

А.Н. Павлов, В.А. Голосовская, Н.А. Саноцкая

СИММЕТРИЯ И АСИММЕТРИЯ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ. ОБСУЖДЕНИЕ ЗАДАЧИ

A.N. Pavlov, V.A. Golosovskaya, N.A. Sanotskaya

SIMMETRY AND ASYMMETRY OF RIVER BASINS. TALK OVER OBJECT

Впервые рассмотрены возможности оценки уровней асимметрии речных бассейнов по их морфологическим и гидрологическим характеристикам. Приводятся примеры.

Ключевые слова: речные бассейны, симметрия, асимметрия, диссимметрия, географические гомологии, бассейны рек Кубани, Оки.

It is the first consideration of the possibility of estimation of the levels of asymmetry of river basins on the base of morphologic and hydrologic characteristics. Examples are given.

Key words: river basins, symmetry, asymmetry, dissymmetry, geographic homologies, the Kuban and Oka basins.

...вещество перестало играть главенствующую роль. Эта роль перешла к принципам симметрии.

С. Вайнберг [2004]

Общие положения

Симметрия – одно из коренных свойств мироздания. Это уравновешенность, сбалансированность, связь систем и миров. Симметрию **как идею** можно сформулировать следующим образом:

1. *Любой объект обладает различными свойствами, в которых он может быть описан (параметризован).*

2. *С каждым из параметров или группой параметров может быть совершена какая-то операция: перемещение, отражение, поворот и т.д.*

3. *Если после выбранной операции получают тождественный результат, т.е. объект не отличается от своего первоначального вида, говорят, что в этих параметрах по отношению к данной операции объект симметричен.*

Из такого понимания симметрии вытекает два простых следствия:

1. *Можно выбрать любые параметры, характеризующие объект, и подбирать для них операции, которые бы дали тождественный результат.*

2. *Можно задаться операциями и подбирать параметры, в которых также будет получен тождественный результат.*

Иными словами, нет вещей несимметричных. Всё симметрично, но в определенных характеристиках при соответствующих преобразованиях.

Однако симметрия реальных объектов лишь похожа на симметрию теоретических образов. Стратегический замысел здесь ясен: принципиальная недостижимость равновесия в природе, равновесия как символа всеобщей смерти,

неподвижности и конца. Тактических же приёмов для обеспечения *недостижимости смерти*, по-видимому, бесчисленно много.

Например, в кристаллах геометрический образ заложен генетически в особенностях строения их кристаллической решетки. Так, в галите ионы натрия и хлора организуются по вершинам куба и никак иначе. Что же искажает этот природный замысел? Во-первых, наличие примесей. Во-вторых, сложность движения вещества к центрам кристаллизации и различные эффекты на формирующихся поверхностях кристаллов. И в-третьих, – *дисимметрия*.

У разных авторов этот термин записывается по-разному: дисимметрия и диссимметрия. Первая форма записи подчёркивает двойственную природу явления – взаимодействие симметрии среды и объекта. Вторая – ту дисгармонию, которая этой двойственностью создается.

Если симметрия – это фундаментальное свойство мира, то дисимметрия может быть квалифицирована как вселенский механизм, гарантирующий принципиальную недостижимость симметрии с помощью самой же симметрии. Именно он формирует «почти симметрию».

Базовая интерпретация дисимметрии состоит в следующем:

- Любой объект развивается в определенной среде.
- И объект и среда обладают некоторой первородной симметрией, под которой понимается некий идеальный образец, некий эталон, некое задуманное клише.

- В объекте развиваются только те внешние формы симметрии, которые совпадают с элементами симметрии среды, в конкретном их проявлении – для потока, вихря, покоя и т.д.

- Формы, не совпадающие с элементами симметрии среды, не развиваются и остаются как невостребованный потенциал.

- При снятии внешних ограничений невостребованные элементы начинают развиваться. В этом и состоит смысл известного выражения Пьера Кюри – *дисимметрия творит явления*.

Асимметрия – это отсутствие симметрии. Для поверхности Земли такая неуравновешенность проявляется в известных географических гомологиях [Павлов, 2006]:

- Антиподальность материков и океанов.
- Различная «водность» Северного и Южного полушарий.
- Клиновидная форма материков.
- Попарное соединение материков и их S-образная форма.
- Различная изрезанность океанических побережий.
- Наличие горных параллелей и меридианов.

Эти гомологии позволили разработать систему теоретических кругов и центров, которые некоторым образом формализовали натурные данные.

Мы напомним эти морфологические особенности устройства поверхности Земли, чтобы обратить внимание на геометрический характер параметров и принципы их сравнения на основе планетарной геодезической сети.

Можно ожидать, что глобальная асимметрия планеты как общая структурная закономерность должна проявляться и в устройстве различных морфометрических деталей, в частности в геометрии речных бассейнов.

Симметрия и асимметрия сосуществуют. Их связь отражает фундаментальную двойственность устройства Мира [Беляев, 2007]. Без их единства (неразделимости и неслиянности [Павлов, 2007]) Мир не мог бы существовать и развиваться.

Статистический закон Фёдорова-Грота

- Веществу с простым химическим составом присуща высокая симметрия его кристаллов.

- С усложнением химического состава кристаллического вещества его симметрия, как правило, становится ниже.

С этим законом согласуются современные взгляды на процессы развития Земли [Павлов, 1985, 2006]. Можно ожидать, что такие тенденции проявляются и в развитии речных бассейнов.

Речной бассейн – это водосборная площадь реки с её притоками. В соответствии с современными представлениями [Мильков, 1981 и др.] русло реки со всеми прилегающими территориями, с которых оно собирает воду (поверхностную и подземную), образует сложную ландшафтную структуру. Она получила название – *бассейновая парагенетическая система*. Эти три слова отражают идею целостности речного бассейна, проявляющуюся в генетическом единстве составляющих её элементов (через их взаимодействие).

Понятие симметрии эту сущность и составляет. Поэтому естественный путь изучения симметрии и асимметрии является параметрическим. Разумеется, что среди множества параметров главными будут те, которые традиционно характеризуют речной бассейн, могут быть измерены или вычислены по натурным данным.

Среди них можно выделить следующие:

Морфометрическая группа

1. Площади (горизонтальная проекция) – F , км².
2. Средние уклоны – I , град.
3. Числа фрактальности (мера самоподобия) – D .
4. Средние высоты – Z , м.
5. Амплитуда высот – A_z .

Гидрологическая группа

1. Средний многолетний сток – Q .
2. Средний минимальный сток – Q_{\min} .
3. Средний максимальный сток – Q_{\max} .
4. Соответствующие модули стока – M, M_{\min}, M_{\max} .
5. Соответствующие коэффициенты стока – K, K_{\min}, K_{\max} .
6. Соответствующие многолетние гидрографы – G, G_{\min}, G_{\max} .

В качестве операции сравнения (как меры симметрии) можно использовать отношения этих параметров (C), условно правых к левым, считая за границу

раздела русло основной реки. Например, для площадей $C_F = F_{\text{пр}}/F_{\text{л}}$. Очевидно, значения $C = 1$ означает симметричность речного бассейна по данному параметру. В случае, когда $C \neq 1$, бассейн по рассматриваемому параметру асимметричен. Мера асимметричности выражается числом. По различным параметрам она будет различной, что позволит обсуждать причины асимметрии.

Внешние проявления симметрии и асимметрии речных бассейнов

У Грегори [1972] сформулирована важная, хотя, на первый взгляд, и очевидная истина:

- *Мы верим в то, что видим, и видим то, во что верим.*

Общие положения, которые были только что приведены, отражают нашу веру в принципы симметрии и асимметрии. Рассматривая с этой верой географические карты речных бассейнов, мы обращаем внимание на их асимметричное или почти симметричное строение относительно главного русла. Такое внешнее впечатление полезно закрепить хотя бы на нескольких примерах.

Бассейн реки Кубани

Характеристика водного стока

Бассейн Кубани является частью Азово-Кубанского артезианского бассейна. Представление о его границах, гидрологических особенностях и геологическом строении складывались постепенно на протяжении всей истории изучения Северо-Западного Предкавказья. В.И. Клименко [1987] дополнил и развил их на основании материалов почти 4000 скважин, колодцев и источников, которые к этому времени были изучены многочисленными геологическими организациями, проводившими работы в этом регионе (рис. 1 и 2).

Из рис. 1 видно, что с правого борта бассейна р. Кубани (Прикубанской степной равнины) не фиксируется ни одного притока (в рассматриваемом масштабе). В работе П.М. Лурье, В.Д. Панова и Ю.Ю. Ткаченко [2005] этот факт подтверждается, правда с небольшим замечанием:

- *... с правой стороны в Кубань впадает только несколько незначительных притоков, берущих начало с западного склона Ставропольской возвышенности (с. 143).*

Это обстоятельство позволяет все поверхностные стоковые характеристики правого борта бассейна Кубани оценить как практически нулевые. Соответственно, коэффициент C , принятый нами как мера симметрии, получит нулевые значения ($C = 0$). Таким образом, речь может идти о **предельной асимметрии** по речному стоку.

Рис. 2 позволяет говорить, что по подземному питанию бассейн Кубани такой резкой асимметрией вряд ли обладает.

Оценка инфильтрационного питания была проведена В.И. Клименко на основании воднобалансовых расчётов по 23 участкам для южных и северных областей (рис. 3). Для северной области карта отражает закономерности формирования и распределения глубокого подземного стока для комплекса палеогеновых и неогеновых отложений, которые представлены в пределах Азово-Кубанского артезианского бассейна.

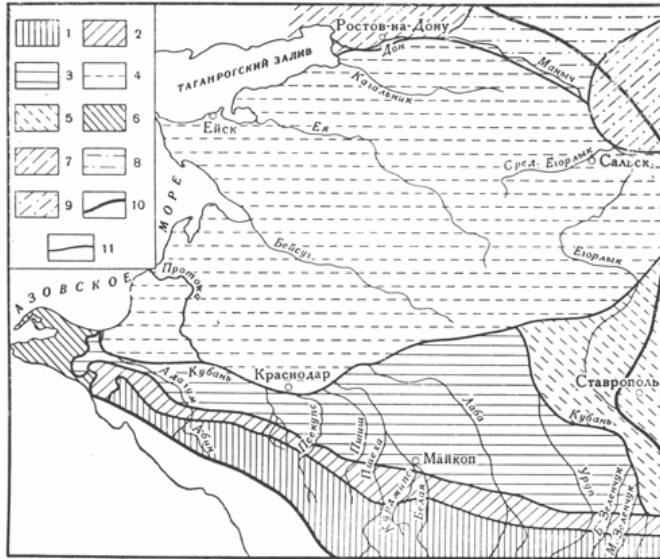


Рис. 1. Схема геоморфологических элементов и гидрографической сети Азово-Кубанского артезианского бассейна.

- 1 – высокогорная часть Северо-Западного Кавказа; 2 – предгорья Северо-Западного Кавказа;
- 3 – Закубанская наклонная равнина; 4 – Прикубанская степная равнина;
- 5 – Ставропольская возвышенность; 6 – Таманский полуостров; 7 – Правобережье Дона;
- 8 – Придонская равнина; 9 – западное окончание Ергеней;
- 10 – граница артезианского бассейна; 11 – граница геоморфологического района

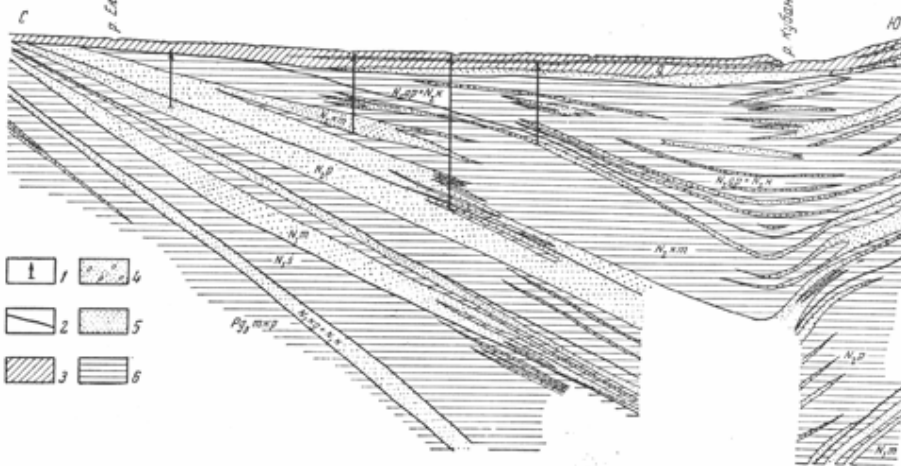


Рис. 2. Меридиональный гидрогеологический разрез Азово-Кубанского прогиба.

- Q – современные и четвертичные отложения; $N_{2ar} + N_{2k}$ – апшеронские и кульницкие;
- N_{2km} – киммерийские; N_{2p} – понтийские; N_{1m} – мэотические; N_{1s} – сарматские;
- $N_{1kg} + N_{1k}$ – караганские и конские; Pg_{3mkr} – майкопские отложения (обозначение палеогена дано по стратиграфической номенклатуре 1964 г.). 1 – пьезометрический уровень;
- 2 – стратиграфические границы; 3 – суглинок; 4 – галечник; 5 – песок; 6 – глина

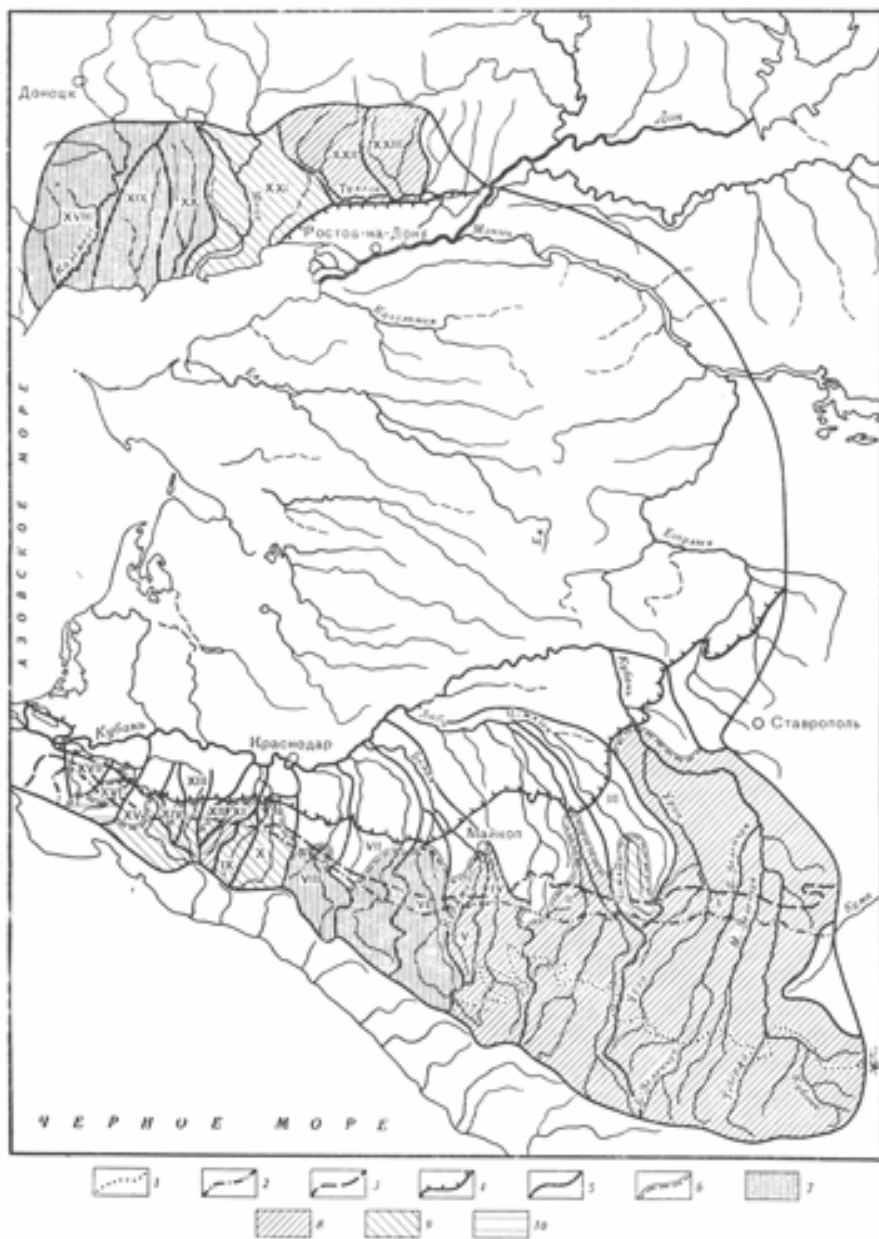


Рис. 3. Схема среднегодовых величин глубокой инфильтрации в областях питания Азово-Кубанского артезианского бассейна. Границы областей питания водоносных комплексов: 1 – палеозойских; 2 – мезозойских; 3 – палеогеновых; 4 – неогеновых; 5 – границы воднобалансовых участков; 6 – границы расчётной части воднобалансовых участков (римские цифры – номера воднобалансовых участков). Области среднегодовых величин питания, мм/год: 7 – 80–60; 8 – 60–40; 9 – 40–20; 10 – менее 20

Южная область в геологическом отношении является более сложной, поскольку помимо палеоген-неогеновых отложений там выходят на поверхность и отложения более древних пород – мезозойский и даже палеозойский комплексы (табл. 1).

Таблица 1

Среднее многолетнее атмосферное питание крупных водоносных комплексов южной области Азово-Кубанского артезианского бассейна

Водоносный комплекс	Общая мощность, м	Мощность водосодержащей толщи, м	Атмосферное питание, $10^6 \text{ м}^3/\text{год}$
Неогеновый	2200	1470	1120
Палеогеновый	1310	970	352
Мезозойский	2360	720	343
Палеозойский	1500	430	77
<i>Всего</i>	<i>7370</i>	<i>3590</i>	<i>1892</i>

Подземный сток по Азово-Кубанскому артезианскому бассейну оценивался В.И. Клименко для зоны интенсивного водообмена с помощью известного метода генетического расчленения гидрографа рек, разработанного в своё время Б.И. Куделиным. По разным рекам ряды наблюдения имели различную длительность и составляли от 10 до 49 лет. Представление о результатах даёт рис. 4.

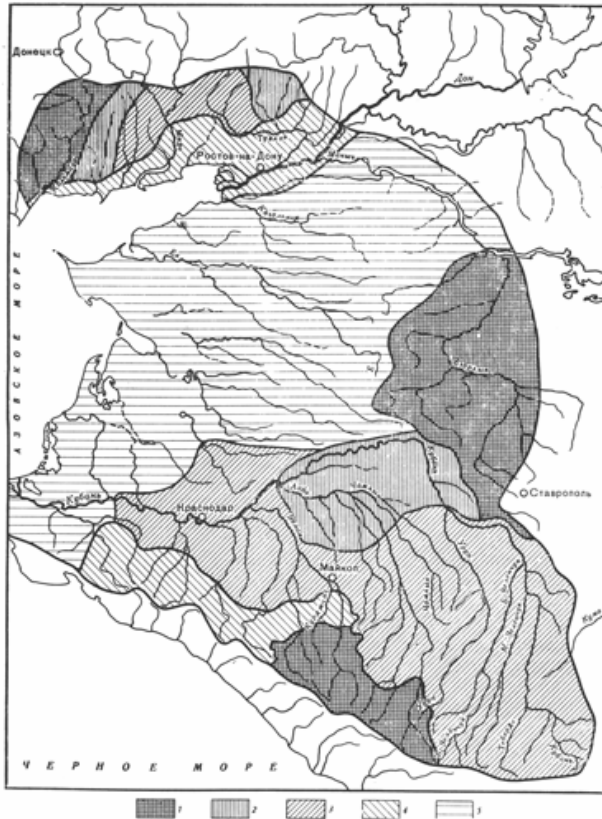


Рис. 4. Схема подземного стока (в % от общего речного стока).
1 – 50–40; 2 – 40–30; 3 – 30–20; 4 – 20–10; 5 – менее 10

Не делая попыток каких-либо точных числовых оценок, по рис. 4 все же можно с уверенностью отметить, что подземный сток в сторону Кубани (и по её притокам) с юга вряд ли существенно преобладает над питанием с севера. Можно принять ориентировочное значение $C_{\text{подз. ст.}} \approx 1,0$.

По имеющимся сведениям о притоках р. Кубани, приведенным в работе [Лурье и др., 2005], можно вычислить коэффициент асимметрии речного бассейна ($C_{\text{вдсб}}$) как отношение площадей водосборов наиболее значительных правых притоков к площадям аналогичных левых притоков:

$$C_{\text{вдсб}} = F \text{ прав. прит.} / F \text{ лев. прит.}$$

Таблица 2

Сведения о притоках р. Кубани

Левые притоки					Правые притоки				
Название реки	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота, м	Уклон реки, ‰	Название реки	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота, м	Уклон реки, ‰
Учкулан	22	389	2580	37	Уллукам	34	613	2770	45
Даут	44	239	2480	41	Худес	39	456	2230	32
Теберда	61	1080	2210	20	Джаланкол	16	150	1100	69
М. Зеленчук	63	1850	920	18	Индыш	8,3	48,0	1600	52
Б. Зеленчук	158	2730	1100	14	Кольтубе	16	194	1500	41
Б. Козьма	42	311	370	5,9	Мара	27	174	1450	48
Бечуг	25	309	290	7,2	Джегута	24	263	1190	47
Уруп	246	3220	900	10	Джегонас	27	108	1020	31
2-й Зеленчук	120	1390	100	0,8	Абазинка	38	144	720	12
Лаба	214	12500	700	7,0	Овечка	38	180	740	13
Белая	266	5990	770	8,7	Невинка	58	602	600	6,7
Пшиш	247	1850	320	5,0	Барсучки	28	655	400	7,5
Марта	50	725	180	4,5	б. Холодная	31	202	270	7,2
Апчас	63	356	170	4,3	б. Горькая	53	351	320	5,4
Псекупс	143	1370	250	3,9	б. Камышеваха	22	283	160	7,3
Чибий	42	343	200	4,0					
Афипс	98	1400	220	4,2					
		Σ36 052					Σ4 423		

Исходя из приведенных данных (табл. 2), коэффициент асимметрии бассейна р. Кубани, вычисленный по площадям водосборов правых и левых притоков, равен 0,12, что характеризует бассейн как крайне асимметричный.

$$C_{\text{вдсб}} = F \text{ прит. прав.} / F \text{ прит. лев.} = 0,12.$$

Можно проанализировать речной сток бассейна притоков Кубани. На рис. 5 представлены графики внутригодового распределения стока (гидрографы стока), построенные в долях среднемесячных расходов от среднегодового ($Q_{\text{ср.мес.}} / Q_{\text{ср.год.}}$) за многолетний период по притокам Кубани.

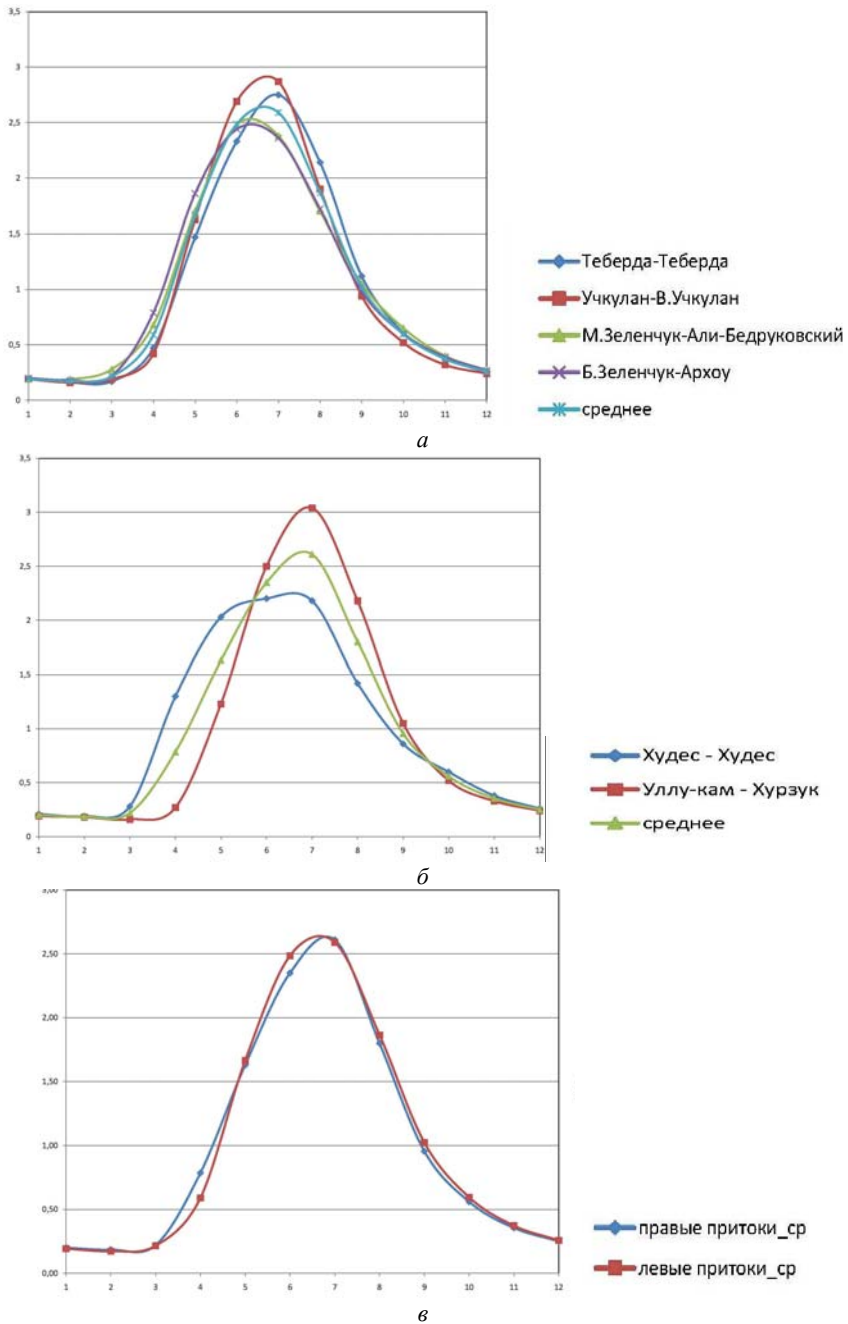


Рис. 5. Внутригодовое распределение стока ($Q_{ср.мес.}/Q_{ср.год.}$) средних за многолетний период для притоков р. Кубани: *a* – левые притоки, *б* – правые притоки, *в* – осредненные графики для левых и правых притоков

Предварительный анализ гидрографов показывает:

– у *левых притоков Кубани* (рис. 5, а) наибольший сток наблюдается в период с июня по август, среднемесячные расходы в реках в этот период превышают среднегодовые в 2,5–3 раза;

– у *правых притоков Кубани* (рис. 5, б) наибольший сток наблюдается в период с мая по июль; среднемесячные расходы в реках в этот период превышают среднегодовые в 2–3 раза.

Как видно, различия весьма не существенны. Кроме того, р. Уллукам можно отнести к правым притокам лишь условно, поскольку р. Кубань образуется путем слияния рек Учкулан и Уллукам. Наиболее значительным из правых притоков является р. Худес, а ее гидрограф стока отличается от гидрографов левых притоков в большей степени. К сожалению, данных о распределении стока других правых притоков Кубани нет ввиду отсутствия на них стационарных наблюдений.

Морфометрическая характеристика

По данным работы Погорелова и др. [2008] можно ориентировочно оценить коэффициент симметрии и по средним уклонам правого и левого бортов бассейна Кубани. $C_1 \approx 0,25$.

Интересная информация по морфометрии бассейна Кубани была найдена мной в работе А.В. Погорелова, Ж.А. Думит и Е.В. Куркиной [2008]. Расчётная площадь бассейна этими авторами оценивается в 58,08 тыс. км². Протяжённость – около 500 км (от Таманского полуострова до горы Эльбрус). Бассейн **резко асимметричен**. По площадям водосбора это сразу бросается в глаза уже на рис. 6.

Авторы рисунка выделяют 38 внутренних поверхностей водосбора. При этом со стороны склонов Кавказа – 32, справа же только 6 (дельта Кубани – № 1, Закубанские плавни – № 3, Нижняя Кубань – № 7, Средняя Кубань – № 25, Верхняя Кубань от Устья Мары до устья Большой Зеленчук – № 32, Верхняя Кубань от слияния Уллукама и Учкулана до водораздела Мары – № 33). Здесь уместно обратить внимание, что последние две площади (№ 32 и 33), хотя и относятся к правобережью, но являются областями с предгорным и горным рельефом.

По площадям водосбора картина симметрии заметно меняется (по данным работы [Погорелов, 2008]):

- Правые площади в сумме составляют 18,469 тыс. км².
- Левые площади легко вычисляются как разница между общей площадью бассейна (58,08 тыс. км²) и левыми площадями, что составляет 39, 671 тыс. км².
- Коэффициент $C_F = F_{пр}/F_{л} = 0,66$.
- Если же исключить региональные участки бассейна в верховьях Кубани, коэффициент C_F уменьшится до 0,36.

Нетрудно увидеть, что асимметрия по площади водосбора всё ещё сохраняется довольно большой, но становится уже не такой резкой, как по речному стоку.

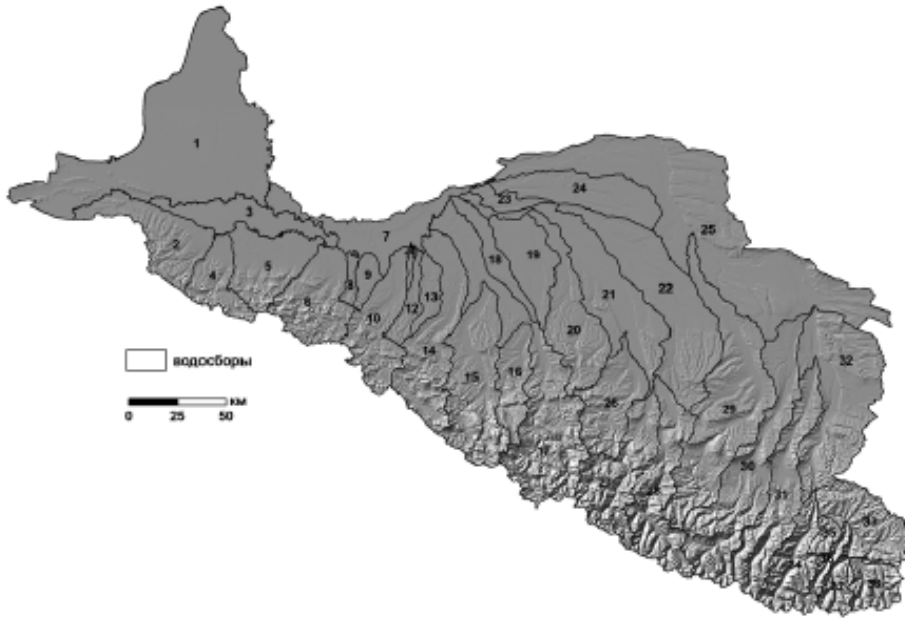


Рис. 6. Модель поверхности бассейна р. Кубань, представленная аналитической отмывкой рельефа.

Линии водоразделов построены по цифровой модели рельефа [Погорелов, Думит, Куркина, 2008]

В использованной работе приводятся фрактальные размерности поверхностей водосборов по каждому из 38 районов. И здесь обращает на себя внимание характерный порядок чисел D . Средневзвешенные по площадям их величины составляют:

- $D_{\text{пр.}} = 2,03$ (без учёта предгорных и горных районов № 32–33),
- $D_{\text{лев.}} = 2,14$.

Коэффициент симметрии по этим параметрам $C = D_{\text{пр.}}/D_{\text{лев.}} = 0,95$.

По фрактальным размерностям асимметрия сохраняется, но становится близка к симметричной. Это обстоятельство скорее всего свидетельствует о *генетической связи* правой и левой частей бассейна. Обе они развиваются по одним и тем же законам, определяющим общие правила формирования самоподобия, по крайней мере, в пределах бассейна Кубани.

Таким образом, оценка симметрии бассейна Кубани, сделанная на основе использованных нами работ, приводит к довольно интересным результатам (табл. 3). По различным параметрам предложенный для оценки симметрии коэффициент C меняется от нуля до единицы. Это обстоятельство даёт основание ожидать, что в любых других бассейнах картина может повторяться:

- в одних параметрах симметрия есть;
- в других характеристиках наблюдается резкая асимметрия.

Таблица 3

Значения коэффициента симметрии бассейна р. Кубани по различным параметрам

Коэффициент симметрии	Поверхностный сток	Уклоны	Площади водосбора	Фрактальная размерность	Подземное питание
C	0	≈0,25	(0,12–0,36)	0,95	≈1,0

Бассейн р. Оки

Характеристика водного стока

Сведения о гидрографии бассейна приводятся по опубликованным данным Гидрометслужбы. Коэффициент асимметрии бассейна $C_{вдсб}$ рассчитан в соответствии с приведенными в табл. 4 значениями.

Таблица 4

Сведения о притоках р. Оки

Левые притоки				Правые притоки			
Название реки	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота, м	Название реки	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота, м
Жиздра	223	9170	200	Зуша	234	6950	230
Угра	399	15 700	200	Упа	345	9510	220
Протва	290	4620	200	Осетр			190
Нара	158	2030		Проня	336	10 800	
				Пара	192	3590	
Москва	502(473)	17 640		Мокша	658	51 000	
Пра	192			Теша	311	7800	
Клязьма	686	42 500					
		Σ91 660				Σ89 650	

Коэффициент асимметрии $C_{вдсб}$ для бассейна Оки равен

$$C_{вдсб} = F \text{ прав. прит.} / F \text{ лев. прит.} = 0,98,$$

что является подтверждением факта симметричности бассейна р. Оки.

Анализ гидрографов стока притоков Оки, построенных также как и для бассейна р. Кубани в долях среднемесячных расходов от среднегодовых за многолетний период ($Q_{ср.мес.}/Q_{ср.год}$) показывает практически полную согласованность хода графиков:

- и левые (рис. 7, а), и правые притоки (рис. 7, б) имеют типичные очертания, характерные для рек со снеговым питанием;
- и у левых, и у правых притоков максимальный сток наблюдается в апреле;
- у левых притоков максимальные расходы воды превышают среднегодовые в 5–6 раз;
- у правых притоков максимальные расходы больше среднегодовых в 4,8–6 раз.

Едва заметная разница в распределении стока рек бассейнов Кубани и Оки, первая из которых является крайне асимметричной по распределению притоков, а другая, наоборот, почти полностью симметричной, может быть обусловлена

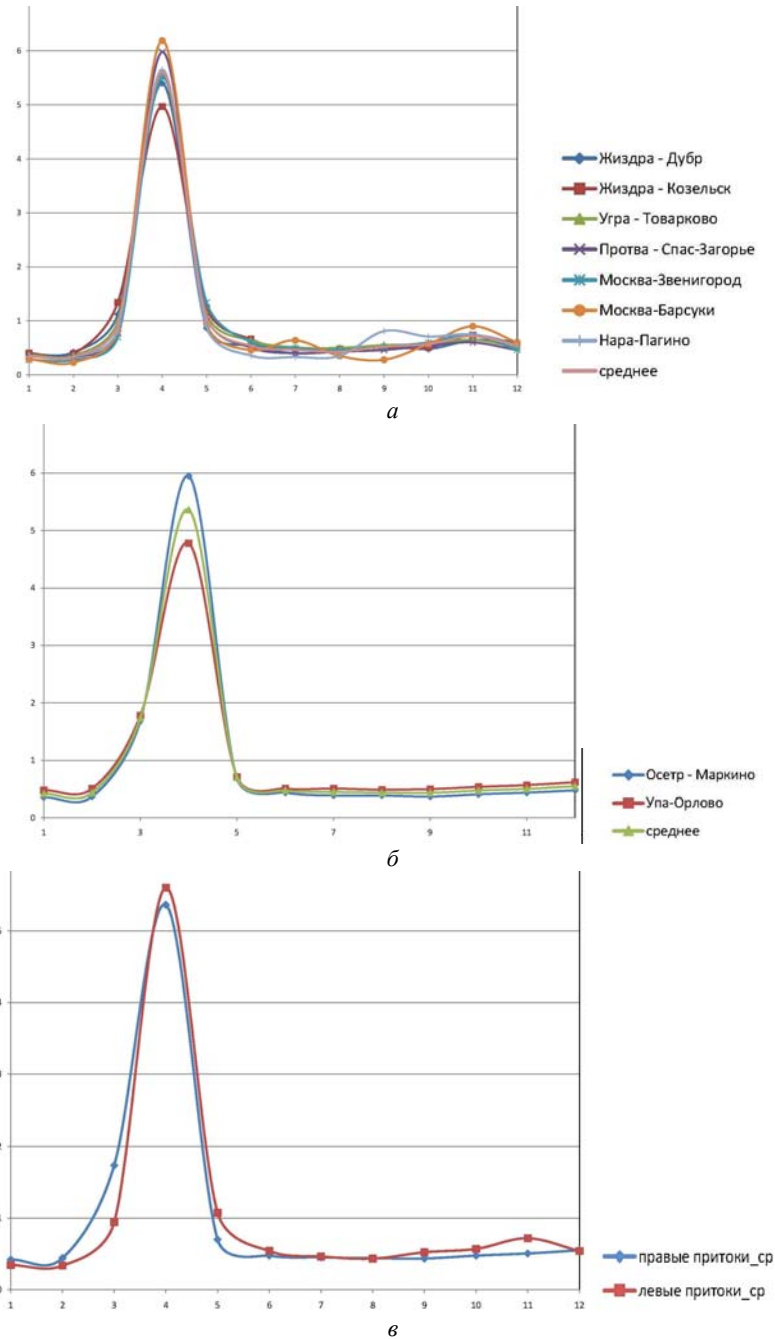


Рис. 7. Внутригодовое распределение стока ($Q_{ср.мес.}/Q_{ср.год.}$) средних за многолетний период для притоков р. Кубани:
 а – левые притоки, б – правые притоки, в – осредненные графики для левых и правых притоков

как качеством исходных данных для анализа, так и более глубокими причинами, в частности, явлениями асимметрии речных бассейнов.

Таким образом, *симметрия и асимметрия речного бассейна* сосуществуют. Их взаимосвязь, скорей всего, определяет генетическое единство этой системы и её неустойчивость, определяющую потенциал развития.

При осторожном подходе к такому выводу, вероятно, правильнее было бы обсуждать не симметрию *бассейновой парагенетической системы*, а *симметрию и асимметрию подобия*. Напомним, что такой тип симметрии обсуждался в ранних работах по проблеме симметрии в Природе [Шафрановский, 1968, со ссылкой на статью А.В. Шубникова, 1960]. Позже появились книги А.В. Шубникова и В.А. Копчик [1972, 2004].

Применительно к речным бассейнам мысль о *симметрии подобия* высказывалась Б.Н. Лузгиным [статья в Интернете, без указания года]. Правда, он говорит о сечении речных долин как *подобных симметричных образах*. Но, возвращаясь к этому вопросу, уже пишет о *речных бассейнах*, рассматривая их симметрию как отражение внутренней структуры, определяемой элементарными водно-эрозионными площадями.

Литература

1. *Беляев М.И.* Природные механизмы законов сохранения. Симметрия и асимметрия. www.milogiya2007.ru.
2. *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. – М.: УРСС, 2004. – 256 с.
3. *Грегори Р.* Разумный глаз. – М.: Мир, 1972. – 210 с.
4. *Клименко В.И.* Оценка ресурсов подземных вод в сложных гидрогеологических условиях. – М.: Наука, 1987. – 149 с.
5. *Лузгин Б.Н.* Водно-эрозионные ряды Верхнеобского речного бассейна. Интернет.
6. *Лурье П., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю.* Река Кубань. Гидрография и режим стока. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – 498 с.
7. *Мильков Ф.Н.* Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования // География и природные ресурсы, 1981, № 4, с. 11-18.
8. *Павлов А.Н.* Системная модель подземной гидросферы. – В кн. Подземные воды и эволюция литосферы. Т. I. – М.: Наука, 1985, с. 139-150.
9. *Павлов А.Н.* Геофизика. Общий курс о природе Земли. – СПб.: РГГМУ, 2006. – 453 с.
10. *Павлов А.Н.* Неразделимость и неслиянность // Уч. зап. РГГМУ, 2007, № 7, с. 172-180.
11. *Погорелов А.В., Думит Ж.А., Куркина Е.В.* О расчёте некоторых морфометрических показателей земной поверхности бассейна р. Кубани по данным спутниковых снимков // Вестник Северо-Кавказского гос. ун-та, 2008, № 4 (17).
12. *Шафрановский И.И.* Симметрия в Природе. – Л.: Недра. Л.О., 1968. – 184 с.
13. *Шубников А.В., Копчик В.А.* Симметрия в науке и искусстве. 2-е изд. – М., 1972; Изд-во ИКИ, 2004. – 560 с.