

## ИНДО-АЗИАТСКАЯ КОЛЛИЗИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТИБЕТА НА ШИРОТЕ СУБТРОПИКОВ

© 2025 г. А.А. Никольский, Е.А. Ванисова

*Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН  
Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 14. E-mail: bobak@list.ru*

Поступила в редакцию 03.11.2024. После доработки 01.06.2025. Принята к публикации 01.07.2025.

В статье рассматривается влияние Индо-Азиатской коллизии на формирование аридных экосистем, охватывающих огромную территорию в зоне субтропиков. Показано, что поднятие Тибетского нагорья на высоту более 4000 м над уровнем моря БС и дождевая тень, создаваемая Гималаями, Каракорумом и Гиндукушем, являются основными причинами недостатка влаги на большей части Тибета. Для характеристики природной зональности Цинхай-Тибетского нагорья использована классификация растительных зон, предложенная в работе D.H.S. Chang (1981). Индо-азиатская коллизия рассматривается как экологический фактор (мегафактор), первичный по отношению к факторам, сформированным коллизионными процессами.

*Ключевые слова:* Тибет, Индо-Азиатская коллизия, аридные экосистемы, растительные зоны, экологический мегафактор.

**DOI: 10.24412/1993-3916-2025-3-68-71**

**EDN: HYSYNE**

Тибет, Тибетское нагорье, или Цинхай-Тибетское нагорье – самое обширное (общая площадь составляет около 2.5 млн. км<sup>2</sup>) и высоко поднятое (средняя высота 4500 м н.у.м. БС) плато в мире и одновременно одно из самых больших по площади пространств аридных экосистем Евразии. Происхождение нагорья связывают со столкновением континентальных плит – с Индо-Азиатской коллизией<sup>1</sup> (Богатиков и др., 2010; Yang, Liu, 2013).

Задача нашего краткого сообщения состоит в том, чтобы обратить внимание на ключевую роль Индо-Азиатской коллизии как экологического *мегафактора* (Nicol'skii, Vanisova, 2024), ставшего первопричиной формирования горной пустыни на широте климатической зоны субтропиков примерно между 30° и 40° с.ш. (Юсов, 1958; Бабаев и др., 1986).

Хотя абсолютные высоты в Тибете могут достигать 7000 м н.у.м. БС, относительное превышение обычно составляет 500-1000 м (Chang, 1981).

Желание обратить внимание на Индо-Азиатскую коллизию как *ключевой* фактор формирования природных зон – или экологический мегафактор (Nicol'skii, Vanisova, 2024) – возникло у нас в процессе изучения экологии и распространения гималайского сурка *Marmota himalayana* (Hodgson, 1841; Громов и др., 1965). Ареал этого вида простирается далеко на юг, достигая 25-27° с.ш. Южная граница его распространения одновременно является южной границей распространения рода *Marmota* (Никольский, Улак, 2005). На такой низкой широте комплекс факторов, соответствующих экологической нише сурков (прежде всего, температурный режим), возможен только на большой высоте, начиная примерно с 3000 м н.у.м. БС (Никольский, Улак, 2006). Для гималайского сурка *первопричиной* (экологический мегафактор) вторичных по отношению к ней факторов, лимитирующих его экологическую нишу, оказалась Индо-Азиатская коллизия, поднявшая огромное пространство суши на большую высоту и создавшая таким образом экологические условия для формирования природных зон, не свойственных низким широтам.

Очевидно, что поднятие Тибета, приведшее к формированию огромных по площади аридных экосистем, не ограничивается влиянием на распространение сурков. Оно затрагивает исторические судьбы множества видов растений и животных.

<sup>1</sup> Индо-Азиатская коллизия – процесс субдукции Индийской литосферной плиты под Евразийскую плиту (прим. авт.).

### Материалы и методы

Исследование проведено на основе опубликованных источников о происхождении Тибетского нагорья и формировании его природных зон. Анализируется роль Индо-Азиатской коллизии в образовании аридных экосистем Тибета на широте субтропиков. Также использованы ранее опубликованные результаты наших собственных исследований экологии гималайского сурка. Регион исследования представлен на рис. 1.

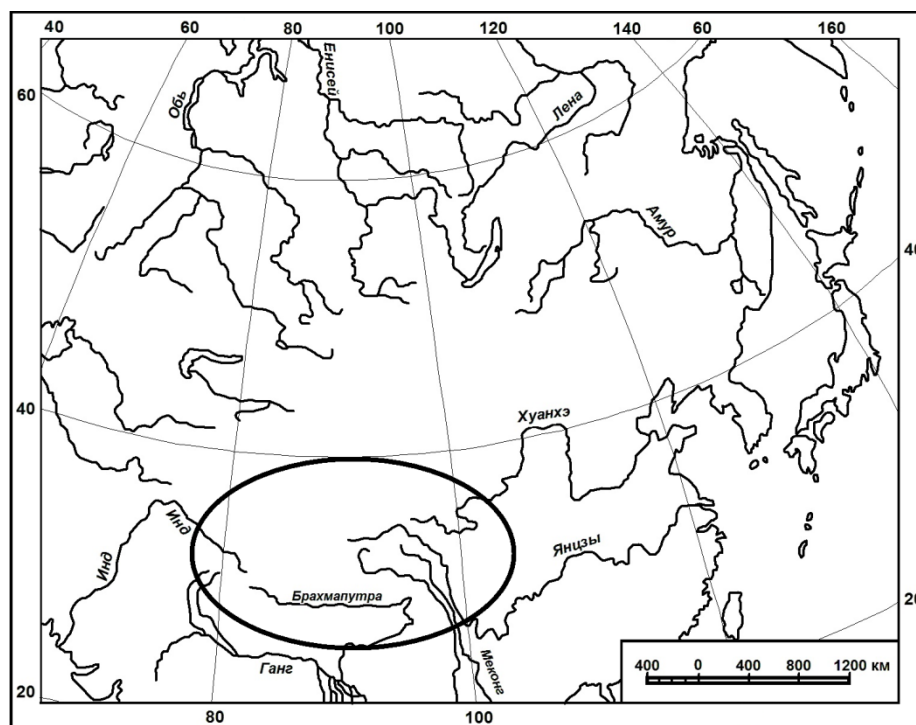


Рис. 1. Регион максимального поднятия поверхности в результате Индо-Азиатской коллизии.

### Результаты и обсуждение

Первоначальное столкновение плит в центрально-восточных Гималаях датируется средним Палеоценом – около 59 млн. лет назад (Hu et al., 2016). Собственно Тибетское нагорье начало формироваться примерно 50 млн. лет назад, но уже 40 млн. лет назад достигло современной высоты около 4000 м н.у.м. БС (Mulch, Chamberlain, 2006). Индо-Азиатская коллизия, приведшая к формированию Тибета и Гималаев, распространила своё влияние далеко вглубь Азии (Molnar et al., 2010). Основное влияние Индо-Азиатской коллизии как экологического мегафактора (Nikol'skii, Vanisova, 2024) заключается в *поднятии огромной площади суши на относительно большую высоту*, что неизбежно сопровождается не только высотной поясностью и широтно-долготной зональностью, но и характерной только для Тибета зональностью высокогорного плато (англ. «high plateau zonation»; Chang, 1981).

Некоторые авторы подвергают сомнению влияние столкновения плит на орогенез Тибета и Гималаев, называя Индо-Азиатскую коллизия «мифом» (Spicer et al., 2020). По их мнению (Spicer et al., 2020), образование сложного рельефа Тибета вызвано множеством факторов и началось до Индо-Азиатской коллизии. Мы, не вступая в дискуссию по данному вопросу, придерживаемся преобладающей точки зрения на образование Тибетского нагорья. Более того, можно абстрагироваться от конкретных геологических процессов, приведших к поднятию Тибета, оставив в качестве аргумента бесспорный факт существования гигантского сухопутного острова в Центре Азии, поднятого более чем на 4000 м н.у.м. БС.

Рассматривая природные зоны на территории Тибета, мы используем классификацию «растительных зон Тибета», предложенную в работе D.H.S. Chang (1981). Всего в пределах Тибета он

выделяет 7 таких зон (Chang, 1981). Каждая из них обусловлена факторами как широтно-долготной зональности, так и высотной поясности, к которым добавляется влияние орографии самого нагорья на движение воздушных масс. Ниже, сохраняя нумерацию растительных зон (Chang, 1981), мы перечисляем основные климатические и высотные характеристики каждой из них, обращая внимание на доминирование в пределах Тибета факторов, свойственных аридным экосистемам.

I – зона тропических горных лесов южного склона Гималаев: высота – 200-7765 м н.у.м. БС, отличается наибольшим разнообразием высотных поясов, среднегодовая температура в нижней части гор превышает  $+20^{\circ}\text{C}$ , годовые осадки – больше 2500 мм;

II – зона субтропических горных хвойных лесов юго-восточного Тибета: высота – более 2000 м н.у.м. БС, температура колеблется в широких пределах, годовые осадки – 500-1000 мм;

III – зона плато с высокогорными холодными лугами и низкими кустарниками восточного Тибета: высота – 4000-4500 м н.у.м. БС, среднегодовая температура составляет от  $-3$  до  $0^{\circ}\text{C}$ , годовые осадки – 400-700 мм;

IV – зона долинных ксерофитных кустарниковых степей верховьев Брахмапутры: высота – 3500-4500 м н.у.м. БС, находится в дождевой тени Гималаев, среднегодовая температура –  $+4-8^{\circ}\text{C}$ , годовые осадки – 300-500 мм, к западу – ниже 200 мм;

V – зона плато с высокогорными холодными степями северного Тибета: высота – 4500-5200 м н.у.м. БС, среднегодовая температура составляет от  $-2$  до  $0^{\circ}\text{C}$ , годовые осадки – 100-300 мм;

VI – зона плато с горными пустынями западного Тибета: высота – 3000-4300 м н.у.м. БС, средняя температура июля  $+15^{\circ}\text{C}$ , но зимой может опускаться ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , годовые осадки – 50-75 мм;

VII – зона высокогорных холодных пустынь северо-западного Тибета: высота – более 5000 м н.у.м. БС, среднегодовая температура составляет от  $-8$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ , годовые осадки – 20-50 мм, к востоку их больше – 100-150 мм.

Каждая из выделенных зон характеризуется растительными доминантами и ключевыми экологическими факторами, оказывающими основное влияние на видовой состав и разнообразие растительного сообщества. Согласно предложенному пространственному распределению растительных зон (Chang, 1981, рис. 5 на с. 35), в пределах Тибета абсолютно доминируют высокогорные холодные степи на севере Тибетского нагорья (растительная зона V). В растительном покрове преобладают подушковидные формы, такие как песчанки (*Arenaria muscififormis* Triana & Planch.), проломники (*Androsace tapete* Maxim.) и тилакоспермум (*Thylacospermum rupifragum* (Kar. & Kir.) Schrenk).

В коллективной монографии «Пустыни» (Бабаев и др., 1986) на странице 100 опубликована сильно уменьшенная и упрощенная карта «Растительные зоны Тибета», очевидно заимствованная из работы D.H.S. Chang (1981, рис. 5 на стр. 35), однако источник не указан.

Территорию на севере Тибета обычно выделяют в физико-географический район (или подрайон) Чангтан – Chiangtang (Юсов, 1958; Chang, 1981). Этой территории, которая в наибольшей степени характеризует аридный облик Тибета, свойствен относительно сухой и холодный климат, сформированный, мы подчеркиваем, процессами, запущенными Индо-Азиатской коллизией. Стена Гималаев, поднятая столкновением континентальных плит, закрывает плато от проникновения тёплого и влажного воздуха с Индийского океана. На протяжении миллионов лет Тибет был обречён находиться в дождевой тени высочайших гор: Гималаи на юге и Каракорум на западе обгоняли Тибетское нагорье по темпам роста (Бабаев и др., 1986). В период летнего муссона гигантская масса тепла и влаги оседает на южных склонах Гималаев. А высокое положение основной части Тибета (4000-4500 м н.у.м. БС) поддерживает относительно холодный климат. В Южной Азии при подъёме на каждые 100 м температура понижается на  $0.65^{\circ}\text{C}$  (Климаты Зарубежной Азии, 1975). На высоте Тибета по сравнению с уровнем Мирового океана средняя температура воздуха в приземном слое ниже примерно на  $25^{\circ}\text{C}$ .

Все остальные растительные зоны Тибета занимают относительно небольшую площадь и распределяются по периферии территории высокогорных холодных степей, создавая природное разнообразие Цинхай-Тибетского нагорья.

Тибет расположен в климатической зоне *субтропиков*, примерно между  $30^{\circ}$  и  $40^{\circ}$  с.ш. (Юсов, 1958). Б.В. Юсов (1958) одним из первых обратил внимание, что суровый климат Тибета обусловлен его значительной высотой над уровнем моря и дождевой тенью, создаваемой горным

обрамлением (не только Гималаями) Тибетского нагорья: «Особенности климата Тибета определяются огромной абсолютной высотой и изолированностью его территории. Стоящие на юге Гималаи, а на западе Каракорум, Гиндукуш и западно-гималайские хребты затрудняют доступ в Тибет влаги – в первом случае с Индийского океана, а во втором – с Атлантического. Всё это обуславливает низкую температуру и крайне малую влажность воздуха почти на всей тибетской территории (в четыре раза меньше, чем на уровне моря). Поэтому, несмотря на то, что Тибет расположен в тех же широтах, что и южная часть Средиземного моря и северная окраина Африки, климат на большей части его территории суровый, резко континентальный...» (Юсов, 1958, с. 85-86).

### Выводы

Столкновение континентальных плит, называемое Индо-Азиатской коллизией, создало сложные формы рельефа со значительным вертикальным расчленением, специфической высотной поясностью и широтно-долготной зональностью, что привело к возникновению уникальных природных зон региона. Индо-Азиатская коллизия сыграла ключевую роль в формировании горных аридных экосистем, не свойственных широте субтропиков. Если бы не Индо-Азиатская коллизия как экологический мегафактор, который поднял Тибет на 4.5 км над уровнем Мирового океана и создал для него дождевую тень, то территорию Тибета занимали бы, вероятно, дождевые леса, характерные сейчас для южного подножия восточных Гималаев, и субтропическая растительность в нескольких вариантах, повторяющих различные регионы субтропиков Северного полушария.

*Финансирование.* Работа выполнена за счет собственных средств авторов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабаев А.Г., Дроздов Н.Н., Зонин И.С., Фрейкин Э.Г. 1986. Пустыни / Ред. Э.М. Мурзаев. М.: Мысль. 318 с.
- Богатиков О.А., Коваленко В.И., Шарков Е.В. 2010. Магматизм, тектоника, геодинамика Земли. Связь во времени и в пространстве // Труды Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии: новая серия / Ред. В.В. Ярмолюк. Вып. 3. М.: Наука. 606 с.
- Громов И.М., Бибииков Д.И., Калабухов Н.И., Мейер М.Н. 1965. Фауна СССР. Т. 3: Млекопитающие. Вып. 2: Наземные белчьи (Marmotinae). М.-Л.: Наука. 467 с.
- Климаты Зарубежной Азии. 1975 / Ред. А.Н. Лебедева, И.Д. Копанева. Л.: Гидрометеиздат. 448 с.
- Никольский А.А., Улак А. 2005. Об ареале гималайского сурка (*Marmota himalayana*, Rodentia, Sciuridae) в Непале как южном пределе распространения рода *Marmota* // Зоологический журнал. Т. 84. № 2. С. 282-284.
- Никольский А.А., Улак А. 2006. Ключевые факторы экологической ниши гималайского сурка *Marmota himalayana* Hodgson (1841) // Экология. № 1. С. 50-56.
- Юсов Б.В. 1958. Тибет. М.: Государственное изд-во географической литературы. 224 с.
- Chang D.H.S. 1981. The Vegetation Zonation of the Tibetan Plateau // Mountain Research and Development. Vol. 1. No. 1. P. 29-48.
- Hu Xiumian, Garzanti E., Wang Jiangang, Huang Wentao, Wei A., Webb A. 2016. The Timing of India-Asia Collision Onset – Facts, Theories, Controversies // Earth-Science Reviews. Vol. 166. P. 264-299.
- Molnar P., Boos W.R., Battisti D.S. 2010. Orographic Controls on Climate and Paleoclimate of Asia: Thermal and Mechanical Roles for the Tibetan Plateau // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. Vol. 38. P. 77-102.
- Mulch A., Chamberlain C.P. 2006. The Rise and Growth of Tibet // Nature. Vol. 439. P. 670-671.
- Nikol'skii A.A., Vanisova E.A. 2024. Ecological Megafactors in the Formation of the Range of the Himalayan Marmot *Marmota himalayana* (Hodgson, 1841) / Eds. M. Hartmann, M.V.L. Barclay, J. Weipert. Biodiversität und Naturlausstattung im Himalaya VIII. Erfurt: Naturkundmuseum. P. 543-545.
- Spicer R.A., Su T., Valdes P.J., Farnsworth A., Wu F.-X., Shi G., Spicer T.E.V., Zhou Z. 2020. Why the 'Uplift of the Tibetan Plateau' is a Myth // National Science Review. Vol. 8. No. 1. 19 p.
- Yang Y., Liu M. 2013. The Indo-Asian Continental Collision: A 3-D Viscous Model // Tectonophysics. Vol. 606. P. 198-211.