

УДК 551.248.2

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Горн А.А., студентка гр. Б-186, 4 курс

(ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
г. Кемерово)

Фрибус И.В., студент гр. 116М, 1 курс

(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
г. Москва)

Научный руководитель: Лешуков Т.В., к.г.-м.н., старший преподаватель кафедры геологии и географии

(ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
г. Кемерово)

Предполагается, что гипсометрические данные могут отражать тектонические и эрозионные процессы рельефа местности [7]. Для определения деформационных процессов хорошим инструментом могут выступать морфометрические параметры, а ГИС упрощают данные расчеты. Это продемонстрировано в работах зарубежных авторов, которые с помощью различных индексов изучали тектонические и эрозионные процессы, преобразующие рельеф, на основе цифровых моделей рельефа [2, 5]. Наше исследование направлено на определение морфометрических показателей для оценки неотектонической активности водосборных бассейнов некоторых притоков Томи.

Расчеты выполнялись в программе ArcGIS [1]. С помощью инструментов пространственного анализа была построена речная сеть бассейна Томи и выделены водосборные бассейны следующих притоков: в низовье – реки Большая Черная (1) и Большая Киргизка (2), в средней части бассейна Томи – реки Южная Унъга (3) и Тайдон (4), в верховье – реки Мрассу (5) и Уса (6). Далее для водосборных бассейнов были рассчитаны следующие показатели – коэффициент асимметрии бассейна, коэффициент бифуркации, гипсометрический интеграл и гипсометрическая кривая.

Коэффициент асимметрии (AF) служит для обнаружения тектонического наклона в поперечном направлении к основному водотоку бассейна. Определяется по формуле 1

$$AF = 100 \cdot (Ar / At) \quad (1)$$

где  $Ar$  – площадь бассейна справа от основного потока вниз по течению;

$At$  – общая площадь бассейна.

Предполагается, если бассейн не испытывает никакой тектонической активности, то его фактор асимметрии равен 50. Значения больше или меньше 50 указывают на наклон. Когда значение AF больше 50, то основной поток смещен в левую часть бассейна, при значении меньше 50 поток смещен в правую часть бассейна. Данный фактор предполагает, что ни литология, ни климат не оказывают влияние на асимметрию бассейна [3].

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициент асимметрии

Водосборный бассейн	Ar, км <sup>2</sup>	At, км <sup>2</sup>	Коэффициент асимметрии (AF)	Направление смещения вниз по течению
№ 1	173,19	535,14	32,4	вправо
№ 2	537,46	882,51	60,9	влево
№ 3	399,53	1843,04	21,6	вправо
№ 4	832,28	2108,95	39,5	вправо
№ 5	5010,84	8866,02	56,5	влево
№ 6	2007,19	3619,10	55,5	влево

Все исследуемые бассейны испытывали тектоническую активность, поскольку они асимметричны и имеют наклон в ту или иную сторону.

Коэффициент бифуркации (Rb) – отношение общего количества водотоков одного порядка к количеству водотоков более высокого порядка. Связан с характером разветвления дренажной сети. Вычисляется по формуле 2

$$Rb = Nu / (Nu + 1) \quad (2)$$

где Rb – коэффициент бифуркации;

Nu – общее количество сегментов потока порядка «и»;

Nu+1 – количество сегментов следующего более высокого порядка.

Более низкие значения Rb указывают на структурно менее нарушенные дренажные бассейны, которые имеют дендритовую схему. Высокие значения указывают на молодую стадию развития бассейна, низкие же значения на зрелую. Чем выше значения коэффициента бифуркации, тем более расченен рельеф [2, 6].

Наименьшие значения коэффициента бифуркации (3,82 и 3,97) наблюдаются в пределах бассейнов №1 и 2, где расчененность рельефа минимальная. Наибольшее значение (5,33) отмечается в бассейне №6, где наиболее расченен рельеф бассейна (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициент бифуркации

Водосборный бассейн	Коэффициент бифуркации Rb						Средний Rb
	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	
№ 1	4,41	3,48	5,71	3,5	2		3,82
№ 2	4,34	5,05	3,82	3,67	3		3,97
№ 3	5,04	4,75	3,74	6,33	3		4,57
№ 4	4,51	4,05	5,5	4	5		4,61
№ 5	5,11	3,92	4,32	4,58	4,75	4	4,45
№ 6	4,66	4,92	4,61	3,44	9		5,33

Таким образом, можно сделать вывод, что бассейны, имеющие более расчлененный рельеф (№3-6), более подвержены тектоническим и эрозионным процессам, чем бассейны, имеющие наименьшие показатели коэффициента бифуркации (№1-2).

Гипсометрический интеграл и гипсометрическая кривая описывают распределение высот внутри заданной площади. Гипсометрическая кривая строится по данным общей высоты бассейна (относительной высоты) и общей площади бассейна (относительной площади). Значение относительной площади ( $a/A$ ) всегда варьируется от 1,0 в самой низкой точке бассейна ( $h/H = 0,0$ ) до 0,0 в самой высокой точке бассейна ( $h/H = 1,0$ ) [3].

Гипсометрический интеграл вычисляется следующим образом:

$$HI = \frac{(\text{средняя высота} - \text{минимальная высота})}{(\text{максимальная высота} - \text{минимальная высота})} \quad (3)$$

С помощью показателей можно оценить стадии эрозионного цикла. Стадия «молодости» – высокий гипсометрический интеграл ( $>0,60$ ), выпуклая гипсометрическая кривая. Стадия «зрелости, или равновесия» – значения гипсометрического интеграла от 0,35 до 0,60, сигмоидальная (S-образная) форма кривой. Стадия «старости» – интеграл со значениями  $<0,35$ , кривая имеет вогнутый вид (рис. 1).

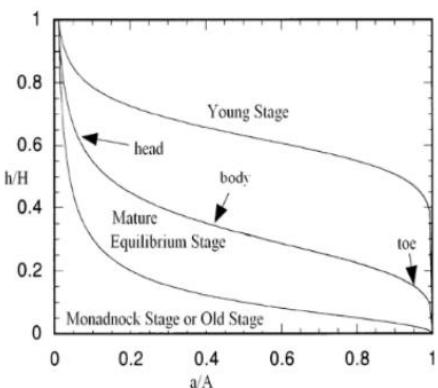


Рис. 1. Типы гипсометрических кривых [4]

Исследуемые бассейны характеризуются средними значениями гипсометрического интеграла от 0,48 до 0,50, по своей форме кривые можно отнести к типу S-образной, что означает, что бассейны относятся к стадии «зрелости», представляющую умеренно эродированные регионы (рис. 2).

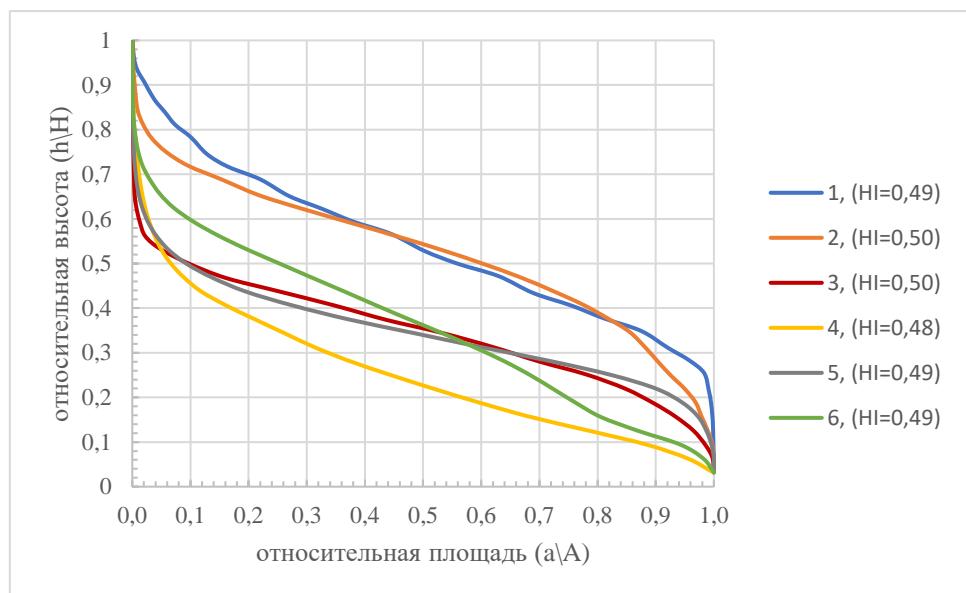


Рис. 2. Гипсометрические кривые бассейнов

Таким образом, можно сделать вывод, что бассейны, находящиеся в стадии «зрелости» расчленены эрозионными процессами.

Проведенный морфометрический анализ водосборных бассейнов в среде ArcGIS показал следующие результаты:

- коэффициент асимметрии показал, что все бассейны являются асимметричными и испытали тектонический наклон в ту или иную сторону;
- коэффициент бифуркации продемонстрировал, что чем больше значение, тем больше преобладают эрозионные и тектонические процессы;
- гипсометрический интеграл характеризовал эрозионный цикл бассейнов стадией зрелости;
- неотектоническая активность исследуемого региона возрастает по направлению с севера, где расположены бассейны рек Большая Черная (№1) и Большая Киргизка (№2) к бассейнам рек Мрассу (№5) и Уса (№6), находящиеся на юге, юго-востоке бассейна;
- наиболее неотектонически активным водосборным бассейном является бассейн реки Уса (№6), обладающий показателями, свидетельствующие об активности, наименее – бассейн реки Большая Черная (№1);
- бассейн Томи по своей активности является неоднородным.

Для более полной неотектонической оценки следует провести анализ по другим морфометрическим и геоморфологическим показателям, а также изучить водосборные бассейны меньших порядков.

### Список литературы

1. Горн А. А. Оценка базисов эрозии, сформированных в неотектоническое время в Кемеровской области – Кузбассе / А. А. Горн, И. В. Фрибус, К. В. Легошин, М. К. Лешукова, Б. З. Орозбаев, Ф. О. Конончук, Т. В. Лешуков. – Успехи современного естествознания, 2022. – № 1. – С. 17-22.
2. Gupta L. A GIS-Based Assessment of Active Tectonics from Morphometric Parameters and Geomorphic Indices of Assam Region, India / L. Gupta, N. Agrawal, J. Dixit, S. Dutta, 2021. – 41 с.
3. Keller E. A. Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape / E. A. Keller. – Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2002. – 390 с.
4. Markose V., Jayappa K. Hypsometric Analysis of Kali River Basin, Karnataka, India, using Geographic Information System / V. J. Markose, K. S. Jayappa. – Geocarto International, 2011. – С. 553-568.
5. Miccadei E. Morphotectonics of the Abruzzo Periadriatic Area (Central Italy): Morphometric Analysis and Morphological Evidence of Tectonic Features // E. Miccadei, C. Carabella, G. Paglia. – Geosciences, 2021. – С. 397.
6. Schumm S. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey / S. Schumm. – Geological Society of America Bulletin, 1956. – 597 с.
7. Weissel J. The length-scaling properties of topography / J. Weissel, L. Pratson, A. Malinverno. – Journal of Geophysical Research, 1994. – С. 13997-14012.