

СОВРЕМЕННЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ЗАПАДНОГО САЯНА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Введение

Анализ взаимодействия рельефообразующих процессов – одна из наиболее интересных областей геоморфологии [1–3]. В 1978 г. Н.А. Флоренсов опубликовал свое учение о литодинамических потоках, превратившееся в один из ведущих теоретико-методических инструментов геоморфологического анализа и синтеза [4]. Теоретические работы и ряд других исследований расширили возможности применения в геоморфологии морфологических и морфометрических методов [5, 6].

В работе в рамках формулы “рельеф (его морфология) – процессы – факторы рельефообразования” и модели В. Пенка “форма – процесс – структура – скорость поднятия” осуществлено исследование геоморфологических процессов Западного Саяна [2], и выделены участки с преобладанием флювиальных или доминированием склоновых процессов [7].

Основной целью данной работы было проведение морфогенетического районирования территории и сопоставление полученных результатов с эпицентрами крупных землетрясений (энергетический класс больше девяти). Для исследования была разработана единая классификация геоморфологических процессов по соотношению элементов основной морфологической триады (водораздел – склон – днище долины) и показателю общего эрозионно-денудационного расчленения рельефа, учитывающему изменения каждого из трех морфологических элементов.

Основные положения методики

Данная методика была опубликована ранее [7], для ее создания привлекались методы дискретной математики и элементы теории графов. Целью классификации явилось выявление участков с близким соотношением общего показателя эрозионно-денудационного расчленения и элементов основной морфологической триады. Напомним, что классификация как форма систематизации объекта исследования предусматривает выделение: а) множества установленных групп подобных объектов, б) оснований, по которым объекты объединяются в группы, в) принципа, согласно которому все группы организуются в единую систему.

Формализованное описание эрозионного расчленения земной поверхности и элементов основной морфологической триады (водораздел, склон и днище долины) опирается на задание совокупности морфологических типов (морфотипов). В нашем случае морфотип – это комплексная характеристика представительного участка исследуемой территории, учитывающая густоту, глубину эрозионного расчленения и максимальные углы наклона склонов в их отношении к типичным для данной территории показателям.

Представительный участок – площадь, в пределах которой выделяются три элемента основной морфологической триады и определяются показатели густоты и глубины эрозионного расчленения и максимальный угол наклона. Исследуемая территория разбивается на серию представительных участков (квадратов) с морфологическими элементами, которые характеризуются набором этих морфометрических показателей.

Выделение реальных иерархических структур происходит с привлечением дополнительного свойства, изменения элементов которого фиксируют переход с одного уровня иерархии на другой. В работе в виде дополнительного условия выбрано одно из основных свойств земной поверхности – его эрозионное расчленение. На количествен-

ной основе свойство анализируется с привлечением показателя общего эрозионно-денудационного расчленения. Традиционно его вычисление осуществляется как проведение значений показателей густоты и глубины эрозионного расчленения [8]. Вводится комплексный показатель, характеризующий синхронные изменения элементов основной морфологической триады и показателя общего эрозионно-денудационного расчленения, что упрощает выделение ключевых признаков и осуществление классификации.

Таким образом, комплексная характеристика в пределах представительного участка отражает: 1) наличие элементов основной морфологической триады, которые оцениваются введением трех морфометрических показателей, 2) общий показатель эрозионно-денудационного расчленения, 3) современные геологические процессы, соответствующие определенному соотношению элементов основной морфологической триады, 4) географические свойства, связанные с общими морфогенетическими особенностями развития территории. Вся многогранная информация является основанием классификации.

Ключевым признаком классификации выступает набор морфометрических показателей. Формирование реальных иерархических структур потребовало применения достаточно обоснованного способа получения градаций. В настоящее время более достоверную информацию можно получить только для соотношения между углом наклона склона и процессом. Эти соотношения изучались многими исследователями (в т.ч. Г.С. Ананьевым [9] по Северо-Востоку России) и использовались при анализе территории Западного Саяна. Наши исследования показали, что незначительный объем информации об этом соотношении и почти полное отсутствие ее для других соотношений потребовали применение кластерного анализа, призванного разделить заданное множество объектов на однородные группы.

Для анализа выбранных значений показателей разработана процедура трехзначного кодирования по типичности [7], которую рационально применять в тех случаях, когда фактический материал дает картину, напоминающую унимодальное распределение. Диапазон значений показателя делился на три градации: значения меньше типичного, типичные значения и больше типичных. Первые кодировались нулем, вторые – единицей и третьи – двойкой. Таким образом, теоретически каждый представительный участок может характеризоваться одной из двадцати семи возможных комбинаций этих чисел. Например, у представительного участка 110 значения густоты (первая цифра) и глубины (вторая цифра) эрозионного расчленения являются типичными, а угол наклона (третья цифра) меньше типичного. Эти градации также задаются для оценки изменений комплексного показателя.

Выделение типичной составляющей направлено на реализацию функционального подхода и опирается на выделение гомеостатического равновесия, характеризующего максимальное ограничение воздействий внешней и внутренней среды и сохранение в системе относительного постоянства структуры и функции. Типичная составляющая отражает равновесие морфологической структуры и процесса.

Третьей составной частью классификации является тот общий принцип, который составляет основу классификационной системы в целом. Этот принцип определяет как общность свойств у отдельных объектов, так и характер отношений между разными группами. В нашем случае в основание классификации положены несколько устойчиво сосуществующих или коррелированных свойств.

В историческом аспекте изменения элементов на представительном участке носят закономерный характер. Например, альпийно-типная форма рельефа в своем развитии стремится к выравниванию, которое, как правило, реализуется за значительно больший временной интервал по сравнению с проявлением современных геологических процессов и тогда, не достигая конечной стадии развития, фиксируется в представительном участке определенным набором морфологических элементов и показателем общего эрозионно-денудационного расчленения. В данном случае принцип родства позволяет задать последовательность переходов от одного представительного участка к другому.

Морфотипы и их геологическая интерпретация

Процессы	Морфотип	Развитие рельефа	
		Нисходящее	Восходящее
		аккумуляция вуализует тектонические движения	аккумуляция почти отсутствует
Активные тектонические движения, опережающие речную эрозию	122	Останцы	Гольцы, скальные выходы
	212	Мелкоблочный рельеф	Гольцы, скальные выходы
	022	Столбовый рельеф молодой	Крупноблочный рельеф
	112	Активизирующийся рельеф (подновленный)	Расчлененный, крупноблочный рельеф
	012	Столбовый рельеф активизированный	Активизированный крупноблочный рельеф
Замедленные тектонические движения и усиление речной эрозии	211	Сопочный, сильно расчлененный рельеф	Скальный, сильно расчлененный рельеф
	201	То же, с узкими молодыми долинами	То же, молодой с узкими долинами
	210	То же, с широкими старыми долинами	То же, старый с широкими долинами
Тектоническое “затишье” с развитием речной эрозии и аккумуляции	011	Старый столовый рельеф	Молодой крупноблочный рельеф
	111	Старый активизированный рельеф	Расчлененный молодой рельеф
	101	Сглаженный активизированный рельеф	Зарождающийся рельеф с промоинами
	110	Расчлененный рельеф с широкими долинами	Активизированный рельеф с широкими долинами
	100	Старый выровненный рельеф	Молодое поднятие

Числовые характеристики морфотипа фиксируют определенное состояние рельефа на той или иной стадии его развития. В таблице 1 приведены часто встречающиеся морфотипы и их геологическая интерпретация. Так, морфотип 200 характеризует выровненную водораздельную поверхность с минимальными углами наклона склона и максимально развитой гидросетью, а также определенную характеристику общего эрозионно-денудационного расчленения. Напротив, морфотип 022 характеризует альпинотипные формы рельефа, поскольку максимальным как углам наклона склона, так и величине вреза гидросети соответствует минимальные значения временных и постоянных водотоков, а также определенная характеристика общего эрозионно-денудационного расчленения. Понятно, что в процессе развития один морфотип сменяется другим, при этом смена не может быть произвольной. На наш взгляд, морфотипы, отражающие последовательный генетический ряд, обязательно будут находиться в отношении сравнительной расчлененности. Привлечение методов теории графов позволяет осуществить иерархическую классификацию, которая отражает последовательные изменения в соотношении комплексного показателя, а ребра характеризуют связи между морфотипами. Двадцать семь теоретически возможных морфотипов объединяются в семь групп: 1 – 022; 2 – 021, 012, 122; 3 – 020, 011, 002, 121, 112, 222; 4 – 010, 001, 111, 120, 102, 221, 212; 5 – 000, 110, 101, 211, 220, 202; 6 – 100, 210, 201; 7 – 200. Переходы между группами происходят за счет смены одного из трех элементов комплексной характеристики.

Для определения морфогенетических особенностей развития современного рельефа земной поверхности рассматриваются две модели рельефообразования, которые учитывают единство функции и структуры, единство внешнего и внутреннего аспектов развития.

Частота встречаемости морфотипов в пределах Западного Саяна

Номер п/п	Код	Частота, %	Номер п/п	Код	Частота, %
1	111	59.18	7	122	4.59
2	121	9.19	8	211	4.08
3	011	4.59	9	101	2.55
4	100	4.59	10	001	1.02
5	112	5.10	11	012	1.02
6	110	4.08	–	–	–

В процессе исторического развития эти изменения сказываются на внутренней организации каждого из выделенных представительных участков, происходят под действием эрозионно-денудационных процессов и представлены в виде ведущих морфогенетических рядов. Ведущий морфогенетический ряд характеризует причинность, “изначальную генетическую заданность” в развитии объекта исследования. Именно этот ряд упорядочивает представления о пространственно-временных соотношениях объекта исследования. К нему в своем развитии стремится исследуемая территория, и в идеальном случае она может полностью соответствовать ведущему ряду. Вот почему “выяснение и объяснение первопричин (“родителей”) рельефа и прослеживание меняющейся во времени роли этих первопричин, определяющих те или иные генетические свойства в ходе эволюции рельефа” [10, с. 6] относят к одной из важнейших задач геоморфологии. С позиции синергетики, так широко применяемой с начала 1990-х гг. в теоретической геоморфологии, генетические первопричины раскрываются посредством выделения структур-аттракторов. Именно “они есть не проявленное, “дух становления” системы. Они определяют тенденции процессов в ней” [11, с. 5]. Незначительные изменения морфологии могут привести не только к изменениям интенсивности, но и направленности процессов. Иногда присутствие в морфогенетическом ряду только одного морфотипа сразу же фиксирует изменение в направленности развития рельефа. “Природа имеет внутренние предпочтения к определенным формам живого и неживого. Только определенные наборы форм осуществимы в природных средах. А на другие формы наложен эволюционный запрет. Они неустойчивы и очень быстро эволюционируют к устойчивым формам организации, “сваливаются” на них” [11, с. 5]. Выделяя ведущий ряд, мы одновременно реализуем функциональный подход по отношению к системам, которые входят в исходную в качестве подсистем.

Внутренний аспект рассматриваемой модели изучается с привлечением морфогенетических рядов. Напомним, что морфотип является комплексной характеристикой и включает соотношение морфологической структуры и общего показателя эрозионно-денудационного расчленения, отнесенной к конкретному представительному участку. При переходе между морфотипами происходит изменение элементов триады и значения комплексной характеристики. Фиксируется удаленность участка от области гомеостаза – области устойчивого равновесия. Для отдельного района появляется возможность выделения ведущего процесса. Район характеризуется только одним, присущим ему морфогенетическим рядом. Граница районов проводится по границам морфотипов, объединенных в один морфогенетический ряд.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе моделирования земная поверхность исследуемой территории формализована совокупностью морфотипов. Из двадцати семи теоретически возможных выделено одиннадцать морфотипов (табл. 2), что свидетельствует о незначительном морфологическом разнообразии Западного Саяна.

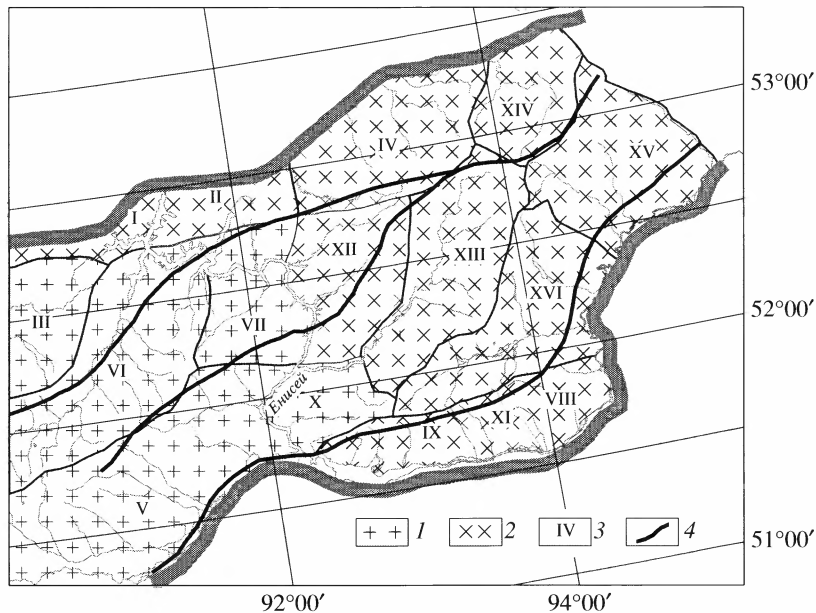


Рис. 1. Схема пространственного размещения морфогенетических рядов и районов в пределах исследуемой территории

Области распространения морфогенетических рядов с морфотипами: 1 – больше фонового, 2 – меньше фонового; 3 – номера районов и их морфогенетические ряды: I – 111–101–100; II – 111–110–100; III – 121–111–211; IV – 111–211; V – 122–112–111; VI – 121–111; VII – 122–121–111; VIII – 011–001–101; IX – 012–112–111; X – 121–111–211; XI – 012–112–111; XII – 011–111–110; XIII – 111; XIV – 111–101; XV – 011–111–110; XVI – 111–101–100; 4 – главные зоны разломов в пределах Западного Саяна

Анализ их площадного распределения позволил разделить исследуемую территорию на две области (рис. 1): а) западную, описываемую морфотипами преимущественно больше фонового и б) восточную, характеризующуюся фоновым морфотипом и морфотипами меньше фонового. Для каждой области выделен ведущий морфогенетический ряд, который определяется по частоте встречаемости морфотипов (табл. 2). Западная область характеризуется ведущим рядом 122–121–111–211, а восточная – ведущим рядом 111–110–100. Ведущий морфогенетический ряд в морфотипе отражает тенденцию закономерной смены элементов основной морфологической триады под действием различных процессов. Для альпийских форм рельефа, фиксирующихся в западной области, характерно преобладание склоновых процессов, а для морфотипов меньше фонового – флювиальных. В восточной области для морфотипов меньше фонового ведущий морфогенетический ряд характеризует преобладание склоновых процессов. Между морфогенетическими рядами и ведущим морфогенетическим рядом наблюдается иерархическая соподчиненность. Она будет прослеживаться и при более детальном исследовании территории, а морфогенетический ряд может получить статус ведущего морфогенетического ряда. Помимо иерархических соотношений морфогенетическим и ведущим рядам свойственны латеральные связи. Для Западного Саяна в ведущих морфогенетических рядах отмечается синхронность изменения элементов триады при первых двух переходах от морфотипа к морфотипу (122–121–111 и 111–110–100). Ряды различны по морфологии, но едины по проявлению склоновых процессов. Общность проявления склоновых процессов является тем связующим звеном, которое позволяет в рамках построенной модели выделять Западный Саян как единое целое.

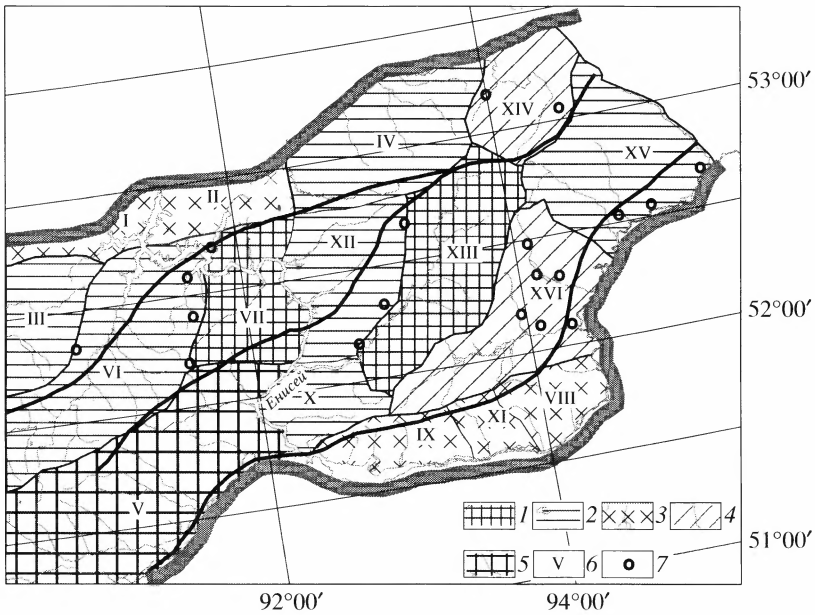


Рис. 2. Схема морфогенетического районирования земной поверхности Западного Саяна
 Районы: 1 – устойчивого и неустойчивого равновесия (реликтовые формы); с преобладанием флювиальных процессов, направленных на вытолаживание склонов и: 2 – вынос материала за пределы территории, 3 – накопление материала у их основания; с преобладанием склоновых процессов и морфотипов: 4 – меньше фонового, 5 – больше фонового; 6 – номера районов; 7 – эпицентры землетрясений с энергетическим классом 9–13

Районирование осуществлялось при условии соответствия одного района одному морфогенетическому ряду, который фиксирует различия в развитии земной поверхности. Границы районов проводились с учетом границ морфотипов, которые объединяются в один морфогенетический ряд. При выделении морфогенетических рядов решающее значение придавалось контактным, а не дистантным взаимодействиям морфотипов, происходящим под действием ведущих современных экзогенных процессов. Анализ соседства морфотипов позволил выделить морфогенетические ряды и осуществить районирование (рис. 2). Выделено шестнадцать районов: I – 111–101–100; II – 111–110–100; III – 121–111–211; IV – 111–211; V – 122–112–111; VI – 121–111; VII – 122–121–111; VIII – 011–001–101; IX – 012–112–111; X – 121–111–211; XI – 012–112–111; XII – 011–111–110; XIII – 111; XIV – 111–101; XV – 011–111–110; XVI – 111–101–100. По результатам районирования установлено, что каждый район характеризуется только одним морфогенетическим рядом, отвечающим одной из моделей преобладания склоновых или флювиальных процессов. Районы I, II, V–VII, XIV, XVI отвечают модели преобладания склоновых процессов. Остальные (кроме XIII) соответствуют модели с преобладанием флювиальных процессов. Выявлены основные тенденции в развитии рельефа земной поверхности на новейшем этапе.

Традиционно геоморфологические методы применяются при оценке катастрофических явлений, происходящих на земной поверхности. Одной из таких задач является поиск соотношений “рельеф – сейсмичность” [12]. В рамках проводимых в данной работе исследований сопоставлены результаты районирования с расположением крупных эпицентров землетрясений с энергетическим классом более девяти.

В пределах района XIII, вытянутого в субмеридиональном направлении и большей частью приуроченного к верховьям бассейна реки Уса, выделяется только один мор-

фотип – 111. В данном случае, взаимодействие структуры и процессов не позволяет морфогенетическому ряду перейти в существенно иное состояние. Это реликт. Он обладает большой устойчивостью, а, следовательно, сохранностью рельефа и придает специфичность развитию всей восточной области Западного Саяна. Специфичность района определяется приуроченностью к его границам районов с эпицентрами крупных землетрясений.

В широтном направлении от района XIII выделяются районы XII и XV с идентичными морфогенетическими рядами. Они характеризуются преобладанием флювиальных процессов, выполаживанием склонов и выносом материала за пределы территории. В данном случае эпицентры крупных землетрясений приурочены к границам этих районов (рис. 2).

В меридиональном направлении от района XIII выделяются районы XIV и XVI с преобладанием склоновых процессов. В морфологическом плане районы различны, что находит отражение в морфогенетических рядах. Район верховьев реки Уюк (рис. 2) описывается рядом 111–101–100, а район в пределах бассейна реки Амыл – рядом 111–101. В пределах района XVI отмечается большое число крупных землетрясений. В отличие от районов широтного расположения, здесь землетрясения проявляются в его центральной части (рис. 2). Если тенденции в развитии восточной части Западного Саяна будут сохранены, то вероятность крупных землетрясений может увеличиваться с юга на север вдоль границ района XIII. Для восточной части Западного Саяна эпицентры крупных землетрясений приурочены к зоне поднятия, которая имеет субмеридиональное направление и соседствует с реликтовой зоной (район XIII).

Для западной части ситуация отлична. Районы, контролируемые юго-восточный склон хребта Сайлиг-Хем-Тайга и Саянского хребта, описываются морфогенетическими рядами с морфотипами значительно больше фонового. Именно они фиксируют преобладание склоновых процессов и придают своеобразие развитию западной области исследования. В районе VII отмечаются значительные совпадения морфогенетического и ведущего рядов, что позволяет выделить его как реликт. Район может развиваться, оставаясь подобным только самому себе. Любое внешнее воздействие приводит к резкому, но кратковременному проявлению экзогенных процессов, которые, в свою очередь, не изменяют основного соотношения анализируемых элементов. Таким образом, в пределах Западного Саяна выделены две реликтовые зоны, которые в значительной степени предопределяют развитие исследуемой территории.

Эпицентры крупных землетрясений приурочены к границам реликтовых зон и зон нисходящего развития (рис. 2): к границам районов VI и VII, а так же районов XII и XIII. В геологическом плане они приурочены к Западно-Саянскому синклинию, в пределах которого выделяются блоки с различной направленностью движений (рис. 3). В процессе развития направленность и интенсивность движений геологических тел постоянно меняется, что находит отражение и в результатах морфогенетического анализа. Например, на рис. 3 районы VI (территориально принадлежит Западно-Саянскому синклинию) и III (территориально принадлежит Джебашскому антиклинию) характеризуют одну нисходящую ветвь развития. В данном случае неравномерность развития земной поверхности фиксируется уже не в направленности, а в интенсивности движений.

Следует особо подчеркнуть, что эпицентры крупных землетрясений в западной части исследуемой территории совпадают с самыми активными зонами – границами сочленения реликтовых зон и зон опускания. Для восточной части Западного Саяна землетрясения приурочены к зоне поднятия, которая имеет субмеридиональное направление и соседствует с реликтовой зоной.

Заключение

Для исследуемой территории установлено два ведущих морфогенетических ряда. Несмотря на различия в морфологии в ведущих морфогенетических рядах выявлено

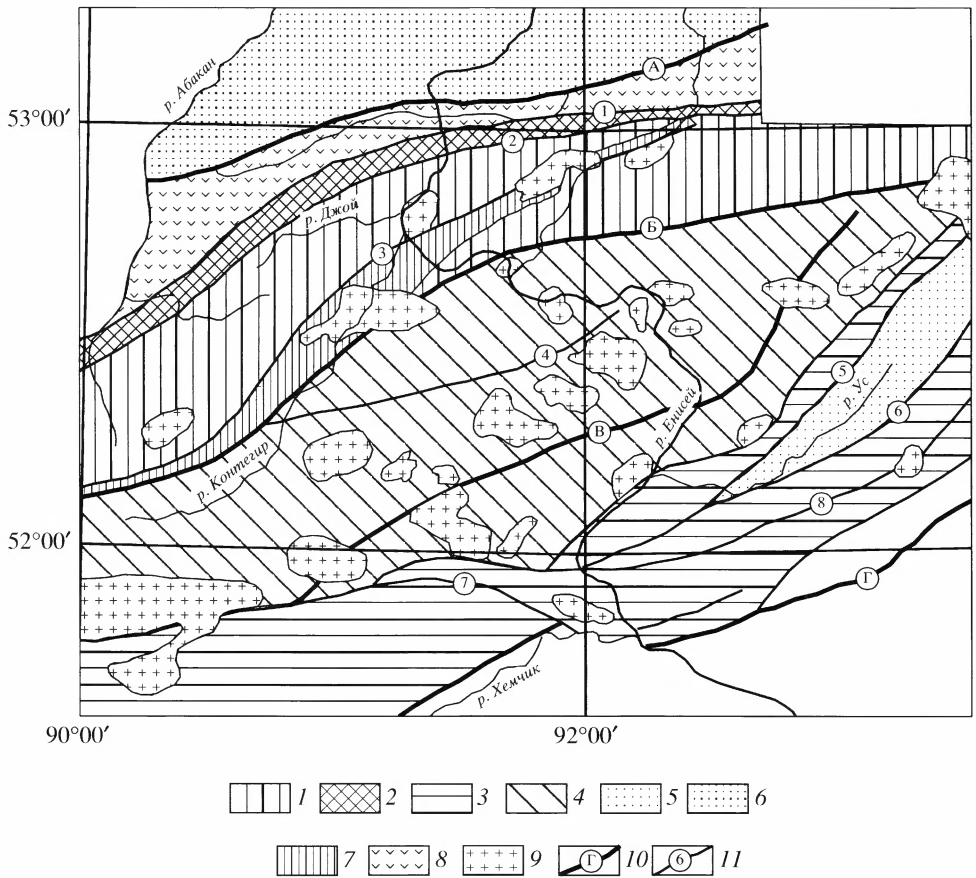


Рис. 3. Схема геологического строения Западного Саяна (по данным Л.П. Зоненшайна и И.К. Казакова [13])

1 – Джебашский антиклинорий – протерозойские отложения джебашской серии (метаморфические зеленые сланцы); 2 – Арбатский синклиний – нижнекембрийские рассланцованные алевролиты, песчаники, глинисто-кремнистые сланцы; 3 – Куртушубинский антиклинорий – верхнекембрийские отложения: полимиктовые песчаники, алевролиты, глинистые и глинисто-серицитовые сланцы; 4 – Западно-Саянский синклиний – ордовикско-нижнесилурские сланцы, песчаники, алевролиты; 5 – Усинский грабен – девонские отложения: красноцветные алевролиты, аргиллиты, мергели, песчаники и конгломераты; 6 – Южно-Минусинская впадина – отложения девона и карбона; *интрузии*: 7 – ниже-среднекембрийский интрузивный комплекс (гипербазитовый пояс), 8 – маинский ниже-среднекембрийский комплекс, 9 – джойский послениждевонский интрузивный комплекс (крупнозернистые порфиroidные биотитовые граниты); 10 – зоны глубинных разломов (А – Саяно-Минусинская, Б – Джебашская, В – Саянская, Г – Саяно-Тувинская); 11 – крупные разломы (1 – Уйско-Сизинский, 2 – Кандатский, 3 – Кандегиро-Борусский, 4 – Березовско-Большепорожский, 5 – Северо-Усинский, 6 – Южно-Усинский, 7 – Хемчинский, 8 – Куртушубинский)

сходство, фиксирующиеся в проявлении склоновых процессов. Можно предположить, что в целом для Западного Саяна на новейшем этапе развития характерно преобладание склоновых процессов и восходящие движения.

Различия ведущих морфогенетических рядов позволило выделить в пределах Западного Саяна две специфические области – западную и восточную. Специфичность восточной области определяется районом XIII, полностью характеризующимся фоновым морфотипом. Выделен реликтовый участок, в пределах которого невозможно установить ни один из ведущих процессов и изменения здесь могут произойти только

под влиянием внешних сил. Специфичность западной области определяется районом VII, где отмечается полное совпадение морфогенетического и ведущего морфогенетического рядов. Выделен реликтовый участок, в пределах которого незначительные изменения морфологической триады могут привести к кратковременному и быстрому проявлению ведущего экзогенного процесса, но, в конечном счете, морфология района останется подобной самой себе.

К границам реликтовых зон приурочены районы с эпицентрами землетрясений энергетического класса от 9 до 13. Следует особо подчеркнуть, что в пределах Западно-Саянского синклинория районы с эпицентрами крупных землетрясений, несмотря на их различия в морфологии и неотектонической активизации, приурочены к границе сочленения реликтовой зоны и зон нисходящего развития. Напротив, в восточной части Западного Саяна, для эпицентров землетрясений с энергетическим классом 9–13 прослеживается их приуроченность к центральным частям районов, испытывающих поднятие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев Д.А. О некоторых геоморфологических законах // Геоморфология. 1972. № 2. С. 3–12.
2. Тимофеев Д.А. Принципы типизации геоморфологических процессов // Геоморфология. 2004. № 4. С. 16–20.
3. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности (принципы и методы статической геоморфологии). Л.: Недра, 1991. 340 с.
4. Флоренсов Н.А. Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 238 с.
5. Поздняков А.В. Динамическое равновесие в рельефообразовании. М.: Наука, 1988. 207 с.
6. Уфимцев Г.Ф. Очерки теоретической геоморфологии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1994. 123 с.
7. Лапин П.С., Красавчиков В.О. Морфометрические показатели при анализе направленности эрозионного расчленения рельефа // Геология и геофизика. 1990. № 10. С. 105–114.
8. Якименко Э.Л. Построение карты интенсивности эрозионного расчленения с целью изучения характера проявления новейших движений // Структурно-геоморфологические исследования Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1970. Вып. 1. С. 43–51.
9. Ананьев Г.С. Генетические типы склонов Верхне-Кольмского нагорья и их влияние на развитие рельефа вершинной поверхности междуречий // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1976. № 3. С. 83–89.
10. Горелов С.К., Тимофеев Д.А. Генезис рельефа: анализ понятия и восстановление родословной рельефа // Генезис рельефа. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1998. С. 5–14.
11. Князева Е.И., Курдюмов С.П. Жизнь неживого с точки зрения синергетики // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Томск: Изд. ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 3–14.
12. Флоренсов Н.А., Хилько С.Д. Рельеф и сейсмичность // Проблемы эндогенного рельефообразования. М.: Наука, 1976. С. 259–279.
13. Зятькова Л.К. Новейшая тектоника Западного Саяна. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973. 175 с.

ИНГиГ СО РАН, Новосибирск

Поступила в редакцию
11.05.2005

RECENT MORPHOGENESIS OF THE WESTERN SAYAN AND SEISMICITY

P.S. LAPIN

S u m m a r y

The possibility of the relief changes under the influence of “surface processes” has been estimated within the framework of Penk’s model “form-structure-rate of uplift”. The results obtained made it possible to get more detailed concept of the relief evolution in this region. Most of the epicentres having energy grade more than 9 is located in the vicinity of areas with descending development. The exception is the area of uplift where the epicentres are located on its axial part.