

VARIATIONS IN RUNOFF AND EROSION STRUCTURE WITHIN A WATERSHED

D. A. TIMOFEEV, E. P. CHERNYSHEV

Summary

Spatial and temporal characteristics of surficial runoff and resulting erosion-sedimentation pattern have been analysed within watersheds of different order. The runoff varies in structure and intensity depending on microzonality and on the array of elementary morphological units on the slope. Some hydrological characteristics of spring runoff have been measured together with sediment yield from watersheds of different order in the Seim drainage basin (the Kursk region). The data obtained permit to trace variations in the runoff and erosion-sedimentation processes from water divide over slopes to the river channel.

УДК 551.4.04:551.468

© 1994 г. Г. И. РЕЙСНЕР, А. К. ПОПОВА, В. П. ЧИЧАГОВ

СОВРЕМЕННАЯ ЭНДОГЕННАЯ ОБСТАНОВКА ВПАДИН ВНУТРЕННИХ И ОКРАИННЫХ МОРЕЙ

Сравнительно недавно был предложен метод комплексной многопризнаковой типизации земной коры [1]. На ее основе возможно реализовать новые подходы к решению ряда фундаментальных геотектонических проблем, а также прикладных задач (прогнозирование сейсмической опасности, выявление месторождений углеводородов, определение эндогенной составляющей развития геоморфологических процессов). Среди фундаментальных следует прежде всего упомянуть проблему выявления современных эндогенных режимов и районирования различных тектонических структур, главным образом в пределах континентов [1, 2]. Делались и попытки рассмотрения эндогенной обстановки некоторых впадин переходного типа — внутренних морей Средиземноморья, а также окраинных морей западного сектора Тихоокеанского пояса [3, 4].

Представляется, что в настоящее время уже возможно проведение специального анализа этих структур с земной корой деструктивного типа, которые ассоциируются обычно с развитием тафрогенных по В. В. Белоусову, или лабигенных (пелагогенных) процессов, по Я. П. Маловицкому и В. Г. Николаеву [5—10].

Для решения поставленной задачи были собраны исходные данные, характеризующие современное строение и состояние земной коры следующих морских впадин и их ближайшего обрамления: — Лигурийской, Тирренской, Адриатической, Черноморской и Каспийской в пределах альпийского пояса Средиземноморья, а также Южно-Китайской в Тихоокеанской переходной зоне. Исходные данные включали четыре признака: плотность теплового потока (Q), мощность земной коры (T), высоту современного рельефа (R) и глубину залегания консолидированного фундамента (F). К сожалению, мы не располагали сведениями об изостатических аномалиях силы тяжести по части Южно-Китайской впадины, которые обычно принимались во внимание.

Характеристика типов земной коры морских впадин

№№	Тип земной коры	Характеристика земной коры					Тип режима
		Q , мВт/м ²	T , км	R , км	F , км	ДТ, км	
1	4	49	40	0	7,2	0	P—Ph1
	28	41	37	—0,3	20,2	0	«
	30	44	39	—0,1	15,4	0	«
2	1	53	41	0,2	1,6	0	P—Ph2
	10	59	46	0,3	3,4	0	«
3	33	45	36	—0,1	12,3	1—5	T1—Ph1
4	2	57	34	0,2	1,4	1—5	T1—Ph2
5	8	39	31	—1,1	5,8	6—10	T2—Ph1
	31	37	32	—1,3	10,6	6—10	«
6	26	108	31	—0,1	3,8	6—10	T2—Ph3
7	22	217	27	—0,3	2,6	6—10	T2—Ph4
8	29	31	28	—1,7	11,9	11—15	T3—Ph1
9	6	76	26	—0,2	3,8	11—15	T3—Ph2
	5	55	25	—0,4	2,2	11—15	«
	11	57	26	—0,2	8,0	11—15	«
10	18	97	22	—2,0	1,9	11—15	T3—Ph3
	25	114	24	—0,9	2,5	11—15	«
11	16	55	19	—1,8	3,8	16—20	T4—Ph2
	27	72	20	—1,1	1,6	16—20	«
12	15	87	19	—2,4	7,1	16—20	T4—Ph3
	19	106	17	—1,1	1,8	16—20	«
	24	85	21	—0,7	5,8	16—20	«
13	13	25	17	—1,0	3,0	21—25	T5—Ph1
	12	25	15	—1,8	5,2	21—25	«
14	20	77	16	—1,6	2,2	21—25	T5—Ph2
15	7	92	12	—1,9	1,2	21—25	T5—Ph3
16	17	135	15	—1,8	15,4	21—25	T5—Ph4
	21	132	13	—2,1	1,1	21—25	«
17	9	52	12	—2,1	1,4	25	T6—Ph2
	14	65	10	—1,5	1,1	25	«
18	3	74	29	0,4	0,8	11—15	T301—Ph2

Примечание. Номера в графе 1 даны в соответствии с легендой рис. 1. Аббревиатура типа режима, указанная в графе 8, обозначает: P — платформенный, O — орогенный, T — тафрогенный, TO — тафрогенный, сменивший предшествующий орогенный. Цифра после названия режима означает стадию его проявления. После аббревиатуры режима указана фаза (Ph) ее современного состояния

Объектом комплексного описания являлась элементарная ячейка размером 20'×30' градусной сетки. Общее их количество по всем впадинам составляло 1975. Типизация, как и в наших ранних работах, проводилась с применением процедуры кластерного анализа. Для интерпретации был избран 5-й шаг процедуры, на котором выделено 40 типов коры. В дальнейшем мы сузили область исследования, рассматривая только 31 тип коры (табл. 1), безусловно относящийся к морским впадинам (1—22, 24—31 и 33).

Информация, заложенная в характеристике типов коры, дает возможность установить их принадлежность к определенному современному эндогенному режиму. Под ним понимается некоторая совокупность свойств земной коры, отражающая характер протекающих в ней процессов и свидетельствующая о тенденции ее эволюции [6, 7].

Современные эндогенные режимы впадин внутренних и окраинных морей

Впадина	Количество ячеек	Тип режима	Занимаемая площадь, %	Генераль- ный режим
Черноморская	281	PPh1	13,2	T2Ph1
		PPh2	2,5	
		T1Ph1	2,8	
		T1Ph2	7,8	
		T2Ph1	18,9	
		T3Ph1	47,7	
Адриатическая	86	T3Ph2	7,1	PPh1
		PPh1	59,0	
		PPh2	2,0	
		T1Ph1	29,1	
		T1Ph2	4,7	
		T2Ph1	2,0	
Каспийская	161	T3Ph2	1,2	PPh2
		T301Ph2	1,2	
		PPh1	80,7	
		PPh2	16,8	
		T1Ph1	2,5	
		T2Ph3	5,4	
Тирренская	74	T3Ph2	43,2	T3Ph3
		T3Ph3	4,0	
		T4Ph3	31,1	
		T301Ph2	16,2	
Лигурийская	127	T3Ph2	30,7	T4Ph2
		T4Ph2	16,5	
		T4Ph3	47,2	
		T302Ph2	5,6	
Южно- Китайская	1246	T1Ph2	5,7	T4Ph2
		T2Ph3	0,5	
		T2Ph4	1,0	
		T3Ph2	42,4	
		T3Ph3	4,0	
		T4Ph2	7,2	
		T4Ph3	5,5	
		T5Ph1	1,1	
		T5Ph2	3,0	
		T5Ph3	14,0	
		T5Ph4	1,7	
		T6Ph2	6,0	
		T301Ph2	7,1	
В целом по всем впадинам	1975	—	—	T2Ph2

Основополагающими при этом являются три параметра — плотность теплового потока (Q), дефицит мощности земной коры (ДТ) и высота рельефа (R).

Главным признаком проявления тафрогенного режима является наличие в структуре земной коры дефицита ее мощности (ДТ). Как было показано [3, 4], для областей с высотой рельефа менее 0,4 км он соответствует разнице между наименьшей, характерной для платформенных территорий мощностью земной коры (около 37 км) и ее реальной величиной. В сфере проявления тафрогенного режима

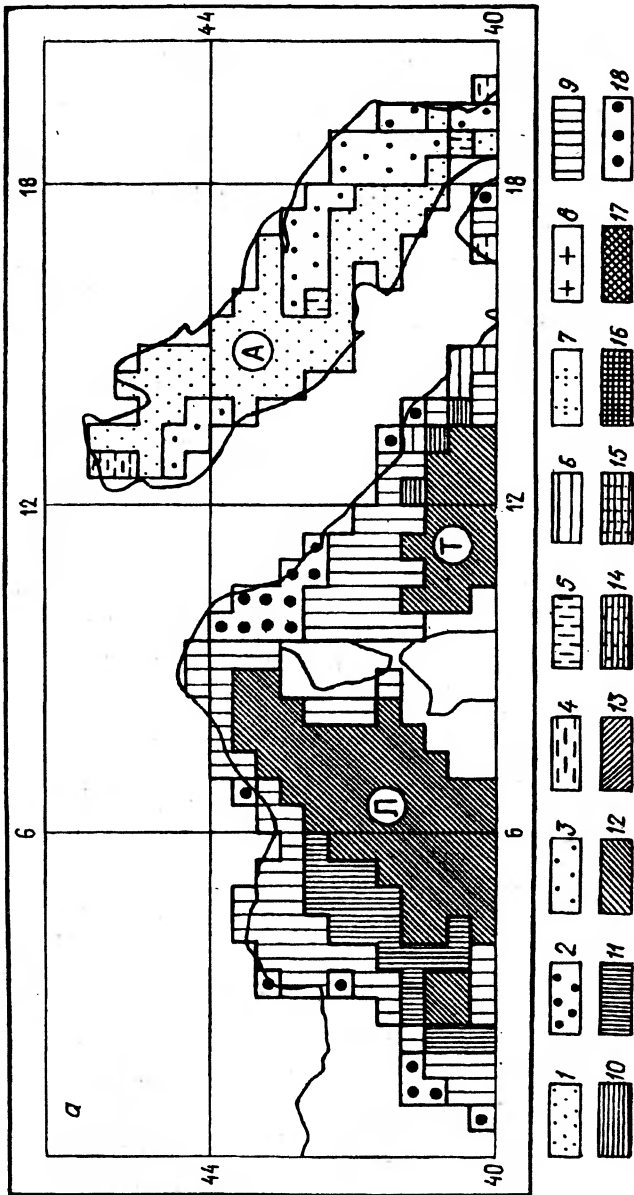


Рис. 1, а

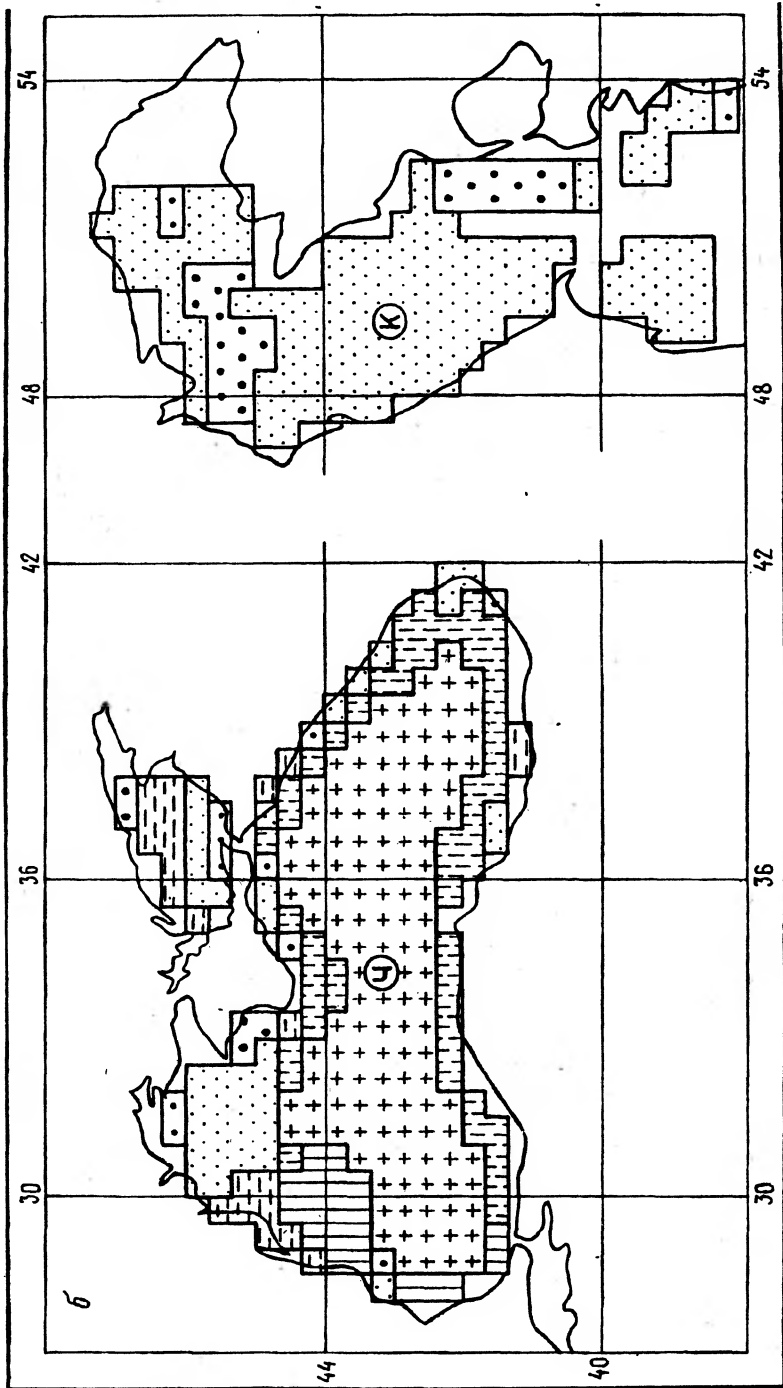


Рис. 1, б

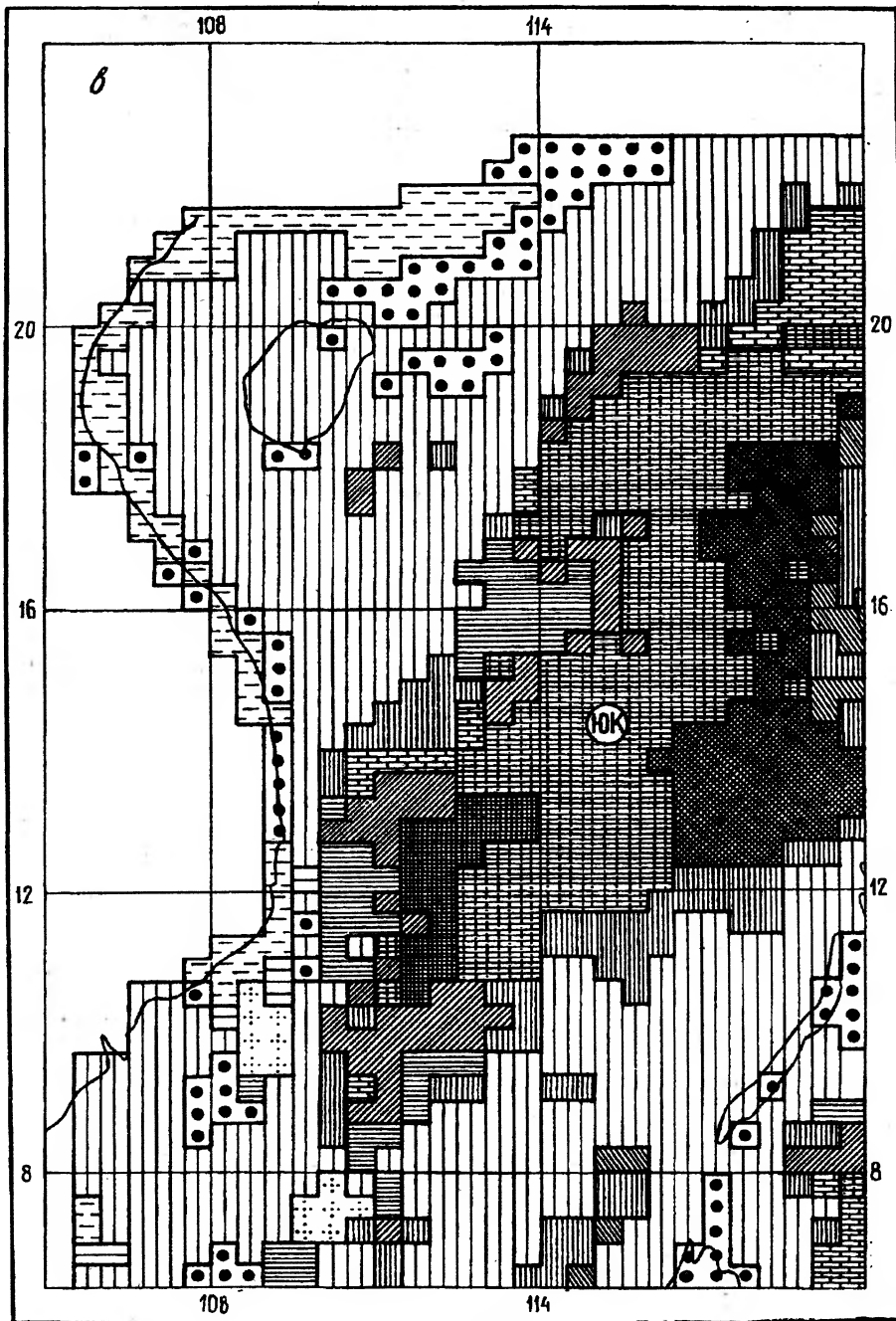


Рис. 1. Современные эндогенные режимы морских бассейнов

1 — P—Ph1, 2 — P—Ph2, 3 — T1—Ph2, 4 — T2—Ph1, 5 — T3—Ph2, 6 — T3—Ph3, 7 — T4—Ph2, 8 — T4—Ph3, 9 — T5—Ph1, 10 — T5—Ph3, 11 — T5—Ph4, 12 — T6—Ph2, 13 — T301—Ph2, 14 — T401—Ph2.

Аббревиатура соответствует данным табл. 1 и 2. Морские впадины: а — Лигурийская (Л), Тирренская (Т), Адриатическая (А); б — Черноморская (Ч), Каспийская (К); в — Южно-Китайская (ЮК)

Пространственное распространение стадий проявления современных эндогенных режимов и фаз их активности в разных морских впадинах

Впадина	% площади впадин, занятых фазами состояния эндогенных режимов				% площади впадин, характеризующихся проявлением платформенного и разных стадий тафрогенного режимов						
	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	P	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Черноморская	82,5	17,5	—	—	16	10,7	18,9	54,8	—	—	—
Адриатическая	90,7	9,3	—	—	62	33,7	2,3	2,3	—	—	—
Каспийская	83,2	16,8	—	—	98	2,5	—	—	—	—	—
Лигурийская	—	52,8	47,2	—	—	—	—	36,2	63,8	—	—
Тирренская	—	59,5	40,5	—	—	—	5,4	63,5	31,1	—	—
Южно-Китайская	1,1	72,1	24,1	2,7	—	5,7	1,5	53,5	13,4	19,9	6,0

(Т) в изученной области выделено 6 стадий его развития в зависимости от величины ДТ: Т1 ($0 > ДТ \leq 5$ км), Т2 ($5 \text{ км} < ДТ \leq 10$ км), Т3 ($10 \text{ км} < ДТ \leq 15$ км), Т4 ($15 \text{ км} < ДТ \leq 20$ км), Т5 ($20 \text{ км} < ДТ \leq 24$ км) и Т6 ($ДТ > 25$ км). Избранные градации по величине ДТ достаточно условны, но в целом соответствуют точности определения такого параметра, как мощность земной коры.

В сфере проявления орогенного режима (0) выделено три стадии его развития в зависимости от высоты рельефа: 01 — при условии $+0,4 \text{ км} > R \leq 1,0$ км, 02 — при $1,0 \text{ км} < R \leq 2,5$ км, 03 — при $R > 2,5$ км. Возможно также выделение смешанных режимов, когда ранний орогенный режим определенной стадии сменился тафрогенным. Например, аббревиатура режима Т301 (табл. 1, 2) означает, что орогенный режим первой стадии развития сменился позже тафрогенным третьей стадии.

По величине плотности теплового потока возможно выделение нескольких фаз энергетического потенциала того или иного режима. Пассивная фаза (Ph1) характеризуется его значениями $Q < 50 \text{ мВт/м}^2$ (что соответствует по большей части платформам разного возраста); переходная (Ph2) — $50 \text{ мВт/м}^2 \leq Q < 80 \text{ мВт/м}^2$; активными являются две фазы: Ph3 — $80 \text{ мВт/м}^2 < Q \leq 120 \text{ мВт/м}^2$ и Ph4 — $Q > 120 \text{ мВт/м}^2$.

Как было показано ранее [3, 4], переходная фаза проявления разных режимов может интерпретироваться по-разному. В рамках платформенного режима затруднительно определить тенденции дальнейшей эволюции: свидетельствует ли повышенный тепловой поток о развитии по линии активизации или будет реализован возврат к спокойному платформенному режиму. В рамках возбужденных режимов (тафрогенного или орогенного) существование переходной фазы однозначно свидетельствует о развитии по нисходящей линии — к спокойному платформенному режиму.

Можно выделить много разновидностей современных эндогенных режимов. Однако основных их классов всего четыре — спокойный платформенный и 3 возбужденных — также платформенных и два с противоположной направленностью воздействия на земную кору: конструктивный (орогенный) и деструктивный (тафрогенный). В данном конкретном случае, когда рассматриваются морские бассейны, выделяются всего 18 таких разновидностей современных эндогенных режимов, указанных в табл. 1. Их пространственное распределение в пределах каждого бассейна показано на рис. 1, сведения о развитии каждого режима внутри данного бассейна — в табл. 2, а о стадиях проявления режимов и фазах их состояния отдельно — в табл. 3.

В пределах изученной части Лигурийской впадины (рис. 1—Л, табл. 2, 3) наибольшим распространением пользуется режим Т4—Ph3, занимающий центральную область северо-восточного простирания. С северо-запада она обрамлена

прерывистой полосой с режимом Т4—Ph2, а еще далее от центра впадины (в том же направлении, а также у Корсики) представлен режим Т3—Ph2. Для прибрежных частей Лигурийского бассейна характерен режим Т301—Ph2. В целом же структура этой впадины является односторонне-концентрической: наиболее продвинутые стадии тафрогенного режима осевой части сменяются менее продвинутыми по направлению к периферии. Аналогичным образом обстоит дело и с активностью этих режимов: активные фазы характерны для центральной части, тогда как переходные — для периферических. Если рассматривать Лигурийскую впадину в целом, то генеральным для этой структуры является режим Т4—Ph2 (четвертая стадия тафрогенного режима в переходной фазе проявления).

Для изученной части Тирренской впадины (рис. 1—Т, табл. 2, 3) представленный в пределах ее центральной зоны режим Т4—Ph3 не является доминирующим, как и для Лигурийской, хотя и широко распространенным. Здесь преобладает другой режим — Т3—Ph2, формирующий полосу между центральной частью впадины и Апеннинским полуостровом. В прибрежной части последнего развит, как и по периферии Лигурийского бассейна, режим Т301—Ph2. В целом структура Тирренской впадины представляется зеркальной по отношению к структуре Лигурийской. Так же наиболее продвинутые стадии тафрогенного режима сменяются по периферии менее продвинутыми; в том же направлении убывает и активность этих режимов. Если рассматривать Тирренскую впадину в целом, то генеральным для нее является режим Т3—Ph3: третья стадия развития тафрогенного режима в активной фазе проявления. Иными словами, имеет место в целом менее интенсивная структурная переработка под воздействием тафрогенного режима, однако активность режима остается высокой, свидетельствуя о сохранении энергетического потенциала бассейна. Подтверждением этого является и существование на дне современных действующих вулканов [11].

Адриатическая впадина (рис. 1, табл. 2, 3) характеризуется большим разнообразием эндогенных режимов, среди которых всего два занимают более 88% площади. Один из них — платформенный Р—Ph1 — является доминирующим, второй — тафрогенный Т1—Ph1. Их пространственное взаимоотношение таково, что второй образует прерывистую осевую зону северо-западного простираения, примыкающую на северо-западе к Апеннинскому полуострову, а на юго-востоке — к Адриатическому побережью Динарид. Первый же обрамляет эту зону, заполняя оставшиеся части впадины в ее юго-западной и северо-восточной частях. Остальные режимы занимают очень небольшие части бассейна и его ближайшего обрамления. Это — различные разновидности тафрогенного режима или тафрогенного, сменившего ранний орогенный. Генеральный режим Адриатической впадины — Р—Ph1 — платформенный режим в пассивном состоянии.

В пределах Черноморской впадины (рис. 1—ЧК, табл. 2, 3) практически вся центральная часть относится к сфере проявления режима Т3—Ph1, занимающего около 48% ее площади. По северному, восточному и южному обрамлению впадины в виде узкой, местами прерывистой полосы развит режим Т2—Ph1, а по западному — Т3—Ph2. Следующее внешнее, относительно узкое и также прерывистое кольцо в пределах Черноморской впадины (оно несколько расширяется в ее северной части) представлено режимом Р—Ph1. Во внешней зоне лишь местами (в Азовской впадине и на очень ограниченной площади в южной части Черноморской) развит режим Т1—Ph2. Черноморский бассейн (в отличие от подобных, но изученных лишь частично, Лигурийского или Тирренского) представляет собой полную концентрическую структуру. Наиболее продвинутые стадии проявления тафрогенного режима в ее центральной и западной частях (Т3) постепенно сменяются по направлению к периферии менее продвинутыми (Т2), а затем — платформенным режимом (Р). И далее лишь по самой северной периферии отмечается обратный переход от платформенного режима к первой стадии проявления тафрогенного. Что касается активности проявления разных режимов, то практически вся Черноморская впадина характеризуется пассивным состоянием. Лишь в западной и частично в северной периферических ее частях представлены режимы в переходной фазе

активности. В целом генеральный режим здесь определяется как T2—Ph1 — тафрогенный второй стадии проявления в переходной фазе активности.

Впадина Каспийского моря (рис. 1—К, табл. 2, 3) построена наиболее просто. 90% ее площади занимает режим P—Ph1 и лишь в районах, примыкающих к Кара-Богазу на востоке и между Мангышлаком и дельтовой частью Волги в северной части (вдоль 45° с. ш.) развит режим P—Ph2. Тем не менее генеральный ее режим определяется как P—Ph2 — платформенный в переходной фазе активности. Этот, казалось бы странный результат тем не менее закономерен. Дело в том, что режим, занимающий наибольшую площадь в пределах акватории, характеризуется плотностью теплового потока, близкой к его верхнему пределу, принятому для разделения между пассивной и переходной фазами состояния.

Впадина Южно-Китайского моря является наибольшей по занимаемой площади (рис. 1—ЮК, табл. 2, 3). В ее пределах не только представлены практически все ранее рассмотренные для Средиземноморских впадин эндогенные режимы, но появляются также и новые. Всего здесь выявлено 13 разновидностей эндогенных режимов.

Восточную осевую часть глубоководной впадины Южно-Китайского моря, имеющую северо-восточное простирание, занимает режим T6—Ph2. Ареал его распространения ориентирован в целом в субмеридиональном направлении, параллельно острову Лусон и расположен преимущественно в пределах северной и юго-восточной провинции глубоководной впадины. В юго-западном районе осевой глубоководной части представлен режим типа T5—Ph4. К востоку от него, а также по простиранию осевой части в северо-восточном направлении (в пределах северной и частично юго-восточной провинции глубоководной впадины) развит режим T5—Ph3. Еще далее к северо-востоку он сменяется режимом T5—Ph2. И по восточной границе глубоководной впадины в виде прерывистой полосы, параллельно острову Лусон, выявляется зона распространения режима T5—Ph1. В остальных частях акватории по периферии глубоководной впадины развиты режимы двух типов, чаще всего сменяющие друг друга по простиранию — T4—Ph3 и T4—Ph2. Первый представлен преимущественно в северо-западной и юго-восточной частях глубоководной впадины, тогда как второй — в юго-восточной.

Внешнюю часть шельфа занимает режим T3—Ph3, имеющий весьма незначительное развитие по юго-западной и юго-восточной его периферии. На большей же его части (как континентальной в северной части акватории, так и островной — в южной и восточной) представлен другой эндогенный режим T3—Ph2, абсолютно доминирующий в пределах Южно-Китайского бассейна. Широкая полоса его распространения обрамляет глубоководную впадину с северо-запада, юго-запада и юго-востока в виде полукольца. Вместе с тем, хотя и на относительно небольших площадях, в пределах шельфа представлены другие стадии и фазы проявления тафрогенного эндогенного режима. Главным образом это T2—Ph4 (в прилежащей к Индокитайскому полуострову части шельфа Сунда на продолжении оси глубоководной части акватории юго-западного простирания), а также T4—Ph2, T4—Ph3, T5—Ph1.

Во внутренней периферической части шельфа (практически в прибрежной его части, а также в пределах островов) узкой и прерывистой полосой представлен эндогенный режим T301—Ph2. По простиранию этого внешнего кольца Южно-Китайского бассейна он часто сменяется режимом T1—Ph2. Помимо Тирренской впадины, только в Южно-Китайской известны проявления современного вулканизма [12]. Генеральный режим Южно-Китайской впадины в целом — T4—Ph2.

Современная эндогенная обстановка в пределах Южно-Китайской акватории представляется закономерно организованной пространственно. За небольшими исключениями генеральная структура представляет собой систему концентрических эллипсов, вытянутых в направлении с юго-запада на северо-восток. Внутренняя часть акватории наиболее глубоко переработана тафрогенными процессами, достигшими здесь стадии проявления T5—T6. Ей соответствуют глубоководные впадины Южно-Китайского моря, формирующие ее северную, юго-

восточную и юго-западную провинции. Следующее кольцо образовано менее переработанной земной корой, фиксирующей стадию Т4. Ей в рельефе соответствует переходная зона между глубоководными провинциями и шельфом. Следующее кольцо образовано наименее сильно переработанной земной корой, отвечающей стадии Т2—Т3. Ему в рельефе соответствует геоморфологическая провинция шельфа. Наконец, внешнему кольцу впадины, смежной с ней части континента, а также островам соответствуют либо режим стадии Т3, сменивший ранний орогенный той же стадии проявления, либо стадии Т2. Отмеченная совершенная симметрия строения земной коры региона четко фиксируется при движении от центральных частей глубоководной впадины Южно-Китайского моря в любом из четырех направлений: северо-западном, юго-западном, северо-восточном и юго-восточном.

Не менее закономерно и распределение в пространстве различных фаз активности эндогенных режимов. Оно в целом определяется тем, что высокая современная эндогенная активность (фазы Ph3 и Ph4, занимающие 27% площади впадины) характеризует два главных элемента ее структуры. Один из них — юго-западная провинция глубоководной части акватории и юго-западная часть северной, а также смежные с ними внешние участки континентального склона. Второй — внешняя часть шельфа Сунда и примыкающие участки переходной зоны, расположенные юго-западнее по простиранию глубоководной провинции. Эту активную в целом зону концентрически охватывает вторая, в пределах остальной части впадины и смежных участков континента и островов, которая характеризуется переходной (Ph2) фазой активности эндогенных режимов (72% площади впадины). Эндогенные режимы в пассивной (Ph1) фазе в пределах Южно-Китайского бассейна, в отличие от всех остальных ранее рассмотренных, практически не представлены.

По всей вероятности основным процессом на большей части акватории был деструктивный (тафрогенез), приведший к образованию морских впадин, ставших затем глубоководными. Последние, как правило, построены практически одинаково, совершенно независимо от своего положения в той или иной системе — Средиземноморской или переходной Тихоокеанской. Действительно, если рассматривать Южно-Китайскую, Лигурийскую, Тирренскую или Черноморскую впадины, то обращает на себя внимание их совершенно одинаковая структурная организация. Центральная часть, в пределах которой деструкция земной коры максимальна, обрамляется концентрически построенными поясами, фиксирующими последовательную смену стадий проявления тафрогенеза по направлению к периферии акватории, во внешнем кольце которой иногда появляются уже и режимы платформенного типа. Различия между отдельными акваториями заключаются лишь в том, какой стадии развития тафрогенный режим достиг в центральной их части, и каков этот режим во внешнем кольце.

Как уже указывалось, наиболее полную картину в этом смысле представляет Южно-Китайская впадина, в центральной части которой выявлены такие стадии развития тафрогенеза, как Т6 и Т5 (дефицит мощности земной коры составляет более 20 км). Менее продвинутая стадия проявления этого режима (Т4) формирует в ее структуре следующее концентрическое кольцо. В то же время в пределах Лигурийской и Тирренской впадин эта же стадия Т4 характеризует их центральные части. Следующая стадия того же режима (Т3) образует в Южно-Китайской акватории треть от осевой части кольцо, в Лигурийской и Тирренской — второе (причем в Лигурийской — последнее, периферическое), в Черноморской характеризует ее центральную часть, а в Адриатической представлена избирательно на очень небольших площадях. Стадия Т2 тафрогенного режима также развита в Южно-Китайской впадине, где формирует четвертое от осевой части кольцо, в Тирренской — третье (последнее), в Черноморской — второе, а в Адриатической характеризует наибольшую площадь центральной ее части. Стадия Т1 того же режима частично формирует в Южно-Китайской впадине последнее (пятое) периферическое кольцо, в Черноморской — третье, в Адриатической — второе, а в

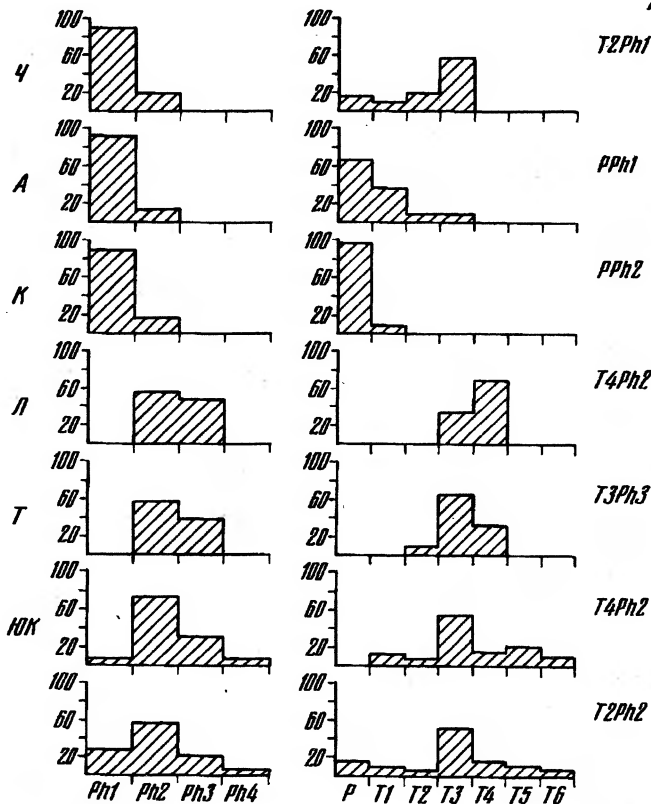


Рис. 2. Распределение стадий проявления эндогенных режимов и фаз их активности в пределах морских впадин

Буквенные обозначения см. рис. 1. Данные по всем впадинам приведены на двух нижних гистограммах без буквенных обозначений

Каспийской характеризует небольшие по площади участки (попавшие в пределы изученной области), принадлежащие Южно-Китайской впадине. Наконец, последние внешние кольца в пределах Черноморской (четвертое), Адриатической (третье) и Каспийской (второе) акваторий представляет платформенный режим.

Нетрудно заключить, что все рассмотренные акватории образуют вполне определенный эволюционный ряд развития тафрогенных структур, сформировавшихся на месте ранее существовавших платформенных. Этот ряд выглядит следующим образом: Каспийская впадина (платформенный режим, первая стадия проявления тафрогенного) — Адриатическая и Черноморская (платформенный режим, первая, вторая и третья стадии проявления тафрогенного) — Тирренская (вторая, третья и четвертая стадии проявления тафрогенного режима) — Лигурийская (третья и четвертая стадии проявления тафрогенного режима) — Южно-Китайская (все стадии проявления тафрогенного режима от первой до шестой). Наиболее представительная, но все же не полная часть этого ряда представлена в пределах Южно-Китайской впадины, а остальные его члены, взаимно дополняющие друг друга и достраивающие этот ряд в целом, выявлены в пределах остальных бассейнов. Это заключение достаточно полно иллюстрируется данными рис. 1—3, табл. 2, 3.

Важно отметить, что в результате совместного рассмотрения морских впадин совершенно отчетливо и однозначно выявлены пространственные взаимоотношения и переходы между всеми стадиями проявления тафрогенеза, а также между тафрогенным и платформенным режимами. Сделать это, рассматривая какую-то одну из них отдельно, или неполную их совокупность, вряд ли было бы возможно.

Данные рис. 2, в частности, свидетельствуют, что в пределах изученной области представлены все стадии проявления тафрогенного режима, однако доминирующей является одна из них, занимающая около 50% ее суммарной площади. Это стадия Т3, в сфере проявления которой дефицит мощности коры составляет от 15 до 20 км. Как было показано ранее, именно она наиболее распространена в пределах таких впадин, как Черноморская, Тирренская и Южно-Китайская. Стадия Т4 занимает наибольшие площади в пределах Лигурийской и Тирренской впадин. Примерно ту же суммарную площадь в акваториях занимает платформенный режим, наиболее представительный в таких впадинах, как Адриатическая и Каспийская. Остальные стадии развития тафрогенного режима развиты на значительно меньших площадях. Стадия Т5 представлена только в Южно-Китайской впадине, Т1 наибольшие площади занимает в Адриатической, Т2 — в Черноморской и Т6 — только в Южно-Китайской. Существенно, что во впадинах Средиземноморского типа структурная переработка земной коры процессами тафрогенеза не достигла к настоящему времени стадий Т5 и Т6, представленных исключительно в Южно-Китайском бассейне.

Важной является возможность дальнейших преобразований земной коры (проблема энергетического потенциала отдельных впадин и всей их совокупности). В пределах наиболее крупной Южно-Китайской впадины на 6% площади, занимаемой стадией Т5, представлена фаза Ph1; на 15% площади — фаза Ph2; на 71% площади — фаза Ph3 и на 8% площади — фаза Ph4. Отсюда следует, что столь мощная структурная переработка, которой соответствует стадия Т5 с дефицитом мощности земной коры — от 20 до 25 км, может реализовываться только при сильном энергетическом воздействии на уровне фаз Ph3—Ph4. Если это справедливо, то в случае с режимом Т5—Ph2 имеет место угасание эндогенной активности, в условиях которой серьезные структурные преобразования вряд ли возможны, а в случае с режимом Т5—Ph1 энергетические ресурсы для таких преобразований уже полностью исчерпаны. В последнем случае, следовательно, ранний тафрогенный режим перешел в платформенный (при сохранении пока еще тафрогенной структуры), а в первом — в настоящее время реализуется переход к этому платформенному режиму (также при сохранении ранее сформированной тафрогенной структуры). Если рассматривать всю Южно-Китайскую впадину в целом, то выясняется, что только на 27% ее площади (вместо 100% ранее) существуют в настоящее время реальные возможности для дальнейшего развития процессов активного тафрогенеза. Это относится к стадиям Т2 (1,5% площади впадины), Т3 (4% площади), Т4 (5,5%) и Т5 (15,7%).

По другим впадинам соответствующие цифры таковы. В пределах Черноморской, Каспийской и Адриатической активные фазы проявления эндогенных режимов отсутствуют. В пределах Тирренской они представлены на 14% площади (в сфере проявления стадий Т2, частично Т3 и Т4), а Лигурийской — на 47% площади (только в месте распространения стадии Т4). Иными словами, в пределах последних двух акваторий более половины их площади к настоящему времени выбыло из сферы активного проявления эндогенных процессов. Если же рассматривать всю совокупность изученных впадин, то соответствующая цифра составит более 80%. Этот факт однозначно свидетельствует о том, что эндогенная активность в пределах морских бассейнов обеих систем (как Средиземноморской, так и Тихоокеанской) в настоящее время находится в стадии угасания.

Эту же картину иллюстрирует и граф, характеризующий взаимное расположение всей совокупности индивидуальных эндогенных режимов, существующих в настоящее время в рассматриваемом ансамбле (рис. 3). Он имеет пропуски, что обусловлено конкретными природными условиями. Тем не менее в системе эндогенных режимов отмечается вполне закономерный переход от активного состояния к платформенному независимо от того, какая стадия тафрогенных преобразований была ранее достигнута. Об этом свидетельствует наличие режимов Т1—Ph1, Т2—Ph1, Т3—Ph1 и Т5—Ph1, а также Т1—Ph2, Т3—Ph2, Т4—Ph2, Т5—Ph2 и Т6—Ph2.

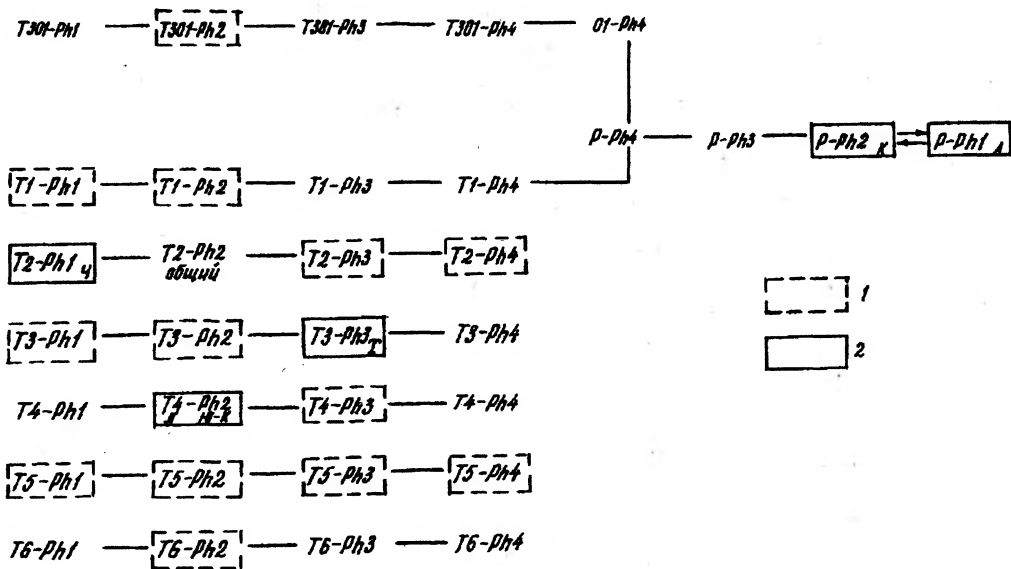


Рис. 3. Граф взаимоотношений современных платформенных и тафрогенных эндогенных режимов
 1 — эндогенные режимы во впадинах рассмотренных морей, 2 — генеральные эндогенные режимы морских впадин. Буквенные обозначения см. рис. 1 и 2. Аббревиатура режимов соответствует указанной в табл. 1 и 2

Уже отмечалось ранее, что каждая впадина в целом может характеризоваться своим генеральным обобщенным современным эндогенным режимом (см. табл. 3), который также указан на графе (рис. 3). В соответствии с ним образуется некоторый генетический ряд, не все члены которого опять-таки существуют в изученной области. Тем не менее возможно представить схему эволюции платформенных и тафрогенных эндогенных режимов следующим рядом.

1. Платформенный режим в фазах активности Ph1—Ph2 (Адриатическая и Каспийская впадины, соответственно).

2. Платформенный режим в фазах активности Ph3—Ph4 без структурных преобразований земной коры (в изученной области отсутствует).

3. Тафрогенный режим в фазах Ph3—Ph4, в рамках которого реализуются последовательные во времени структурные преобразования земной коры от стадии T1 до стадии T6 (Тирренская впадина в стадии T3, остальные отсутствуют).

4. Тафрогенный режим в переходной фазе Ph2, в рамках которого сохраняются достигнутые ранее структурные преобразования земной коры на уровне стадий T1—T6 (Лигурийская и Южно-Китайская впадины в стадии T4, остальные отсутствуют).

5. Платформенный режим в пассивной фазе Ph2, в рамках которого также сохраняются достигнутые ранее структурные преобразования земной коры на уровне стадий T1—T6 (Черноморская впадина в стадии T2, остальные отсутствуют).

Эти данные также иллюстрируют сделанный ранее вывод об угасании эндогенной активности всей области в целом.

* * *

Проблема происхождения и механизма образования глубоководных впадин внутренних и окраинных морей является дискуссионной. В настоящее время большинство исследователей — сторонников теорий глобальной тектоники плит — связывают формирование многих из них с процессами спрединга. Другие

исследователи считают вертикальные движения ведущим процессом развития таких впадин, связывая с ними крупные обрушения.

Авторы являются сторонниками второй концепции. Действительно, в пределах большинства рассмотренных глубоководных бассейнов, характеризующихся утоненной земной корой, присутствует складчатый фундамент, платформенный чехол или орогенный комплекс, на котором располагаются глубоководные серии осадков. По данным В. Г. Николаева это имеет место в пределах Черноморского, Алжиро-Прованского, Южно-Каспийского, Альборанского и Тирренского бассейнов, т. е. практически во всех рассмотренных ранее впадинах Средиземноморья [10]. Что касается Южно-Китайской впадины, то также существует предположение, что она сформировалась на земной коре континентального типа [13], хотя оно и разделяется не всеми исследователями. Представляется, что новообразование утоненной земной коры этих котловин связано не с растяжением толстой земной коры платформенного или орогенного типа, а с ее глубокой внутренней переработкой и обрушением.

Все глубоководные впадины имеют изометричную или овально-изометричную форму в отличие от линейной, свойственной типичным структурам растяжения, например, рифтовым. Эти структуры, как было показано, организованы концентрически, что легко объяснимо с позиций дифференцированных обрушений над глубинным диапиром изометричной формы. Подобную организацию структуры глубоководных впадин трудно интерпретировать с позиций горизонтального растяжения земной коры, поскольку оно должно в этом случае реализовываться одновременно центробежно во всех направлениях сразу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рейснер Г. И., Рейснер М. Г. Современные эндогенные режимы. М.: 1986, 146 с. Дрп. в ВИНТИ, № 5105 — в 86.
2. Рейснер Г. И. Неотектонические движения, современные эндогенные режимы и рельеф Кавказского и Карпатского регионов // Геоморфология. 1987. № 3. С. 3—15.
3. Рейснер Г. И., Чичагов В. П. Современные эндогенные режимы Юго-Восточной Азии (на примере Вьетнама) // Геоморфология. 1991. № 1. С. 15—29.
4. Рейснер Г. И., Чичагов В. П. Современные эндогенные режимы Южно-Китайского моря // Доклады Российской Академии наук. 1992. Т. 323. № 4. С. 657—663.
5. Белоусов В. В. Эндогенные режимы материков. М.: Недра, 1972. 232 с.
6. Белоусов В. В. Основы геотектоники. М.: Недра, 1989. 382 с.
7. Белоусов В. В. Тектоносфера Земли: взаимодействие верхней мантии и коры. М.: Междувед. Геофизич. Комитет, 1991. 69 с.
8. Белоусов В. В., Павленкова Н. И. Взаимодействие земной коры и верхней мантии // Геотектоника. 1986. № 6. С. 8—20.
9. Маловицкий Я. П. Тектоника дна Средиземного моря. М.: Наука, 1978. 96 с.
10. Николаев В. Г. Паннонский бассейн. Строение осадочного чехла и развитие. Труды ГИН АН СССР. Вып. 406. 1986. М.: Наука, 101 с.
11. Сборщиков И. М., Альмухамедов А. И. Подводные вулканы Тирренского моря — свидетели раскрытия задугового бассейна // Изв. РАН. Серия геологическая. 1992. № 1. С. 66—77.
12. Надежный А. М. Основные черты строения вулканической зоны в районе о-ва Ку Лао Ре (Южно-Китайское море) по данным непрерывного сейсмопрофилирования // Вулканология и сейсмология. 1986. № 5. С. 92—96.
13. Кайнозойская эволюция земной коры и тектогенез Юго-Восточной Азии. М.: Наука, 1989. 256 с.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН,
Институт географии РАН

Поступила в редакцию
12.10.93

RECENT EDOGENIC SITUATION IN THE BASINS OF INTERIOR AND MARGINAL SEAS

G. I. REISNER, A. K. POPOVA, V. P. CHICHAGOV

Summary

Basins of the Ligurian, Adriatic, Black, Caspian and South China seas have been subdivided into regions according to their recent endogenic regimes, stages of evolution and phases of activity; the subdivision was based on the earthcrust typization by four characteristics (heat flow density, the crust thickness, present-day elevations and depth of consolidated basement). Spatial interrelations between taphrogenic and platformian regimes are elucidated, as well as various stages of the taphrogenic regime. The authors conclude that the sea basins under consideration form an evolutionary genetic sequence of structures resulted from large tectonic collapse of continental crust; at present the endogenic activities decrease.

УДК 551.435.13

© 1994 г. Р. С. ЧАЛОВ

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА РЕКАХ

Русловые процессы как совокупность явлений, связанных с взаимодействием водного потока и русла реки, обуславливают возникновение и развитие различных форм русла и форм руслового рельефа. С этой точки зрения они имеют «своей первопричиной гидрологические факторы и в своем конечном проявлении... геоморфологический характер» [1]. Вместе с тем формы рельефа, созданные речными потоками, являясь производной русловых процессов, оказывают обратное воздействие на поток, «становятся важным фактором русловых процессов, поскольку... в значительной мере определяют гидравлические особенности потока» [2]; Н. И. Макавеев в связи с этим указывал, что «русловые формы относительно устойчивы и, следовательно, типичны, если они возбуждают процессы, способствующие их возобновлению» [3, с. 12]. Это же относится и к формам руслового рельефа, отражающим транспорт потоком донных (влекомых) наносов — гряд.

Формы проявления эрозионно-аккумулятивной деятельности постоянных водных потоков — многочисленны и разнообразны. Различные условия формирования рек определяют неодинаковый характер взаимодействия речных потоков с грунтами, слагающими их берега и ложе. Слабая устойчивость горных пород по отношению к размыву, широкое распространение лёссовидных или песчаных отложений разного генезиса обуславливают преимущественное развитие горизонтальных русловых деформаций (боковой эрозии) и образование широкопойменных долин, в пределах которых непрерывно блуждают речные русла. Последние зависят от структуры потоков (полей скоростей, циркуляционных течений и т. д.) и их гидравлических характеристик, количества и крупности перемещаемых потоками руслообразующих наносов. В подобных свободных условиях развития русловых деформаций поток, по выражению М. А. Великанова [4], управляет руслом. Горизонтальные смещения русел наблюдаются при этом практически постоянно, а интенсивность их колеблется от нескольких сантиметров до нескольких сотен метров в год, увеличиваясь в общем в абсолютном выражении от малых рек к большим.

В областях распространения пород, устойчивых к размыву, поток, обладающий даже значительной энергией, иногда полностью управляется руслом, формы которого предопределяются геологической структурой, трещиноватостью, первичным рельефом и т. д. Особенно отчетливо это проявляется при врезании рек в