

М.П.Гласко, Е.Я.Ранцман

МОРФОСТРУКТУРНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РАВНИННО-ПЛАТФОРМЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ИНДИИ

M.P.Glasko, E.Ya.Rantsman

MORPHOSTRUCTURAL ZONING OF PLANE-PLATFORM
AREAS OF NORTHERN AND CENTRAL INDIA

We apply the method of morphostructural zoning for plains and platform to northern part of India shield and the Himalayan fore-deep. We compare morphostructures within conjunction zone between Indian shield and the Himalaya. We also determine locations of morphostructural knots. That is a base for a future recognition of some natural events (earthquakes, mineral deposits).

Морфоструктурное районирование (МСР) платформенных равнин имеет важное значение для прогноза места сильных землетрясений, которые хотя и редко, но случаются и на равнинах. Плотность населения и степень хозяйственного освоения этих территорий выше, чем в горных странах. Известны катастрофические землетрясения и на платформенных равнинах и плато Индии (Ассамское в 1897 г. с магнитудой 8,7).

Остановимся сначала коротко на специфических чертах МСР равнинных территорий по сравнению с горными, а затем рассмотрим МСР северных и центральных районов Индии: Гангскую аккумулятивную низменность в пределах Предгималайского краевого прогиба, плато и горы Индийского щита к северу от известного линеамента Нармада-Сон [1].

Принципы МСР были разработаны геоморфологами совместно с математиками и сейсмологами для прогноза мест сильных землетрясений в горных странах [2-5] и позднее модифицированы применительно к Русской равнине и Западно-Сибирской низменности [6,7].

МСР исходит из представлений, широко используемых в морфоструктурном анализе: а) о блоковой структуре земной коры как основе пространственной организации рельефа [8]; б) о высокой информативности современного рельефа для познания новейшего тектонического развития территории (интенсивности и направленности тектонических движений); в) о тектонической предопределенности эрозионной сети, в значительной степени отражающей нарушения фундамента и осадочного чехла [9].

МСР горных и равнинно-платформенных территорий основано на единых принципах: методика формализована; проведена классификация морфоструктур по степени нарастания тектонической активности (выделяются территориальные единицы районирования – блоки, линейные зоны в их ограничении – морфоструктурные линеаменты, места пересечений морфоструктурных линеаментов – узлы); единицы районирования иерархически упорядочены, основу иерархии определяют блоки, разделяемые на три ранга – макроблоки (первый ранг), мезоблоки (второй ранг) и блоки (третий ранг). В пределах блоков одного иерархического уровня за период рельефообразования возник относительно однородный рельеф, существенно изменяющийся при переходе через зоны линеаментов, разграничивающими блоки [8].

На равнинах крупные элементы рельефа (низменности, возвышенности, плато) обычно имеют изометричные формы, что создает затруднение при определении их преобладающего простирания. Поэтому при МСР равнинных территорий обычно выделяются морфоструктурные линеаменты только одного типа, близкого к поперечным линеаментам горных стран, прерывисто выраженным в рельефе.

Схемы МСР равнинно-платформенных территорий отличаются большой сложностью из-за разнообразия рисунка зон морфоструктурных линеаментов – линейных, дуговых, полукольцевых, концентрических.

Схемы МСР рассматриваются нами как иерархически упорядоченная модель современной блоковой структуры земной коры.

МСР равнинно-платформенной территории Индии проводилось по топографическим картам масштаба 1:1000 000; результаты МСР сведены в схему масштаба 1:2 500 000 на топографической основе издания ГУГиК 1968 г. Частичная обеспеченность территории районирования космическими снимками, отсутствие крупномасштабных карт и специальных полевых работ позволяют оценить проведенное исследование как предварительное.

При МСР платформенных равнин Индии отобраны четыре информативных признака рельефа:

- 1) высота междолинных пространств;
- 2) простирание линейных элементов рельефа – ЛЭР: спрямленных участков речных долин и их элементов (русел, коренных бортов, уступов и тыловых швов поймы и террас), балок, оврагов и уступов разновозрастных уровней на междолинных пространствах; наличие радиально-концентрических элементов рельефа – Р-КЭР [6];
- 3) плотность линейных и радиально-концентрических элементов рельефа:

4) рисунок речной сети [9,10].

Эти признаки отражают структурно-тектонические особенности территории и их близкие значения рассматриваются как свидетельства ее морфоструктурной однородности.

Количественные показатели этих признаков определяются по двум специально составленным картам - линейных и радиально-концентрических элементов рельефа и гипсометрии. Для отдельных регионов со слаборасчлененным рельефом (Гангская равнина) высота на картах дана не изолиниями, а отдельными отметками, что затрудняло анализ высот междолинных пространств, поэтому при районировании большое значение приобретал анализ рисунка речной сети.

Было установлено шесть различных типов рисунка речной сети (табл.1).

Территориальная однородность блока - единицы районирования третьего ранга - определялась близкими значениями информативных признаков рельефа. Граница блока проводилась там, где значения хотя бы одного признака резко и существенно изменяются.

Существенными изменениями считаются:

1) изменения преобладающей высоты междолинных пространств на 1/10 от средней высоты (для Гангской низменности - 20 м, для плато и гор Индийского щита - 150 м);

2) изменения плотности линейных и радиально-концентрических элементов рельефа - переход к другой градации (низкой, средней, высокой);


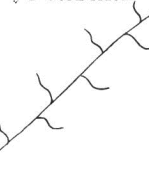








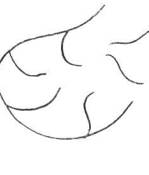

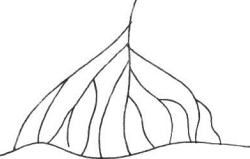
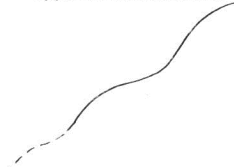

3) изменения простираения линейных элементов рельефа более чем на 30° ;

4) смена линейных элементов рельефа на радиально-концентрические;

5) смена типа или подтипа речной сети.

Блоки объединяются в мезоблоки, а мезоблоки - в макроблоки. Мезоблоки - единицы районирования второго ранга; в пределах мезоблока количественные значения информативных признаков изменяются согласно определенной закономерности. Там, где она нарушается, проводится граница мезоблока. Макроблок - единица районирования первого ранга, обладает территорией с единым обликом рельефа и единой историей его развития. Под единым обликом рельефа понимается сочетание региональных неоднородностей рельефа; для Индии - это преобладание низменностей (макроблок II) и сочетание плато и низких гор (макроблок III). История развития рельефа рассматривается традиционно, как принято в морфоструктурном анализе - сопоставлением современного рельефа со структурным планом и тектоническими движе-

Основные типы и подтипы речной сети Гангской низменности, плато и гор Индийского щита

Т и п	П о д т и п			
<p>I Перистый</p> 	<p>а) прямо- угольный</p> 	<p>б) остро- угольный</p> 	<p>в) парал- лельный</p> 	<p>г) одно- сторонний</p> 
<p>II Древоидный</p> 	<p>а) прямо- угольный</p> 	<p>б) остро- угольный</p> 	<p>в) парал- лельный</p> 	
<p>III Радиально- концентрический</p> 	<p>а) центро- бежный</p> 	<p>б) центро- стреми- тельный</p> 		
<p>IV Конусный</p> 				
<p>V Одноствольный</p> 				
<p>VI Решетчатый</p> 				

ниями предшествующих этапов развития территории [11,12]. Макроблоки разграничены морфоструктурными линейными элементами первого ранга.

Морфоструктурные линейные элементы – границы территориальных единиц – выражены системой близпараллельных линейных или концентрических элементов рельефа значительной протяженности, которые местами прерываются, затем снова возникают в том же направлении, составляя единую зону. Наличие зоны устанавливается и по системе изломов аномальных петель нескольких речных долин, лежащих на одной линии, свойственной зоне линейного элемента. Положение морфоструктурных линейных элементов уточняется по космическим снимкам, геологическим и геофизическим данным о тектонических нарушениях. Зоны линейных элементов отличаются повышенной тектонической активностью, определяя резкие, существенные изменения современного рельефа.

Места пересечений морфоструктурных линейных элементов разных простираний – морфоструктурные узлы – характеризуются особой, повышенной интенсивностью глубинных и поверхностных процессов; мелкоблоковая структура узлов определила в них и своеобразие современного рельефа – сочетание его контрастных типов и форм [8].

Формализация МСР предусматривает строгую последовательность процедуры МСР. Вначале устанавливаются ориентировочно границы макроблоков – морфоструктурные линейные элементы первого ранга; затем выделяются блоки и морфоструктурные линейные элементы третьего ранга. Далее блоки объединяются в мезоблоки и проводятся морфоструктурные линейные элементы второго ранга. На завершающем этапе МСР уточняется положение зон морфоструктурных линейных элементов первого ранга с привлечением геолого-геофизических материалов и результатов дешифрирования космических снимков.

Рассмотрим МСР на примере равнинно-платформенных территорий северных и центральных районов Индии (см. вклейку)*.

Установлено три макроблока: II – Гангская низменность; III – плато и горы Индийского щита (к северу от линейного элемента Нармада-Сон) и IV – плато Шиллонг.

Согласно теории тектоники плит, эта территория принадлежит Индийской плите – части Гондванского суперконтинента, перемещенной к северу в мезозой-кайнозой [13]. Приподнятая часть плиты относится к макроблокам III и IV, погруженная – к макроблоку II.

Гангская низменность (макроблок II). Она расположена в пределах

* Карту составили М.П.Гласко, Е.Я.Ранцман, А.И.Горшков, М.П.Жидков (Москва), Т.Р.К.Четти, М.Н.Рао (Хайдерабад) в 1990 г.

Предгималайского краевого прогиба, выполненного континентальными молассами неогенового и четвертичного возраста и мощным современным аллювием. Мощность осадочной слабодислоцированной толщи достигает до 10 км [14]. Современный рельеф представлен слаборасчлененной низменностью с высотами менее 20 и до 200 м.

Северная граница макроблока – надранговый продольный морфоструктурный линеамент – разграничивает пояс горообразования и равнины краевых прогибов. Зона вытянута по подножью Гималаев – вдоль границы предгорных возвышенностей и аккумулятивных равнин.


























Южная граница макроблока – морфоструктурный линеамент первого ранга – определяется приподнятым краем щита, не втянутым в прогибание, где докембрийское основание щита выходит на поверхность и местами перекрыто молодыми маломощными осадками платформенного типа. Зона линеамента проходит вдоль границы аккумулятивных равнин и относительно приподнятого плато и на значительном протяжении следует вдоль крупных долин рек Юманы и Ганга (субширотные отрезки их среднего и нижнего течения). Зона очерчивает на западном отрезке пологий клин и отклоняется к северу. В целом северная граница плато и гор Индийского щита близпараллельна линии подножия Гималаев – надранговому линеаменту. Плавность ее дуги нарушается местами резкой сменой простирания, обусловленного пересечениями с линеаментами второго ранга. Наиболее четко это прослеживается в районе г.Агры, где простирание зоны резко меняется с меридионального на юго-восточное; на центральном ее отрезке – с субширотного на северо-восточное (низовье р.Сон); и на востоке – с субширотного на меридиональное (поворот к югу долины р.Ганг).

В рельефе зона линеамента первого ранга не всегда четко выражена линейными элементами рельефа. Местами она проводилась по различию показателей информативных признаков рельефа соседних блоков, принадлежащих разным макроблокам, и корректировалась по геолого-геофизическим данным [15].

В макроблоке II монотонный и невыразительный рельеф Гангской низменности активно освоен слабо врезанной, но интенсивно разветвленной речной сетью, вытянутой вдоль Предгималайского прогиба, что позволило считать это направление продольным и разделить морфоструктурные линеаменты на продольные и поперечные. На территории макроблока установлено 80 блоков (характеристика некоторых из них дана в табл. 2), сгруппированных в 13 мезоблоков (табл.3).

Из табл. 3 видно, что высота междолинных пространств снижается с запада на восток от мезоблока к мезоблоку: западные мезоблоки

Показатели признаков морфоструктурных блоков Гангской
низменности. плато и гор Индийского щита

Мак-ро-бло-ки	Ме-зо-бло-ки	Бло-ки	Преобладаю-щая высота междолин-ных прост-ранств. м	Простира-ние ЛЭР	Р-КЭР	Плот-ность ЛЭР и Р-КЭР	Рисунок речной сети (по табл.1)	
II	II ₃	1	200-300			Низкая	V	
		2	200			Низкая	II, в	
		3	200-300			Средняя	II, а	
		4	200			Средняя	II, в	
		5	200			Низкая	I, в	
		6	150-200			Высокая	I, в	
		7	150-200			Средняя	I, в	
		8	100-150			Высокая	I, в	
		9	100-150			Средняя	I, в	
III	III ₆	1	100-150			Низкая	I, б	
		2	100-150			Средняя	I, б	
		3	100-150			Средняя	I, б	
		4	100-150			Высокая	I, б	
		5	300-500			Низкая	II, а	
		6	300-400				Высокая	III, а
		7	400-550				Средняя	III, а
		8	400-500				Средняя	III, а
		9	200-400				Высокая	III
		10	150-400				Средняя	III, II, б
		11	300-400				Средняя	V
		12	500				Средняя	III, б
		13	300-400				Низкая	III, а

Закономерные изменения показателей признаков мезоблоков

Номер мезоблока	Высота междолинных пространств	Простираие ЛЭР	Плотность ЛЭР и Р-КЭР	Рисунок речной сети (по табл.1)
-----------------	--------------------------------	----------------	-----------------------	---------------------------------

Гангская низменность

II ₁	↑			I
II ₂	↗	↗		I, II
II ₃	↘	↘		II, I
II ₄		↗	↗	I
II ₅	←			II
II ₆		→	→	I
II ₇	↙		↗	I
II ₈			→	II, I
II ₉				I
II ₁₀	←	→		II, I, IV
II ₁₁	↗	↗		I
II ₁₂	↗			II
II ₁₃	↗	↗		VI

Плато и горы Индийского щита

III ₁	↙	↙	↙	V
III ₂	↘		↘	II, б
III ₃	↘	→	→	V, I, б
III ₄	↓	→		II, б
III ₅	↙			II
III ₆	↙	⊕	↘	III
III ₇	↓	⊕	↓	III, VI

Условные обозначения:
 увеличение показателей признаков мезоблоков:
 концентрические элементы рельефа.



- направление
 ⊕ - радиально-концентрические элементы рельефа.

II₁, II₂, включающие наиболее крупные блоки, характеризуются высотами от 200 до 300 м; к востоку происходит последовательное их снижение по простиранию Гангской низменности от 100-200 м в мезоблоках II₁₀, II₁₂.

Интересные закономерности устройства поверхности Гангской низменности дал анализ речной сети. Несмотря на уплощенность рельефа аккумулятивная низменность предельно освоена плотно сближенными речными потоками. Речная сеть чутко реагирует на наклоны поверхности, связанные со структурным планом территории. Продольная структура Предгималайского прогиба предопределила преобладающее продольное простирание долин в бассейне р. Ганг с перистым типом рисунка речной сети. Конусный тип, характерный обычно для подгорных равнин, встречается только в бассейне двух стекающих с центральных Гималаев рек - Аруна и Тисты (мезоблок II₁₀). Именно в этом месте продольность структурного плана Предгималайского прогиба нарушена поперечной меридиональной зоной. Поперечные долины характерны и для узкой полосы Гангской низменности, примыкающей непосредственно к Гималаям. Здесь преобладает древовидный тип рисунка долин. Эта полоса объединена в единый мезоблок II₅.

Границы мезоблоков проходят там, где меняется простирание или тип рисунка речной сети. В западной части Гангской низменности - это поперечные меридиональные линеаменты; восточнее - продольные линеаменты северо-западного и широтного простираний, поперечные линеаменты здесь имеют дугообразную форму северо-восточной ориентации. По геофизическим данным граница мезоблоков II₆, II₇, имеющая вид плавной дуги, совпадает с резким перепадом мощности осадочной толщи прогиба - от 2 до 8 км и более.

Система простираний продольных линеаментов второго и третьего рангов в целом близпараллельна общему простиранию краевого прогиба. Система поперечных морфоструктурных линеаментов связана в большей степени со структурами фундамента и имеет северо-восточное простирание в центральной части прогиба и северо-западное и меридиональное на западе и востоке.

Плато и горы Индийского щита (макроблок III). Здесь будет рассмотрена только северная часть Индийского щита - к югу от краевого Предгималайского прогиба и до зоны линеамента Нармада-Сон, пересекающего плато в восток-северо-восточном направлении от Кембейского залива на западе и до Ганго-Брахмапутрской низменности - на востоке. Зона представлена в рельефе системой продольных и поперечных ступеней, простирание и высота которых меняются вдоль нее, что

позволяет выделить в зоне отдельные блоки.

Часть щита, выдвинутая в северном направлении, представляет особый интерес в связи с близким положением к Гималайскому горному поясу. Представляется не случайным, что отклонение краевых частей горного пояса к северу соответствует выступам к северу Индийского щита - клинообразному в западной его части, широтному - в центральной и в массиве Шиллонг - в восточной.

В целом морфоструктурный линеамент первого ранга, ограничивающий Индийский щит с севера, ориентирован близпараллельно подножью Гималаев - зоне надрангового морфоструктурного линеамента.

Специфические черты морфоструктуры щита определены его собственно структурно-тектоническими особенностями с преобладающим наклоном поверхности плато в северо-восточном направлении. К востоку от Араваллийского горстового хребта (мезоблок III₂) концентрическое положение долин рек и междолинных пространств позволило выделить крупную полукольцевую структуру (мезоблок III₆), представленную в рельефе приподнятым плато с высотами до 700 м и соответствующую в фундаменте полукольцевому гранитогнейсовому массиву щита. Мезоблок разбит на 13 блоков, различающихся высотой, простиранием и плотностью линейных и радиально-концентрических элементов. Наиболее сниженная часть полукольцевой структуры - центральная - занята равниной высотой до 200 м.

С полукольцевой структурой граничат мезоблоки III₃, III₄, III₅, занятые преимущественно плато, а на юге - хребтом Виндхья. Структурный план мезоблоков неоднороден: это выходы докембрийского основания, внутренняя впадина "куддапахской" системы, фрагменты Деканской трапповой синеклизы. Гетерогенность геологического основания мезоблоков отражена в их блоковой структуре.

Всего в макроблоке III установлено около 80 блоков (см. табл.2), сгруппированных в 7 мезоблоков (см. табл.3).

При морфоструктурном районировании плато и гор Индийского щита важными оказались четкая высотная дифференциация крупных элементов рельефа (низкие и высокие плато, низкие горы) при колебании уровня высот от 200 до 1700 м, а также хорошо развитая речная сеть с иными, по сравнению с Гангской равниной, преобладающими типами рисунка речной сети - древовидным и радиально-концентрическим.

В целом на схеме МСР видно своеобразие рисунка морфоструктурных линеаментов второго и третьего рангов Индийского щита по сравнению с Предгималайским прогибом.

Заключение

Анализ схемы МСР свидетельствует о сложном взаимодействии на современном этапе морфоструктур Индийского щита, краевого прогиба и Гималайского горного пояса. Это наглядно выражено в согласованности очертаний границ макроблоков, в местах их сближения меняется и простирание Гималаев.

Согласованными оказались и простирания линеаментов второго и третьего рангов. Северо-восточное простирание зон линеаментов второго и третьего рангов плато и гор Индийского щита получило продолжение в положении поперечных дугообразных линеаментов Гангской низменности; это же простирание характерно и для Гималайского горного пояса. Интересно отметить север-северо-западное простирание продольных линеаментов Гангской низменности и поперечных линеаментов этого же простирания в западной части Гималаев. Меридиональное простирание линеаментов в западной части Индийского щита прослеживается в пределах краевого прогиба и далее к северу, где при пересечении с зоной надрангового линеамента произошло ее смещение в северном направлении. Меридиональное простирание свойственно и линеаментам центральной и восточной части Гималаев и прогибу, расположенному к югу, разделяющему Индийский щит и массив Шиллонг.

Особо следует сказать о резком приближении к Гималаям массива Шиллонг (макроблок IV), торцово сочлененном с Индо-Бирманской горной системой, ориентированной на север-северо-восток. От основного массива Индийского щита Шиллонг отделен обширным прогибом меридионального простирания. Сложное сочленение структур этой части требует дополнительного изучения.

Итак, намечены некоторые соотношения между специфическими чертами морфоструктуры Гималайского горного пояса, равнин Предгималайского краевого прогиба, плато и гор Индийского щита, установленные при сопоставлении схем МСР этих макроблоков.

Закономерное дробление крупных глыб земной коры в зоне сильнейшего сжатия, выявленные при МСР, позволят в дальнейшем, при расширении схемы на соседние территории, перейти к решению проблемы их взаимодействия.

Особое внимание будущих исследований должно быть посвящено характеристике мест пересечения линеаментов – морфоструктурных узлов. Именно с узлами повсеместно связаны экстремальные природные явления – эпицентры сильных землетрясений, крупные скопления нефти и газа, оруденения и геохимические аномалии [8]. Прогноз этих яв-

лений с помощью методов прикладной математики представляет самостоятельную задачу.

Литература

1. Kalpan Choudhury, Singh N.P., Sarkar R.K. Aeromagnetic interpretation of eastern part of Son lineament zone // Indian J. Earth Sci. Vol.17, N2. P.138-148.
2. Алексеевская М.А., Габриэлов А.М., Гвишиани А.Д. и др. Морфо-структурное районирование горных стран по формализованным признакам // Распознавание и спектральный анализ в сейсмологии. М.: Наука, 1977. С.33-49. (Вычисл.сейсмология; Вып.10).
3. Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Извекова М.Л. и др. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. I. Памир и Тянь-Шань // Вычислительные и статистические методы интерпретации сейсмических данных. М.: Наука, 1973. С.107-133. (Вычисл.сейсмология; Вып.6).
4. Ранцман Е.Я. Места землетрясений и морфоструктура горных стран. М.: Наука, 1979. 167 с.
5. Герасимов И.П., Ранцман Е.Я. Морфоструктура горных стран и их сейсмичность // Геоморфология. 1973. № 1. С.3-13.
6. Гласко М.П. Соотношение блоковых морфоструктур и современных движений равнинно-платформенных территорий (на примере центральной части Русской равнины): Автореф. дис. ... канд.геогр. наук / АН СССР. Ин-т географии. М., 1984. 26с.
7. Ранцман Е.Я. Морфоструктурное районирование Западно-Сибирской равнины по формализованным признакам в связи с локальным прогнозом месторождений нефти и газа // Геоморфология. 1989. №1. С.30-39.
8. Гласко М.П., Ранцман Е.Я. Географические аспекты блоковой структуры земной коры // Изв. АН СССР. Сер.геогр. 1991. №1. С.5-19.
9. Геренчук К.И. Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины. Львов: Изд-во Львов.ун-та, 1960.240с.
10. Морфоструктурный анализ речной сети СССР. М.: Наука, 1979.304с.
11. Герасимов И.П. Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение // М.: Изд-во АН СССР, 1959. 100с.
12. Мещеряков Ю.А. Структурная геоморфология равнинных стран. М.: Наука, 1965. 389с.
13. Хаин В.Е. Основные черты тектоники Индостанской платформы // Жизнь Земли; Вып.10. М.: Из-во МГУ, 1974. С.35-49.
14. Калинин С.И. Геотектоническое районирование Индии, Пакистана и Афганистана в связи с их нефтегазоносностью // Тр. Всесоюз. научн.-исслед. геол.-развед. ин-та. 1964. Т.42. С.140-149.
15. Isostatic gravity anomaly map of India (airy-heiskanen, T=30km). Hyderabad: National Geophysical Reserch Institute, 1975.

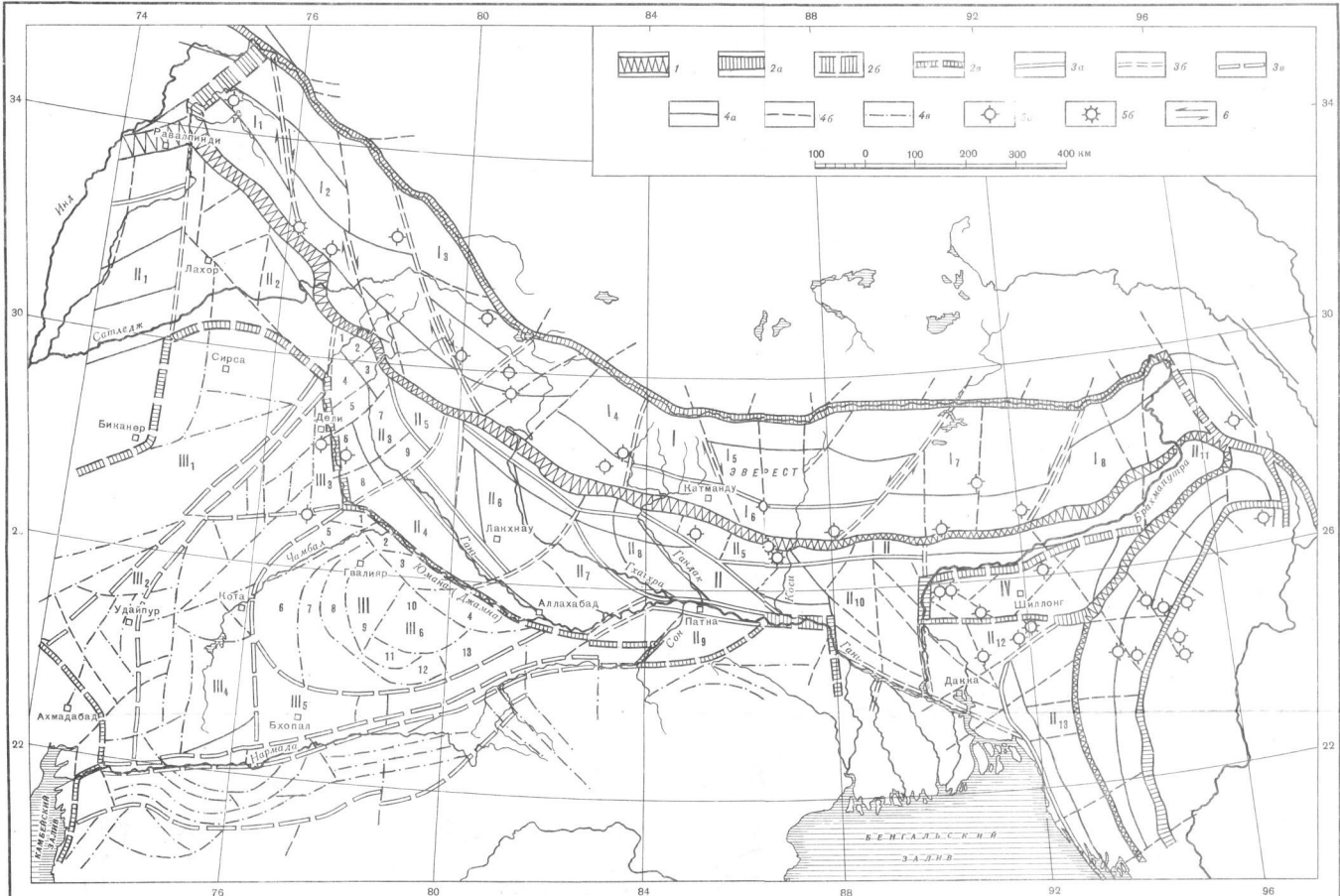


Схема морфоструктурного районирования Гималаев, Предгималайского прогиба и Индийского щита

Территориальные единицы. Первый ранг: I - Гималаи, II - низменности и возвышенности предгорных прогибов, III - плато и горы Индийского щита, IV - плато Шиллонг. Второй ранг: мезоблоки I₁₋₈, II₁₋₁₃, III₁₋₆. Третий ранг: блоки 1-9 (мезоблок II₁), 1-13 (мезоблок III₁);

Морфоструктурные дисципенты. 1 - надлингоний, 2 - первого ранга; а - продольные, б - поперечные, в - плато и гор Индийского щита; 3 - второго ранга: а - продольные, б - поперечные; в - плато и гор Индийского щита; 4 - третьего ранга: а - продольные, б - поперечные, в - плато и гор Индийского щита, 5 - эпицентры землетрясений (сверление 22° с.ш.) с магнитудой: а - 6,5M8,0, б -