

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКОГО РАЗВИТИЯ РЕЛЬЕФА СВЯТОНОССКОГО ХРЕБТА (ОЗЕРО БАЙКАЛ) С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Бызов Л.М.

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия, leo@crust.irk.ru

В работе представлен опыт комплексного математического моделирования позднекайнозойской эволюции рельефа п-ова Святой Нос (озеро Байкал). Основной целью исследования явилось объяснение морфологических различий в рельефе южной части полуострова. В результате экспериментов было получено несколько вариантов моделей, позволяющих объяснить особенности рельефа в разных частях полуострова.

Суть комплексного математического моделирования ландшафта заключается в воссоздании рельефообразующих процессов с помощью математических выражений. Комплексность подразумевает участие в модели нескольких процессов. Общий алгоритм моделирования можно записать выражением: $\Delta z_i / \Delta t = \Delta z_{end} + \Delta z_{ex}$, где Δz_i – изменение координаты z точки i за период времени Δt , Δz_{end} – изменение z под воздействием эндогенных (тектонических) процессов, Δz_{ex} – изменение за счет экзогенных факторов. Сейчас существует множество компьютерных программ, созданных для решения задач математического моделирования, в данной работе использовалась программа CHILD (Channel-Hillslope Integrated Landscape Development), разработанная Г. Такером, Университет Колорадо [5]. Она располагает возможностью моделирования флювиальных, склоновых и тектонических процессов. Результатом работы CHILD является реконструкция рельефа земной поверхности на разных этапах развития. В большинстве случаев моделирование CHILD не ставит целью детальную реконструкцию конкретной территории, и едва ли это возможно для столь длительных периодов, моделируется стиль,

в котором происходило развитие ландшафта, и вычисляются основные морфометрические характеристики. Специализированных полевых исследований на моделируемом объекте не проводилось, и при выборе вводных параметров мы ориентировались на работы других авторов. Климатические условия воссоздавались по современным метеоданным. Формирование потока реконструировалось согласно алгоритму Бивена-Киркби [5], который предполагает, что начало стока соответствует некоторым пороговым значениям инфильтрации и водонасыщения. Характеристики русла, такие, как ширина, глубина и шероховатость дна, определялись в соответствии с закономерностями гидравлической геометрии [5]. Флювиальная эрозия в модели регулируется уравнением [1]: $E = K_e(\tau - \tau_c)^\chi$, где E – интенсивность эрозии, K_e – эрозионный коэффициент, τ – касательное сдвиговое напряжение потока, τ_c – критическое сдвиговое напряжение, χ – вспомогательный параметр. Транспортирующая способность потока описывается модифицированным уравнением Багнольда [5]: $T = K_f W(\tau - \tau_c)(\tau^{1/2} - \tau_c^{1/2})$, где K_f – коэффициент, W – ширина русла. Склоновый крип моделировался в соответствии с законами нелинейной диффузии [3]. С точки зрения тектонических условий моделируется формирование рельефа в зоне сброса с углом падения разлома 60° [4].

Непосредственным объектом моделирования в работе является восточный склон Святоносского хребта. Вдоль него наблюдается ряд характерных треугольных фасет, разделенных долинами ручьев и временных водотоков. Морфология хребта разнородна, что проявляется в различных высотах вершинной поверхности, форме и размерах фасет и русел. Отчетливо выделяются, по меньшей мере, два сегмента – южный и северный, различающиеся по рельефу. Однако поперечного разлома, который мог бы выступить в роли разделителя, не наблюдается. При этом вершинная поверхность, по всей вероятности, является единой и неразрывной, также как и линия разлома. Южный сегмент отличается меньшими высотами (с понижением по направлению к Нижнему Изголовью), крутым макроуступом и относительно слабым врезом долин. К северу длина поперечных долин увеличивается, а наклон макроуступа уменьшается. Нами предпринята попытка объяснить эту ситуацию с помощью математического моделирования.

Мы предположили, что подобные различия могут быть связаны как с вариациями тектонических условий, так и с особенностями экзогенных процессов. Скорость поднятия северного сегмента оценивается как 0.4 мм/год [2]. Южный сегмент, согласно экспериментам, мог формироваться при быстром опускании блока Баргузинского залива по сбросу, которое началось позже. Об этом говорят, с одной стороны, слабый врез долин, а с другой – меньшие высоты. Альтернативный сценарий предполагает более низкую или равную скорость поднятия, а слабый врез объясняет меньшей длиной водотоков, которая не позволяет выработать равновесный профиль. Другая причина, возможно, объясняющая морфологические различия, может заключаться в особенностях геологического строения двух зон. Северный сегмент сложен преимущественно гранитоидами, а южный – древними метаморфитами (кристаллические сланцы). Граниты более устойчивы к эрозионным процессам, а кристаллосланцы относительно легко разрушаются; следовательно, склон южного сегмента подвержен более интенсивному крипу. Как показывают эксперименты, высокие коэффициенты диффузии приводят к относительно быстрому смыву склонового материала, а глубина флювиального вреза при этом снижается. Однако этот вариант не исключает вышеназванные – литологические различия могут комбинироваться как с тектоникой, так и с особенностями геометрии склона.

Работы выполняются при частичной поддержке РФФИ (проект №12-05-98035-р_сибирь_a).

Литература

1. Attal M., Tucker G.E., Whittaker A.C., Cowie P.A., Roberts G.P. Modeling fluvial incision and transient landscape evolution: Influence of dynamic channel adjustment // *J. Geophys. Res.*, 2008. 113. F03013.

2. Саньков В.А., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И., Бызов Л.М., Ашурков С.В., Ефимова И.М., Саньков А.В., Башкуев Ю.Б., Дембелов М.Г., Гацуцев А.В. Изучение кинематики разломов центральной части Байкальского рифта с применением комплекса радиогеодезических и геолого-геофизических методов // Электронный сборник докладов «Зондирование земных покровов радарми с синтезированной апертурой». Улан-Удэ, 2010 издание JRE – ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, М. 2010.
3. Petit C., Meyer B., Gunnell Y., Jolivet M., San'kov V., Strak V., Gonga-Saholiariliva N. Height of faceted spurs, a proxy for determining long-term throw rates on normal faults: insights from the North Baikal rift system, Siberia // *Tectonics*, 2008, 28, TC6010.
4. San'kov V., Deverchere J., Gaudemer Y., Houdry F., Filippov A. Geometry and rate of faulting in the North Baikal rift, Siberia // *Tectonics*. 2000. V. 19, № 4. P. 707–722.
5. Tucker G.E. CHILD Users Guide for version R9.4.1 // Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES) and Department of Geological Sciences University of Colorado, Boulder, CO 80309 USA, 2010. 52 p.