

УДК 551.4(517)

Б.Н. Лузгин

**Масштабы и темпы преобразования
сеймотектонического рельефа Болнайской зоны
разломов в Северной Монголии***

B.N. Luzgin

**The Transformation Scale and Speed of the Seismotectonic
Relief of the Bolnajskoj Fault Zone in Northern Mongolia**

Результаты геоморфологического изучения основной разломной зоны крупнейших Хангайских землетрясений 1905 г. выявили существенные преобразования рельефа в этом регионе, обусловленные как самим основным сейсмическим проявлением, так и позднейшими событиями. Методологической основой исследования являлось дешифрирование материалов космических цифровых съемок, проведенных по системе Google. Установлена зональность, заключающаяся в приуроченности к главной серии разрывов грядовых горных систем, проявлении ребристых форм водораздельных и склоновых экспозиций гор, изменении рисунков и структуры эрозионных долин. Дана предварительная оценка объема произведенных за последние 100 лет геоморфологических преобразований на площади порядка 1400 км², что примерно соответствует 10–15% территории системы Русского Алтая. Это согласуется с разрабатываемыми автором представлениями о гетерогенном и разноплановом характере развития комбинированных горных систем, сочетающихся с относительной перманентностью процессов горообразования.

Ключевые слова: хангайские землетрясения, Болнайские зоны разломов, горные системы, грядовые и ребристые формы горного рельефа, открытая эрозионная долина, гетерогенность горообразования.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.1-21

Введение. Одной из ключевых проблем геоморфологии гор является характер, интенсивность и соотношение эндогенных и экзогенных факторов горообразования. В географической литературе последнего времени стали преобладать работы о глобальной тектонике плит [1], посвященные тектоническим факторам горообразования [2] или их формированию под влиянием внешних климатических условий [3]. Наиболее апробированным методом оценки деструктивно-аккумулятивных преобразований горного рельефа является анализ коррелятивных горообразова-

The results of the main fault zone geomorphological study of the largest earthquakes in the Khangai Mountains in 1905 revealed significant transformation in the topography of this region caused both by the seismic event and its after-effects. The methodological basis of the research was to decode the digital satellite imagery materials held on Google's system. It is established that there exists zonal sequence which is associated with the main series of mountain ridge system faults, the appearance of the ribbed forms of watershed and mountain slope exposures, changes of the patterns and the structure of the erosion valleys. The article contains preliminary estimation of the scope of geomorphological changes which happened during the last 100 years in the area about 1400 square kilometers that approximately corresponds to 10–15% of the Russian Altai system territory. That is consistent with the author's ideas of a heterogeneous and multidirectional nature of the combined mountain systems development, conjoined with the relative permanence of the mountain building processes.

Key words: earthquake of Khangay, fault zones of Bolnay, mountain systems, ridge and rubble form of relief, open erosion valley, heterogeneity of mountain formation processes.

нию денудированных масс, отложенных по периферии горных областей. И, к сожалению, явно недостаточно примеров оценки этих показателей, основанных на непосредственно морфологической основе [4].

Сложность подобных построений обусловлена и существующими темпами происходящих на наших глазах преобразований угловатых форм рельефа новоявленных тектонических нарушений, которые приводят к быстрому сглаживанию их экзогенными процессами. Так, внешне эффективные проявления Чуйских землетрясений на Алтае 2003 г. спустя

* Автор благодарен за просмотр рукописи статьи и сделанные замечания А.А. Никонову.

всего год были, по существу, мало отличны от рельефа окружающих их гор [5]. Тем заманчивее выглядит перспектива сравнительного рассмотрения длительно периодических морфологических изменений в случае документально изученных районов крупных сейсмодислокаций вековой давности. Таким благоприятным для подобных исследований регионом является зона Болнайских разломов Хангайских гор в Северной Монголии.

По существу, сделана попытка «вычленения» структуры и параметров деформации рельефа этого района за вековой период, непосредственно последовавший за крупнейшими сеймотектоническими событиями 1905 г., из общего комплекса произошедших здесь геоморфологических преобразований, связанных с тектоническими факторами формирования Болнайской разломной тектонической структуры. За координаты отсчета этих изменений были приняты те осевые линии основных разломов, которые проявились одновременно с экстремальными событиями самого землетрясения и которые были зафиксированы сразу же «по горячим следам». Именно они являются теми исходными морфологическими элементами, которые определяли направление дальнейшего развития рельефа данной местности, так же, как это происходит при любых других природных процессах, играющих роль триггерного (спускового) эффекта.

Этим и обуславливались поставленные задачи исследований, методологической основой для которых послужило в основном изучение цифровых космических изображений региона.

Прошло более чем сто лет с тех пор, когда в Центральной Азии случилось одно из крупнейших континентальных сеймотектонических событий — Хангайские землетрясения 1905 г. [6]. Эти мощные землетрясения первоначально были обследованы А.В. Воскресенским¹ и В.Ч. Дорогостайским², составившим документальные схемы выявленных разрывов (рис. 1). Первый их акт — Цэцэрлэгский (9 июля) — разрился образованием ряда крупных открытых тектонических швов суммарной протяженностью до 130 км вдоль южной окраины нагорья Сенгелен, расположенного на восточном продолжении Танну-Ольской горной системы. А затем, спустя всего 14 дней (23 июля), несколько южнее, вдоль северной части горного массива Хангай в результате собственно Болнайских землетрясений были вспороты широтные тектонические швы протяженностью 325 км, простирающиеся от главной вершины горной системы Хан-Хухей (2928 м) на западе до крупного лопастно-ветвистого озера Сангийн-Далай на востоке. Оба этих события относятся к категориям высоко-

комагнитудных ($M = 7.6$ первое и 8.2 второе). Были зафиксированы моментальные латеральные смещения до 2–2,5 и 2,5–6,5 м соответственно, и вертикальные до 2,5 м.

В.Г. Трифонов, анализируя деформации Хангайской зоны разломов, пришел к выводу, что подобная 1905 г. событийность может здесь повторяться в среднем раз в 1200 лет [7]. По рисунку четвертичной речной сети и анализу развития аллювиальных отложений он восстановил формирование левостороннего сдвига вдоль восточной ветви Хангайского разлома, который привел к смещению разорванных русел на 06–10 км. В отдельные периоды величина горизонтальных смещений была 70–100, 150–180 и 300–350 м. А в долине р. Голутын-Гол они могли достигать даже 4 км.

Экспрессивность их в рельефе не менее эффективна даже по сравнению с другим из грандиознейших сеймотектонических событий, произошедших здесь же, в Центральной Азии, — Гоби-Алтайского, проявившегося на полвека позднее (в декабре 1957 г.) [8].

Характеристика морфологии Хангайской тектонической системы. Общая протяженность всей Хангайской системы разломов, центральное положение в которой занимают Болнайские дизъюнктивные деформации, составляет более 1 тыс. км, если включить Хан-Хухейскую горную систему на западе и Селенгинскую серию широтных разломов на востоке. В ее пределах выделяется три типа композиций дизъюнктивных дислокаций, существенно различающихся по морфологическим характеристикам (см. рис. 1). На западе (180 км) это резко обозначенные тектонические швы закрытого типа, простирающиеся до главной вершины хребта Хан-Хухей, которые приурочены к осевой части крупных горстовых поднятий. В центре (290 км) это открытая Болнайская тектоническая долина, прослеживается вплоть до оз. Сангийн-Далай. В восточной части она становится асимметричной, отделяясь с юга крупным и крутым тектоническим выступом, возвышающимся над уровнем долины до 400 м. Восточнее озера описываемая зона становится более разветвленной вплоть до узла слияния рек Дэлгэр-Мурен, Чулутын, Идер и Бугсэй. Далее на восток зона сужается, отклоняясь все более к северу, подчеркивая общую, выпуклую к югу, дугообразную форму всей Хангайской разломной тектонической системы.

Сама Болнайская долина, соответствующая зоне вскрытых при землетрясении 1905 г. швов Хангайских дислокаций, представляет собой открытую морфологическую структуру. Она частично контролирует речные водотоки и их фрагменты, включая истоки р. Тэс и верховья Турунов, а также широтную ленту озерных западин внутреннего стока, наиболее крупными из которых в центральной части этой тектониче-

¹ Воскресенский А.В. Карта землетрясений 9 июля 1905 г. на Цэцэрлэге (заимствована из [6]).

² Воскресенский А.В., Дорогостайский В.Ч. Выкопировка из карты (заимствована из [6]).

ской системы являются Ойгон и Баст-Наер на западе и Сангийн-Далай на востоке. Ширина долины варьирует от менее 1 до 40–45 км и характеризуется че-

редованием пережимов и резко контрастных с ними расширений. Но в целом долина расширяется по направлению с запада на восток.

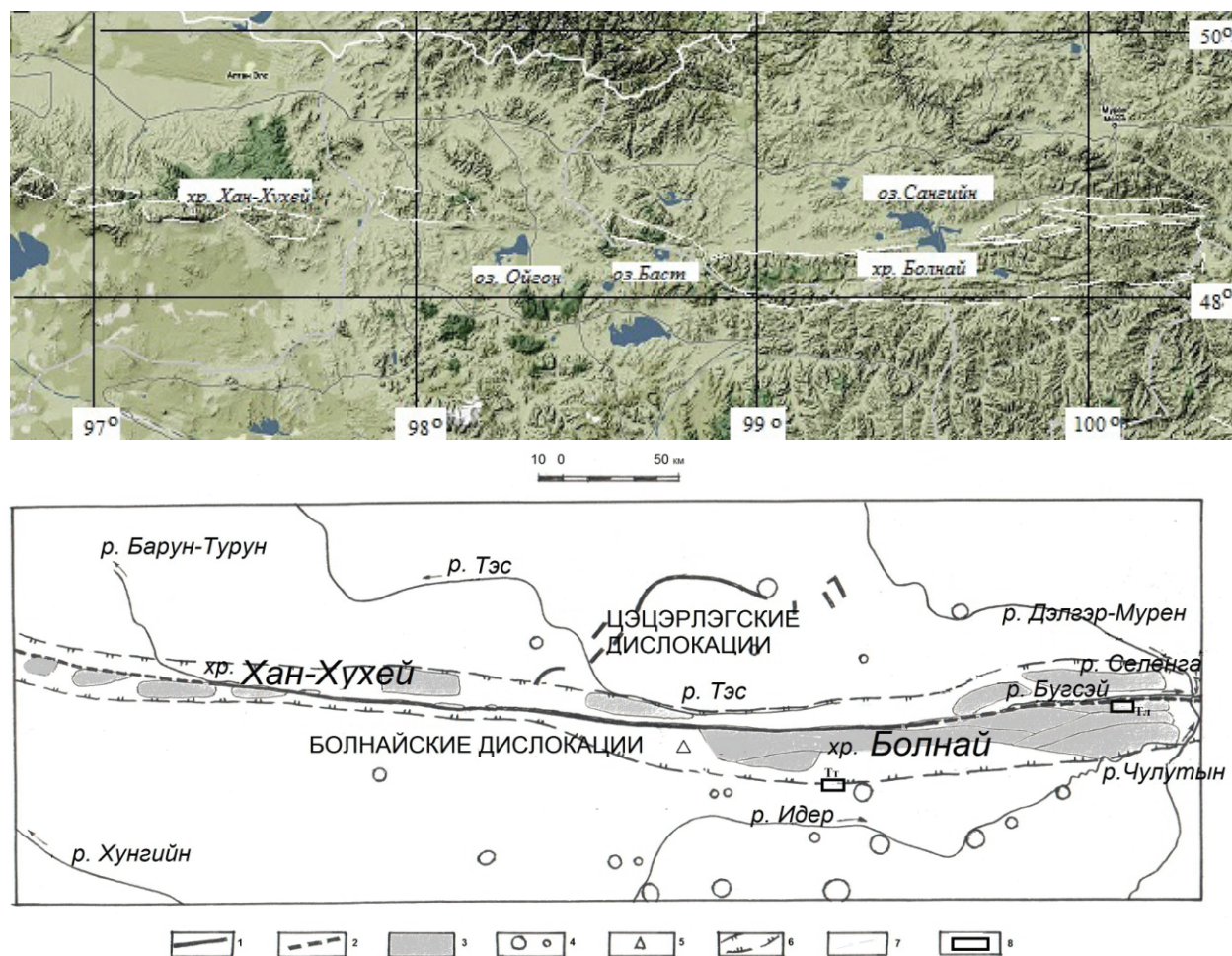


Рис. 1. Космическое изображение (вверху) и принципиальная геоморфологическая схема (внизу) Болнайской тектонической зоны: 1 — зоны открытых (зияющих) разломов; 2 — зоны «закрытых» разломов; 3 — горные гряды; 4 — кольцевые вулканические аппараты; 5 — участок проявления грязевого извержения; 6 — контуры преобразованного тектонического рельефа; 7 — контуры горных гряд, проведенные на основе космического изображения (белый пунктир); 8 — участки, детализированные на рисунках 2 и 3 (Тл — Тилинг-Дуган, Тт — Тосонцэнгел). Сплошная белая линия — граница России и Монголии. Сокращенные названия на схемах: Баст — Баст-Наер, Сангийн — Сангийн-Далай

Внутреннее строение Болнайской тектонической долины характеризуется: а) наличием продольных седловин и внутридолинных водоразделов, определяющих соответствующие направления стоков атмосферных вод, холмогорных участков; б) заметным развитием фрагментов продольных ложбин, включая их дельтавые (зачаточные) проявления; в) пологими «мягкими» склонами и присутствием локальных западин различной конфигурации, в том числе ванн озерных водоемов. Нередки положительные узкие формы рельефа в виде линзовидных одиночных островных горных выступов, трассирующих общее направление

оси долины, которые возвышаются над уровнем днища долины до 200 м. Протяженность их может достигать более 15 км. Наиболее крупные из них сопровождаются «строчками» значительно уступающих им по масштабам, но морфологически подобных образований.

Борта долины разнообразны по своей морфологии. Это могут быть пологие склоны, выполненные рыхлым делювиально-пролювиальным материалом, сужения типа теснин в местах сближенного расположения горных выступов. Там, где долина проложена в области высоко поднятых блоков, она вскрывает горный массив на глубину до 400 м. При среднем

уровне вершинной поверхности 2400 м днищу соответствуют высоты порядка 2000 м. При этом продольные ундуляции высотного положения дна долины характеризуются отклонениями от среднего ее уровня всего до 200 м.

Лишь восточнее оз. Сангийн-Далай, а еще более — узла слияния ранее обозначенных рек, уровень днища долины начинает заметно и значительно понижаться, составляя в среднем течении р. Селенги менее 800 м.

Долина малой реки Бугзэй отделена от оз. Сангийн-Далай небольшим и коротким внутридолинным водоразделом — поднятием дна Болнайской тектонической долины, не выходящим за обычные пределы ее внутренних амплитуд. Она является прямоточным вершинным притоком р. Селенги, трассирующей далее общее направление характеризующей тектонической зоны. Борты описываемой долины на ее значительном протяжении линейно четко очерчены, особенно вне зон развития делювиально-пролювиального шлейфа.

Примечательны некоторые особенности внешних очертаний озер зоны, характеризующихся обычно высокой изрезанностью береговых линий. На этом фоне необычно контрастными оказываются резкие линейные ограничения, подчеркивающие генеральное простираие Болнайской тектонической зоны, особенно у озер Ойгон, Баст-Наер, отчасти Сангийн-Далай.

Если проследживать линейно-грядовые группировки возвышенных горных выступов системы Хан-Хухей вдоль рассматриваемой тектонической зоны, то обращают на себя внимание их скопления шириной порядка 10 и более километров, следующие обычно

непосредственно севернее и параллельно Болнайской тектонической долине, протягиваясь с перерывами вплоть до окрестностей оз. Баст-Наер. Затем они концентрируются по другую сторону резко расширяющейся здесь долины в виде четко выраженной грядовой полосы шириной до 20 км общей протяженностью около 120 км. Для них характерно поперечное зональное строение. По фронту основной тектонической долины это интенсивно изрезанные эрозионными логами широкие оторочки (5–7 км), обрывающиеся крутыми фестончатыми уступами к северу. Южнее этой зоны выделяется полоса (около 8–10 км), включающая в себя зону пологого здесь водораздела и его южные склоны, пронизанные ветвящимися речными долинами этого же направления. Срединное продольное осевое понижение, разделяющее широтные ленты, обычно оконтурено резкими изломанными линейными уступами, формирующими иногда грабенообразные отрицательные морфоструктуры челночного (килевого) типа. В таких понижениях встречаются и бессточные озерные водоемы.

Восточнее оз. Сангийн-Далай параллельное полосовое расположение горных гряд становится эшелонированным, и общая ширина подобных горных группировок может достигать более 40 км. Протяженность охарактеризованной центральной грядовой морфологической ситуации превышает 100 км.

Выявляется здесь своеобразная решетчатая структура горного ландшафта, весьма напоминающая известные в структурной геологии случаи наложения друг на друга складок (структур) различных генераций (рис. 2).

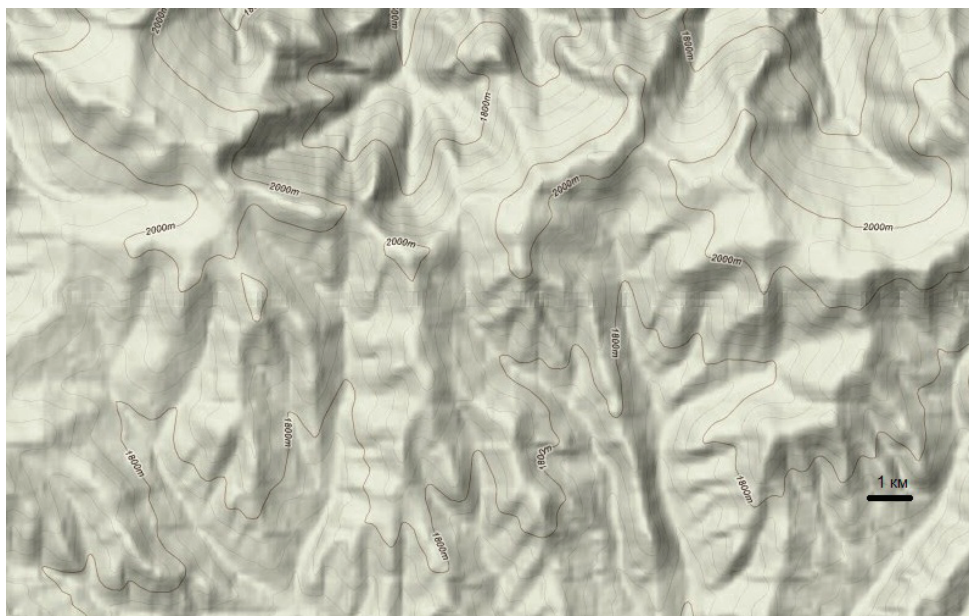


Рис. 2. Морфологические особенности зон наложения широтных грядовых группировок хребтов тектоногенного типа на меридиональные структуры эрозионных долин предшествующей генерации рельефа (участок Тилинг-Дуган)

Несколько юго-западнее описанного выше грядово-полосчатого морфологического комплекса вплотную к нему, но значительно более локально расположен участок «ребристых» гор, наиболее выра-

зительные из которых пересекают склоны и вершины гор по единому, косому по отношению к основной разломной зоне линейному плану (рис. 3). Ширина этой зоны доходит до 20 км при ее протяженности до 65 км.

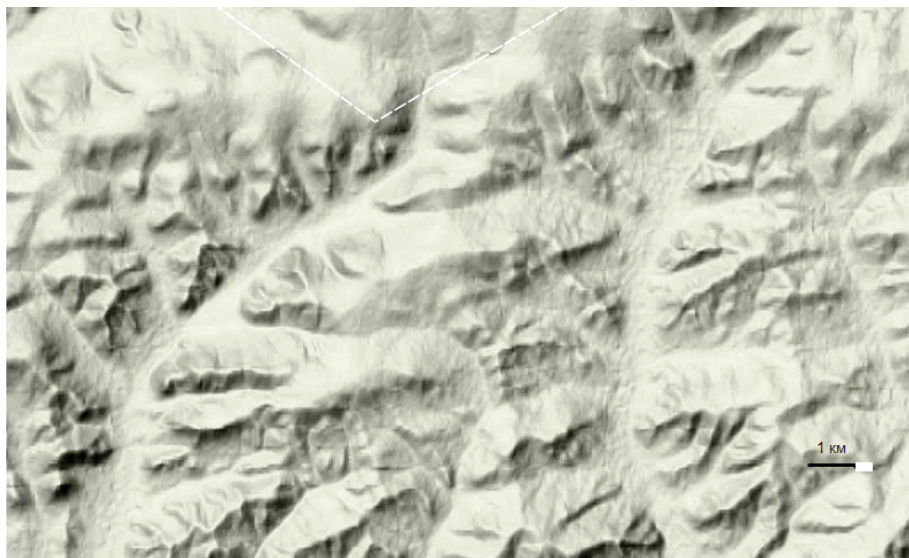


Рис. 3. Характер проявления ребристости водораздельных и склоновых экспозиций окраино-тектонической зоны морфологически преобразованного горного ландшафта (участок Тосонцэнгел). Пунктир — внутренняя административная граница МНР

Южнее описанных морфологических зон доминируют околосредиземноморские, взаимно параллельные эрозионные долины притоков р. Идер, с перистым расположением их по отношению к этой реке. Показательно, что позиция долины реки определяется трассирующими ее разломами северо-западного (на западе) и северо-восточного (на востоке) простирания, образующими между собой тупой угол.

Обсуждение. Рассмотренные выше геоморфологические ситуации отличаются тем, что они во многом предопределены поздними сейсотектоническими процессами, преобразовавшими ранее сформированный здесь рельеф Хангайских гор. Вместе с тем даже при доминировании подобных эндогенных тектонических обстановок отчетливо проявляется существенная роль экзогенных склоновых эрозионно-денудационных факторов образования рельефа. Представленный материал привлекает и с точки зрения возможностей примерной оценки масштабов и темпов перестройки морфологии горных образований относительно документально зафиксированных событий катастрофического характера. Отсутствие системных мониторинговых наблюдений не означает, что преобразованные типы рельефа обусловлены исключительно чрезвычайно активными актами тектонических событий. По-прежнему остается неопределенной реальная роль в его формировании постепенных (вероятно, и более стабильных) криповых («ползучих») форм деформаций, сбрасывать которые со счетов было бы неразумно.

Площадь описанной деформационной зоны при средней ширине около 20 км и протяженности более 700 км огромна (1400 км²), в том числе в собственно Болнайской зоне (вскрытой в результате землетрясения 1905 г.) — 680 км². То есть она соответствует около 10–15% территории гор Русского Алтая. И это, по существу, только фокусная зона тектонических деформаций системы Хангайских разломов. На флангах и по периферии этой морфологической зоны к последствиям подобных деформаций следует отнести перестройку мелкой и средней речной сети. Оформляются новые фрагменты и элементы водоразделов на границах горстовых выступов с общей наклонной эпиравнинной поверхностью на их границах со смежными равнинными участками, наиболее высоко поднятыми над нею, там, где формируется водный сток противоположного по сравнению с прежними эрозионными потоками направления.

Очевидно, что преобразование раннего рельефа Хангайских гор за прошедшее столетие с момента катастрофических землетрясений 1905 г. было весьма существенным и сопровождалось кардинальными и разнообразными изменениями прежней морфологии, с возникновением новых элементов систем горных структур и существенной сменой рисунков прежней гидрографической сети, соответствующей пространственным особенностям этих меняющихся обстановок.

Заключение. Таким образом, перманентность горных систем и исключительная обусловленность крупными геологическими циклами (каледонским, герцинским и т.п.) являются в определенной степени следствием недостаточной изученности особенностей размещения горных сооружений мира, характерных для разных этапов развития. Вероятно, горные системы отличаются постоянством их преобразования в результате непрерывно изменяющихся взаимоотношений эндогенных и экзогенных факторов формирования. В этом смысле выделение возрожденных гор на месте прежних и примерно в равных по площади размерах вряд ли является надежно обоснованным. А вот распространение гор, погребенных под последующими слоями геологических формаций, должно быть явлением, более широко распространенным.

В свое время, изучая указанный регион, С.С. Коржуев и Н.А. Флоренсов [9], подобно тому, как последний обособил в самостоятельный морфологический тип гобийские блоковые горные системы [10], выдвинули представление об особом гобийском пенеппене как морфологическом комплексе, состоящем из аккреционных равнин и останцевых гор. В результате денудационной деструкции происходило аккумулятивное дезинтегрированное материале, в результате конструктивной — разрушалась сложившаяся морфология предшествовавшего рельефа.

С учетом изложенного в данной статье материала очевидно, что эти предположения пополнились новым содержанием, не противоречащим названным принципам соотношения деструктивных и конструктивных процессов данного морфогеолиза.

Библиографический список

1. Molnar P., Tapponier P. Cenozoic tectonics of Asia: effect of continental collision // *Science*. — 1975. — Vol. 189.
2. Новиков И.С. Морфотектоника Алтая. — Новосибирск, 2004.
3. Уфимцев Г.Ф. Горы Земли (климатические типы и феномены новейшего орогенеза). — М., 2008.
4. Ollier C., Pain C. The origin of mountains. — London ; New York, 2005.
5. Лузгин Б.Н., Барышников Г.Я. Бельтирский сейсмогенный оползневой сход мерзлотных пород // *Известия Алт. гос. ун-та*. — 2005. — № 3.
6. Хилько С.Д., Курушин Р.А., Кочетков В.М. и др. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. — М., 1985.
7. Трифонов В.Г. Позднечетвертичный тектогенез. — М., 1983.
8. Гоби-Алтайское землетрясение / под ред. Н.А. Флоренсова, В.П. Солоненко. — М., 1963.
9. Коржуев С.С., Флоренсов Н.А. Деструкция и деструктивный рельеф (К итогам геоморфологических исследований в МНР) // *Геоморфология*. — 1982. — № 3.
10. Флоренсов Н.А. К проблеме механизма горообразования во Внутренней Азии // *Геотектоника*. — 1965. — № 4.