом имеет место наибольшая проницаемость горных пород.

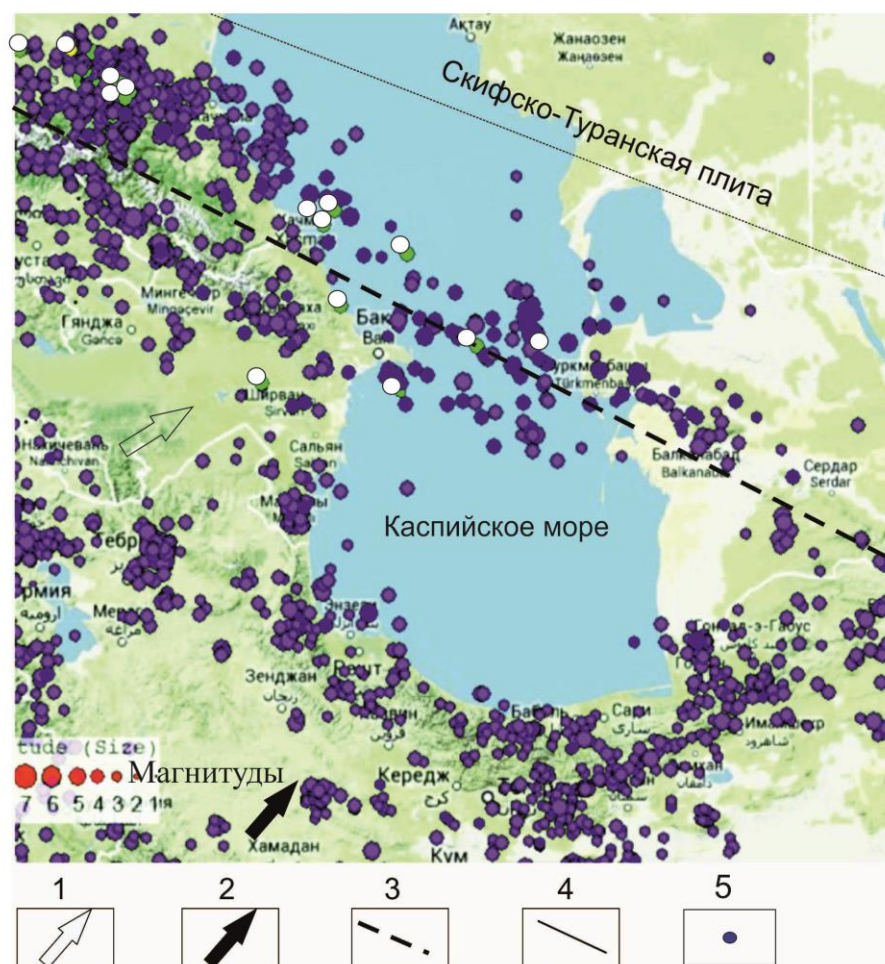


Рис. 2. Картограмма эпицентров землетрясений Каспийского региона за период 1970-2019 гг. *Условные обозначения:* 1 – направление движения Восточного Кавказа, 2 – территории Ирана, 3 – зона Большого Кавказа, Центрального Каспия и Копетдага, 4 – граница Скифско-Туранской плиты, 5 – эпицентры землетрясений в интервале глубин от 5 до 70 км, белым цветом отмечены очаги землетрясений ниже 70 км.

Различие доли свободных флюидов позволяет объяснить и разные периоды повторяемости сильных землетрясений. Например, для $M=8$ эти величины в зонах субдукции (Япония) составляют в среднем 100 лет, в то время как землетрясения внутри плит в районах Алтая, Монголии – 2-3 тыс. лет (Рогожин и др., 2002; Tarronnier et al., 1979).

Механизм кольцевой геологической структуры Южно-Каспийской впадины можно объяснить различием скорости подъема флюидов в ее центральной части и обрамлениях. В результате удара астероида центральная часть подверглась сжатию, а вокруг образовались трещинные зоны разломов, проницаемые для флюидов. На рисунке 3 показана картограмма активных разломов Каспийского региона (Иванов, Трифонов, 2002). В Южном Каспии разломные зоны протягиваются в пределах акватории вдоль активных взбросов и правых взбросов-сдвигов за исключением Туркменской части.

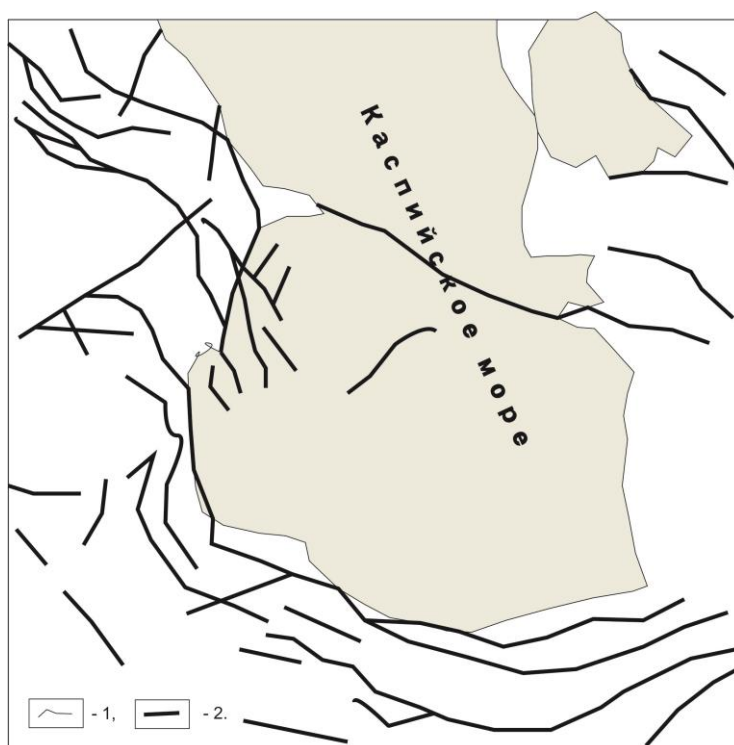


Рис. 3. Картограмма активных разломов Каспийского региона (Иванов, Трифионов, 2002). Условные обозначения: 1 – береговая линия Каспийского моря, 2 – разломы.

Механизм образования разломов кольцевой структуры в Южном Каспии подтверждается расчетными данными распределения вертикальных упругих напряжений по глубине от сосредоточенной силы, приложенной к плоской поверхности (Осипов, 2013). Они показывают, что касательные напряжения концентрируются на краях нагрузки, а вертикальные напряжения постепенно затухают с глубиной, создавая в центральной части нагрузки области сжатия. Если нагрузкой является шарообразное тело, то область касательных напряжений будет иметь форму кольцевой структуры, образуя тем самым зону максимальной концентрации вертикальных трещин.

Выводы

На территории Южного Каспия преобладающее большинство очагов землетрясений расположено по береговой части, образуя кольцевую структуру, приуроченных к областям неотектонических контрастов, совпадающих с разломами прибрежной зоны Каспия. Центральная часть впадины асейсмична, гипотетически она является кратером космического происхождения. Механизм образования кольцевой структуры Южно-Каспийской впадины можно объяснить различием скорости подъема флюидов в ее центральной части и обрамлении. В результате удара астероида центральная часть подверглась сжатию, а вокруг образовались трещинные зоны разломов, проницаемые для флюидов. Активные разломы Каспийского региона протягиваются в пределах акватории вдоль активных взбросов и правых взбросов-сдвигов за исключением Туркменской части. Аргументами в пользу такой гипотезы являются изменившиеся условия обитания фауны и флоры района и сеймотектонические особенности, соответствующие механике кратерообразования космической природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артюшков Е.В. 2005. Механизм образования Прикаспийской впадины // Доклады РАН. Т. 416. № 5. С. 494-499.
 Геворкян С.Г., Голубов Б.Н. 2011. О признаках импактного происхождения Южно-Каспийской впадины // Планета Земля. №. 1. Т. 3. С. 132-139.
 Дадашев Ф.Г., Мамедова П.А., Полетаев А.В. 2003. Зональное распределение грязевых вулканов в

- нефтегазоносных областях // Геология нефти и газа. № 1. С. 18-20.
- Иванов Т.П., Трифонов В.Г.* 2002. Сейсмотектоника и современные колебания уровня Каспийского моря // Геотектоника. № 2. С. 27-42.
- Идармачев Ш.Г., Магомедов А.Г.* 2016. О современных динамических изменениях уровня Каспийского моря // Аридные экосистемы. Т. 6. № 2. С. 95-99. [*Idarmachev Sh.G., Magomedov A.G.* 2016. Present-day dynamic changes in the Caspian Sea level // *Arid Ecosystems*. Vol. 6. No. 2. P. 95-99.]
- Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н.* 2013. Кольцевые структуры сейсмичности, формирующиеся в континентальных районах перед сильными землетрясениями с различными механизмами очагов // Геофизические исследования. № 1. С. 5-15.
- Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н.* 2009. Кольцевая сейсмичность в разных диапазонах глубин перед сильными и сильнейшими землетрясениями в зонах субдукции // Доклады РАН. Т. 425. № 4. С. 539-542.
- Осипов В.И.* 2013. Физико-Химическая теория эффективных напряжений в грунтах // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. №1. С. 3-24.
- Полетаева Е.В.* 2010. Региональные разломы Каспийского моря по комплексу геофизических данных // Научное обозрение. № 1. С. 3-8.
- Рогожин Е.А., Платонова С.Г.* 2002. Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. М.: ОИФЗ РАН. 130 с.
- Уломов В.И.* 2003. Объемная модель динамики литосферы, структуры сейсмичности и изменений уровня Каспийского моря // Физика Земли. № 5. С. 5-17.
- Фельдман В.И.* 1999. Астропроблемы – звездные раны Земли // Соросовский образовательный журнал. № 9. С. 67-74.
- Шихалибейли Э.Ш., Гасанов А.Г., Тагиев Р.Э., Метакса Х.П.* 1984. К вопросу о строении и формирования впадины Южного Каспия (по новым данным) // Очерки по геологии Азербайджана: Достижения геологической науки Азербайджана. Баку. С.61-84.
- Bralover T.J., Paul C.K., Leckie R.M.* 1997. The Cretaceous-Tertiary boundary cocktail: Chicxulub impact triggers margin collapse and extensive sediment gravity flows // *Geology*. Vol. 26. No. 4. P. 331-334.
- Tarponnier P., Molnar P.* 1979. Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia and Baikal regions // *Journal of Geophysical Research*. Vol. 84. P. 3425-3459.