

Мультимасштабный анализ рельефа и особые значения ширины долин.

Александр Златопольский

Институт космических исследований РАН

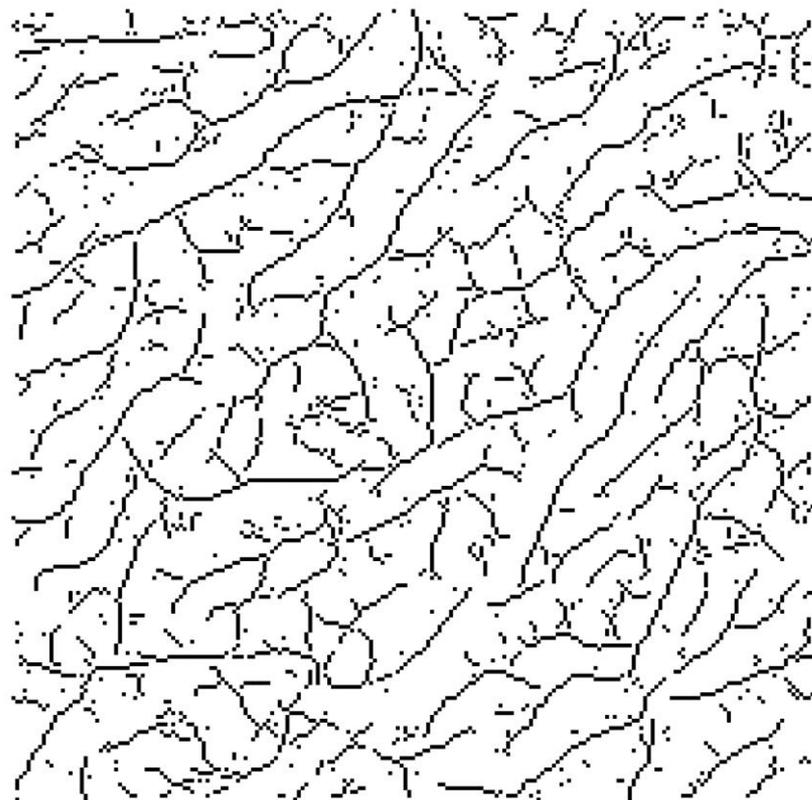
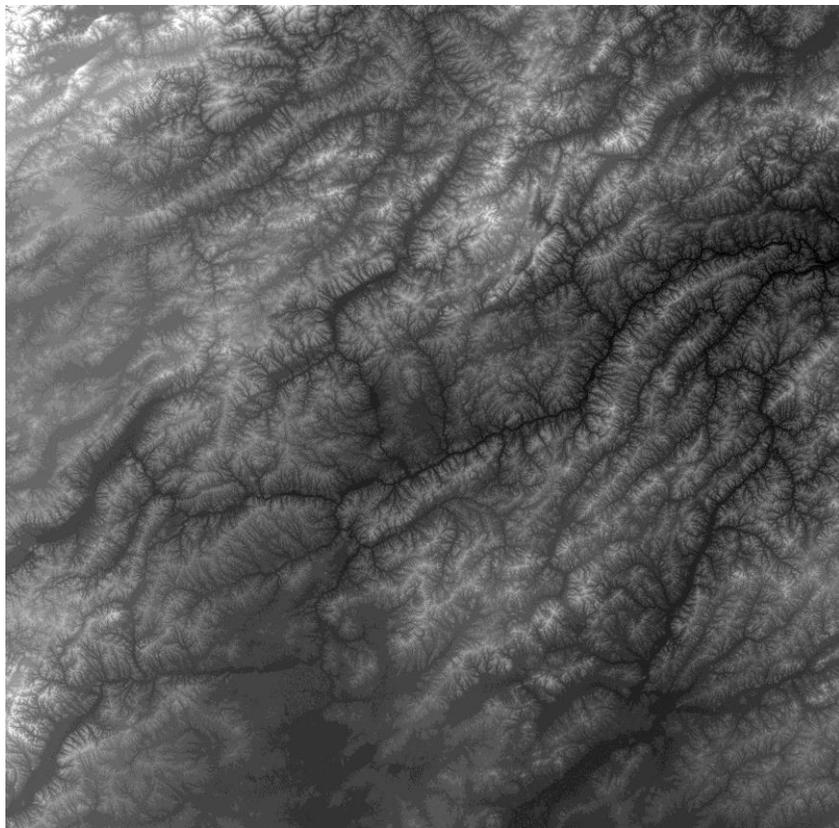
Мультимасштабный анализ среднего направления долин.

Точки осей долин (и направление долины в этой точке) выявляются по цифровой модели рельефа, SRTM, с помощью программы WinLESSA.

Меняя степень генерализации ЦМР, получаем оси долин большей или меньшей ширины, а точнее, с большей или меньшей локальной шириной бассейна.

Для наглядности степень генерализации (масштаб анализа) характеризуется минимальным значением ширины долины. Долины такой ширины уверенно выявляются при текущей детальности, а более узкие долины выявляются плохо или не выявляются совсем.

Пусть выявлены самые широкие долины (далее будем называть их «основные»)



ЦМР района «Шилка» 651*651 км

«Основные» долины шириной от 17 км

**Затем, шаг за шагом, повышаем детальность анализа.
Проявляются долины все более узкие - в основном
это притоки «основных».**

На каждом шаге рассчитываем розу-диаграмму направления долин и их среднее направление.

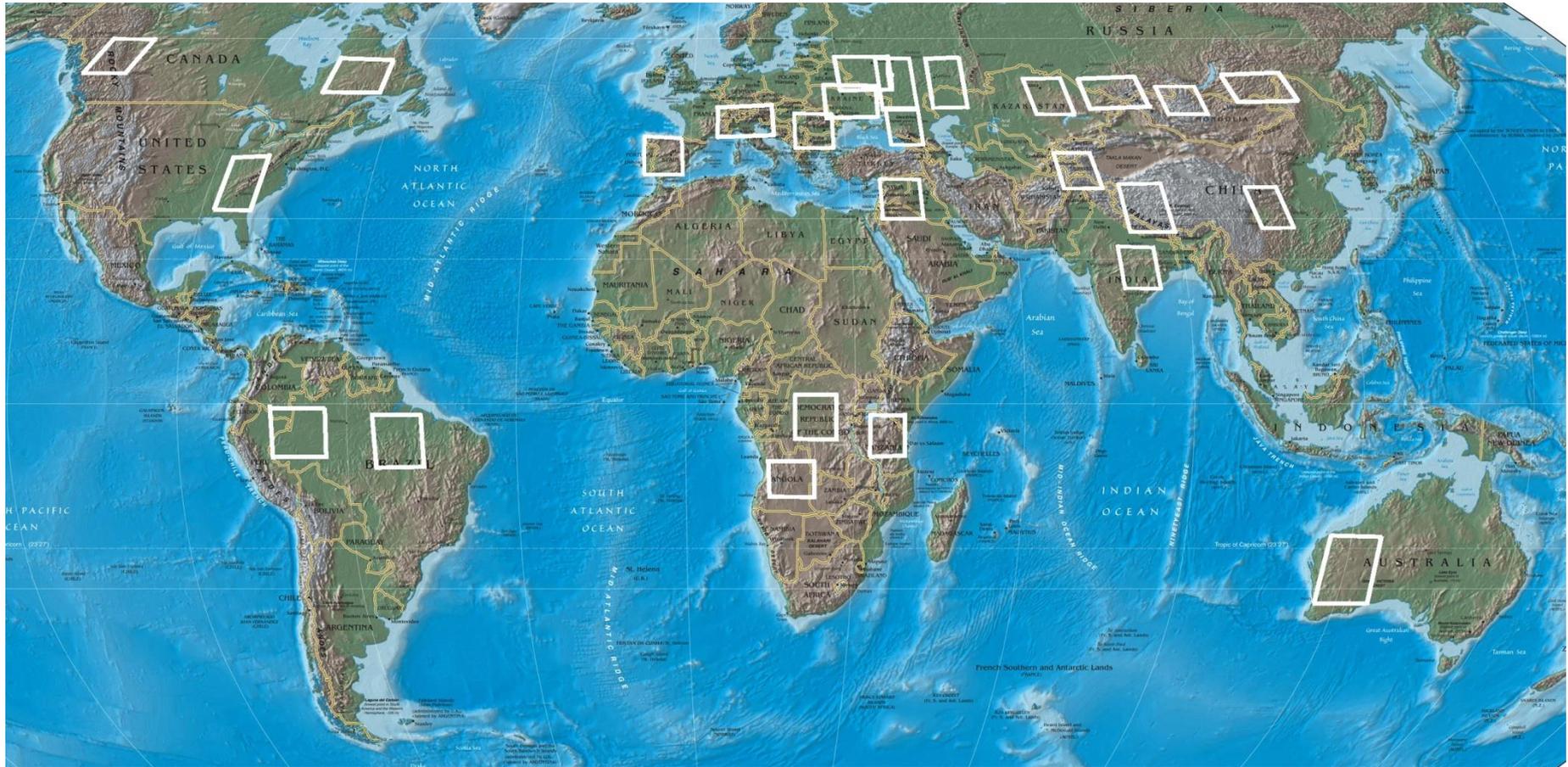


Скачок (на ширине 12 км)

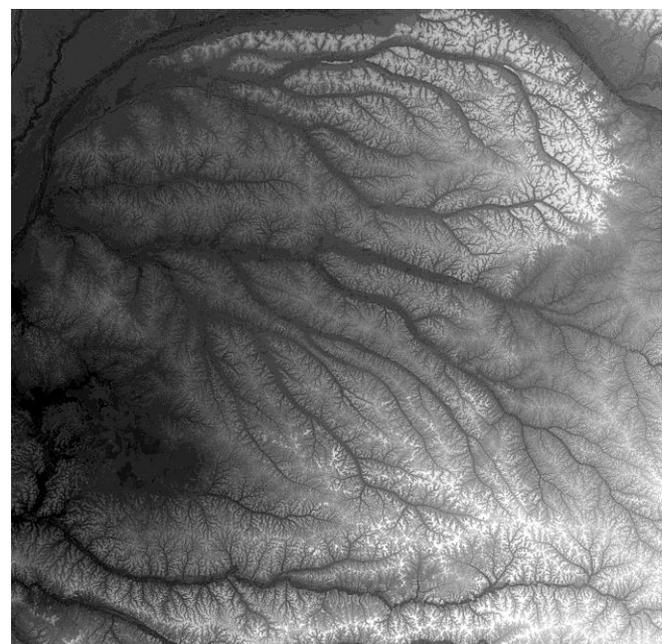
Если притоки ортогональны основным долинам, то среднее направление резко и существенно меняется, как только вклад уже проявившихся притоков превысит вклад основных долин. Нас будет интересовать именно это - скачок среднего направления, большое изменение среднего направления долин при небольшом изменении детальности анализа.

Часто случается, что притоки проявляются, но нет скачка направления, например, если среднее направление притоков и основных долин различается незначительно, или притоков мало и др. Но если скачок направления есть, то масштаб, при котором он происходит, фиксирует переходное значение ширины долин. Здесь показан скачок между направлением долин шириной от 12 км и притоками шириной от 6 км.

Проанализировано 26 территорий (600*600 км) с выраженным рельефом, на всех континентах



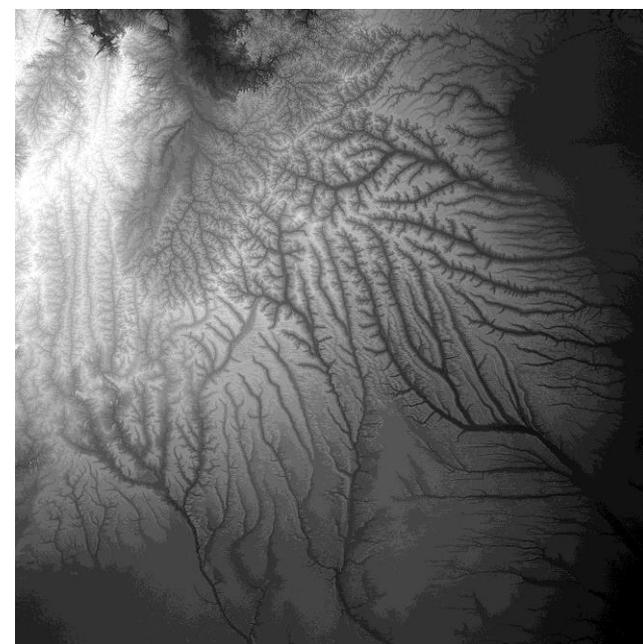
Суммарно это около 7.5% территории суши



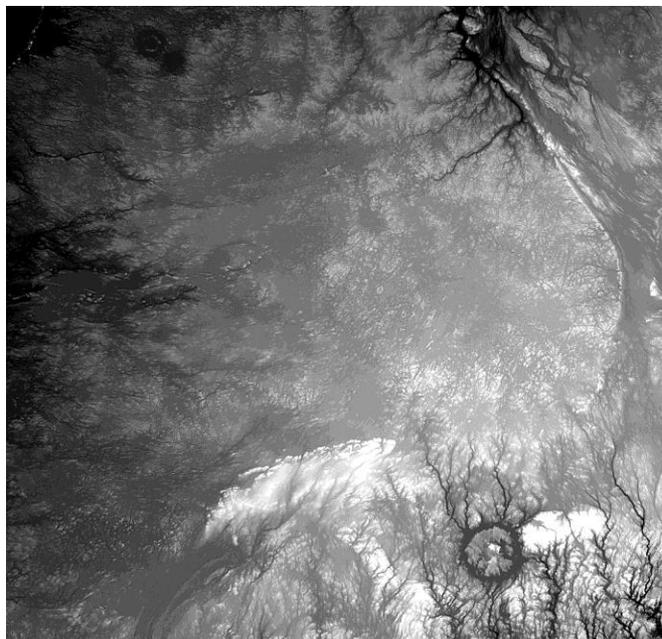
Салонга



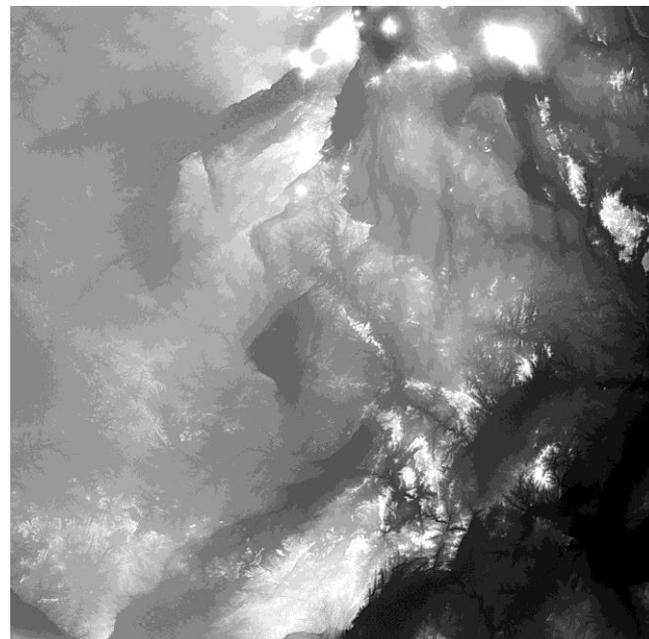
Татарстан



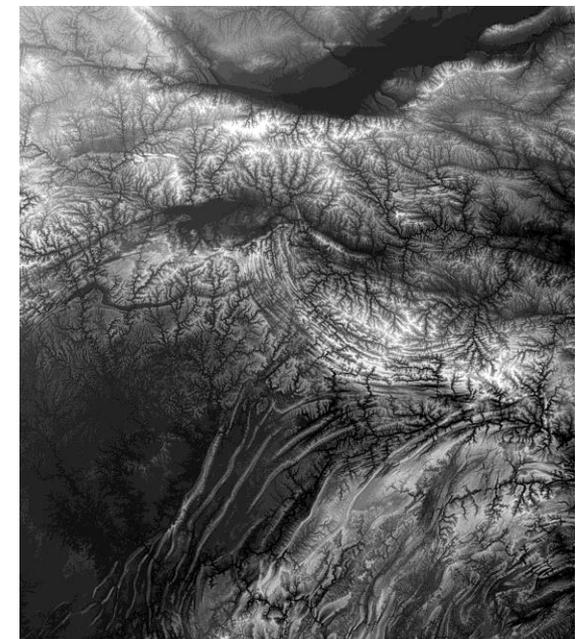
Ангола



Лабрадор



Танзания



Хубэй

		км * км	пикс * пикс	расположение	
1	Шилка	651*651	10000 * 10000	48 – 56 сш	111 - 123 вд
2	Салонга	668*664	10260 * 10200	4 юш – 2 сш	18 - 24 вд
3	Мараба	667*775	10246 * 11908	2 – 11 юш	47 - 55 зд
4	Ангола	656*670	10079 * 10298	11- 17 юш	16 - 26 вд
5	Памир	645*676	9914 * 10388	34 - 40 сш	70 - 77 вд
6	Татарстан	617*682	9486 * 10496	52 – 58 сш	48 - 57 вд
7	Воронеж	582*953	8935 * 14632	48 – 57 сш	37 - 45 вд
8	Тибет	536*783	8216 * 12010	29 – 36 сш	83 – 88.5 вд
9	Амазонка верх.	668*666	10265 * 10233	1 - 7 юш	74 - 68 зд
10	Селенга	619*568	9513 * 8719	46 - 51 сш	96 - 104 вд
11	Москва	688*692	10575 * 10635	51 – 57 сш	30.5 - 40.3 зд
12	Австралия	704*720	10807 * 11063	21 - 31 юш	117 – 125 вд
13	Украина	741*589	11379 * 9045	47.3 – 52.4 сш	26.2 – 36 вд
14	Скифская плита	527*627	8097 * 9635	43 2 - 48.7 сш	38.5 - 45 вд
15	Хубэй	586*682	9000 * 10480	105 – 111 сш	29 – 35 сш
16	Танзания	668*668	10261 * 10261	2.7- 8.7 юш	32.7 – 38.7 вд
17	Балканы	526*792	8060 * 12145	41 – 48 сш	21.5 – 27.75 вд
18	Канада	658*687	10104 * 10558	53.75 - 59.75 сш	130.0 - 120.0 зд
19	Атланта	571*686	8775 * 10533	32 – 38 сш	81 - 87 зд
20	Альпы	845*533	12976 * 8185	42 - 48 сш	5 - 15 вд
21	Индия	632*670	9703 * 10291	19 – 25 сш	79 – 85 вд
22	Алтай	676*645	10384 * 9905	48 – 53 сш	83 - 92 вд
23	Караганда	595*622	9140 * 9555	46.8 - 52.2 сш	68 – 75.8 вд
24	Эр-Рутба	627*673	9631 * 10329	30 - 36 сш	36.5 – 43 вд
25	Испания	685*625	10505 * 9585	37.5 – 43 сш	8.5 - 0.75 зд
26	Лабрадор	709*690	10907 * 10607	50.5 - 56.5 сш	66 - 76 зд

Гистограмма скачков территории

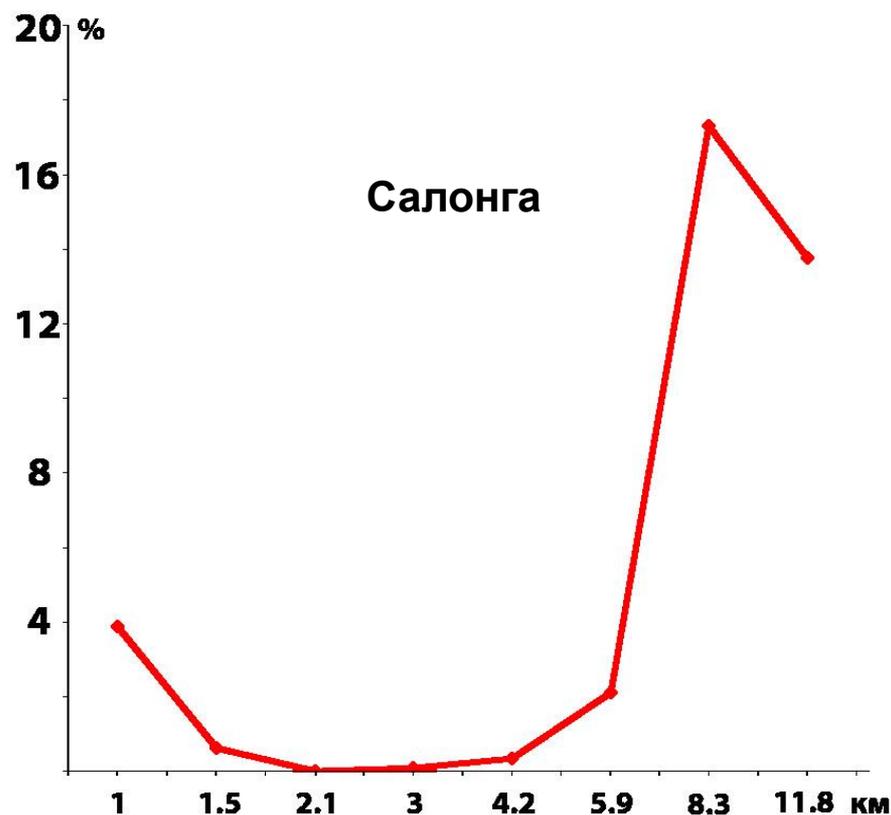
1. На небольших участках территории («скользящее окно» диаметром 90 км) последовательно, выявляли оси элементов рельефа с минимальной шириной от 0.5 км до 12 км и определяли их среднее направление.

2. Фиксировали скачки среднего направления при изменении масштаба в 2 раза. Положение скачка относили к долинам большей ширины.

3. Для всей территории строили гистограмму тех масштабов, при которых происходили эти скачки в окне.

По оси абсцисс отложен масштаб анализа (как минимальная ширина выявляемых долин).

По оси ординат отложено число окон анализа, в которых на этом масштабе происходил скачок (в процентах к общему числу окон).



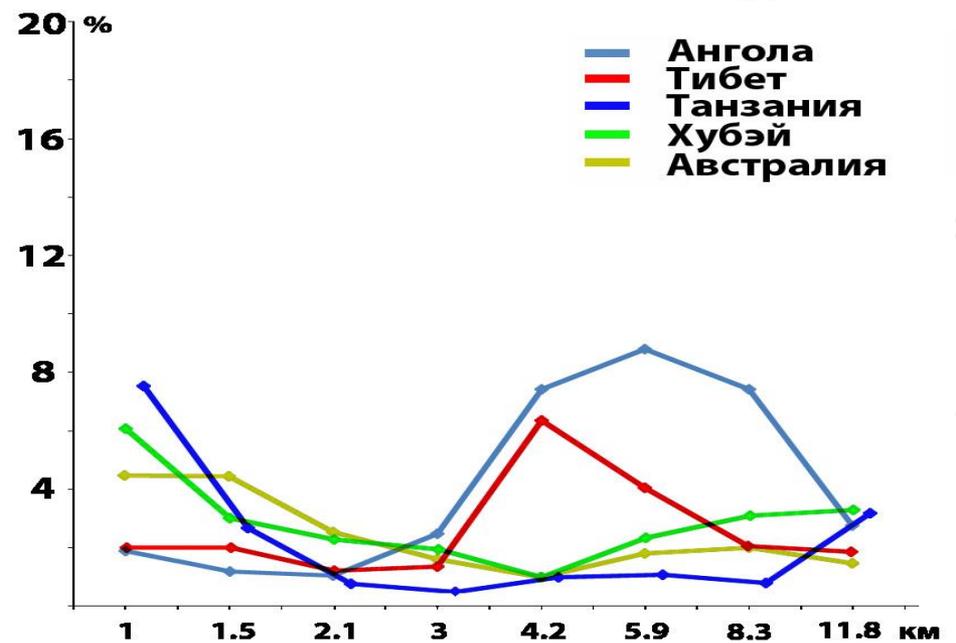
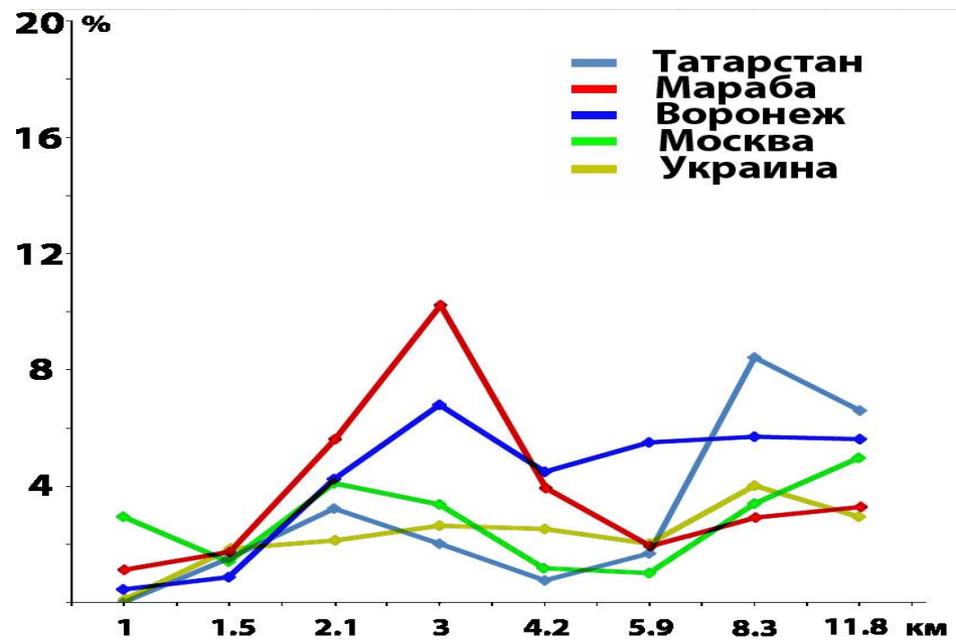
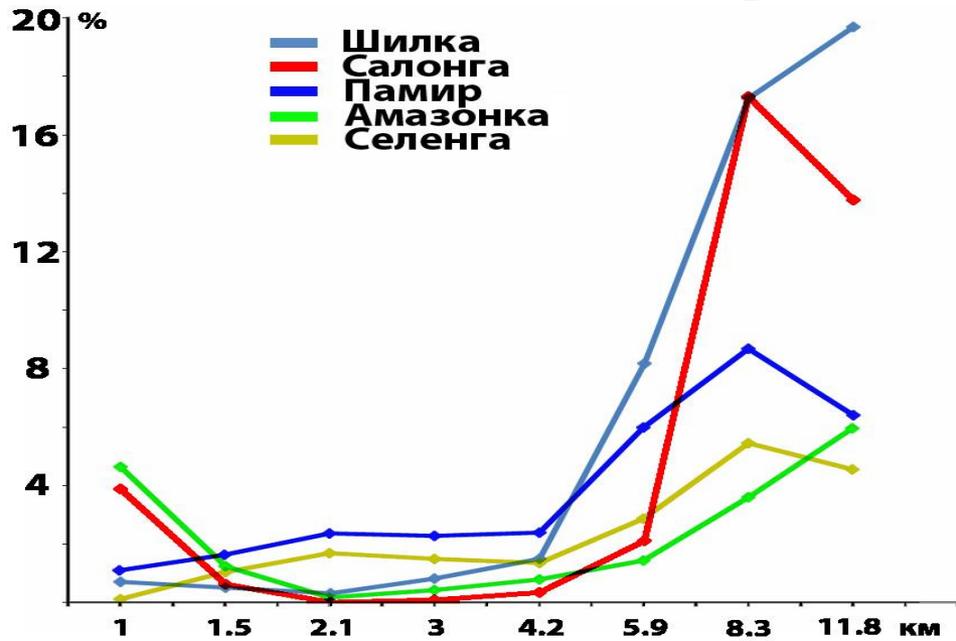
Гистограмма скачков территории

В следующих 11 территориях скачков оказалось слишком мало для анализа – максимальное значение гистограммы скачков меньше 4%.

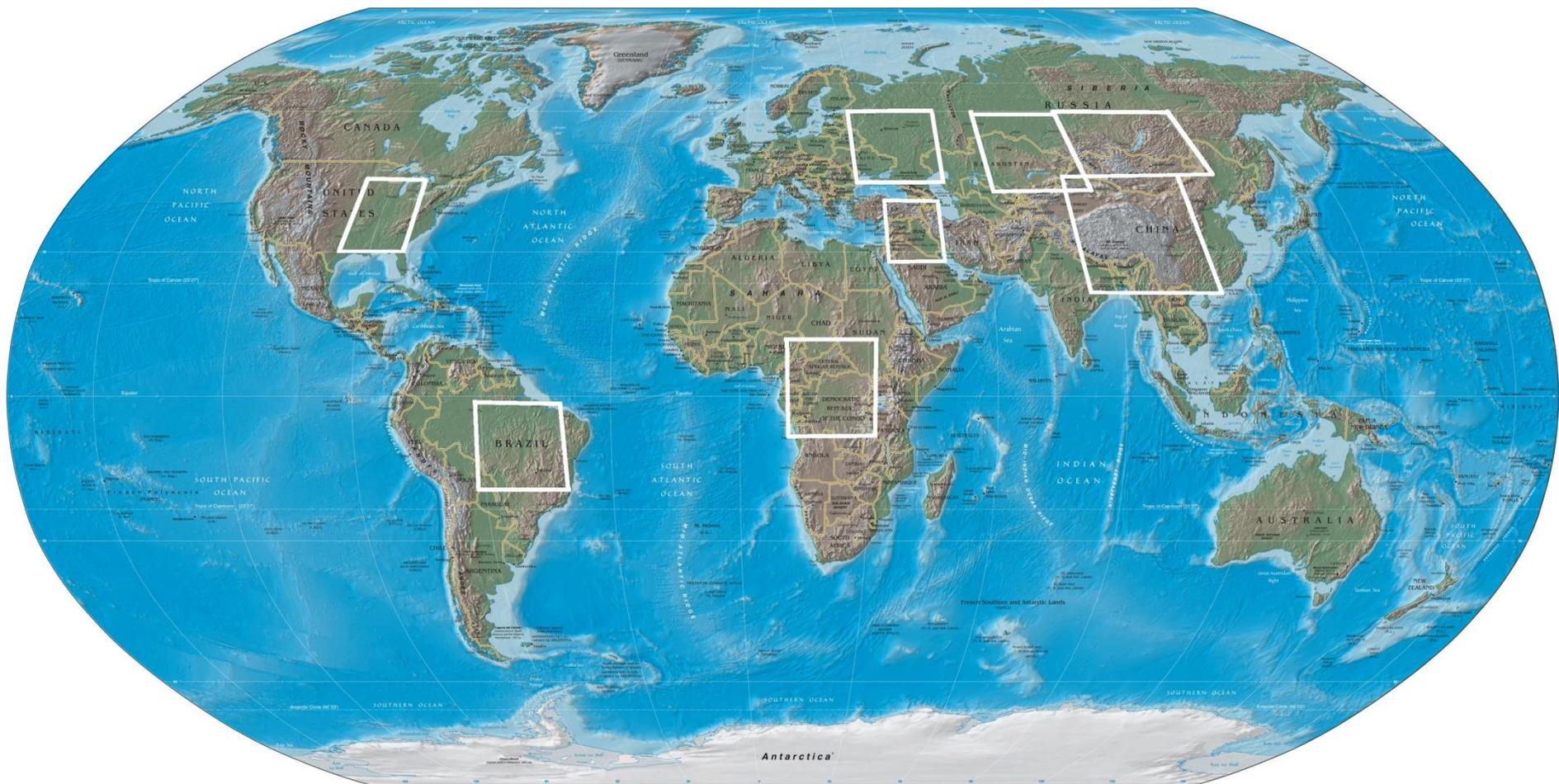
Скифская плита, Балканы, Канада, Эр-Рутба, Алтай, Атланта, Альпы, Индия, Караганда, Лабрадор, Испания

Гистограммы остальных 15 территорий, во-первых, не равномерны, содержат пики, в которых скачков в разы больше, чем на других масштабах. А во-вторых, больше чем в половине этих территорий, а также и в суммарной гистограмме по всем территориям, пик скачков приходится на масштаб с долинами шириной около 10 км. Вдвое реже встречается пик скачков на позиции 2.5 км. На остальных позициях пики в разы реже и не проявляются в суммарной гистограмме.

Гистограммы скачков



Проанализировано 8 больших территорий (их площадь на порядок больше).



Суммарно это около 23% территории суши

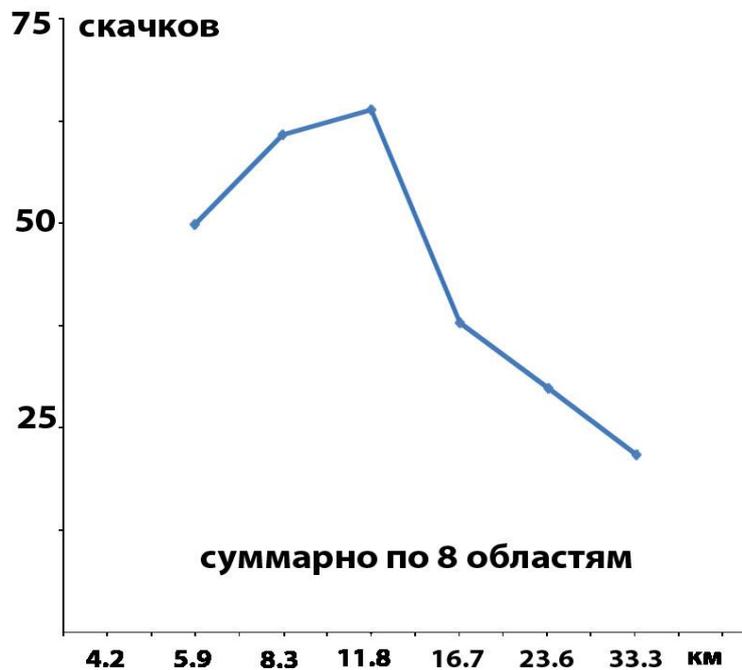
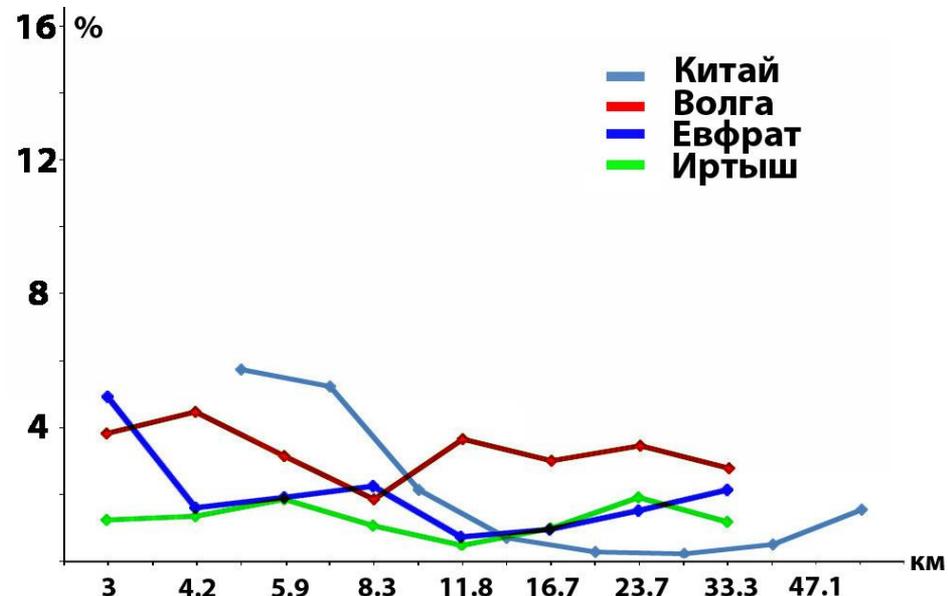
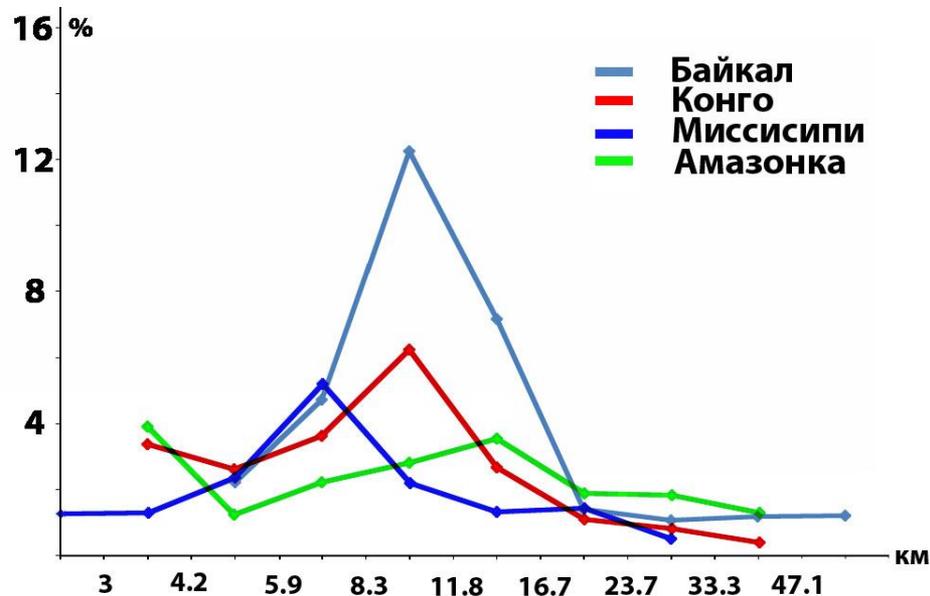
Список больших территорий

Столь большие территории не просто выбрать, поэтому их размеры вынужденно различны, а соответственно различны разрешение ЦМР и размер окна расчета среднего направления в километрах.

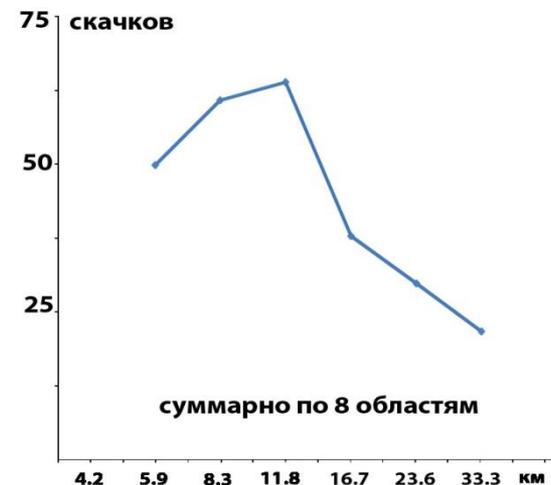
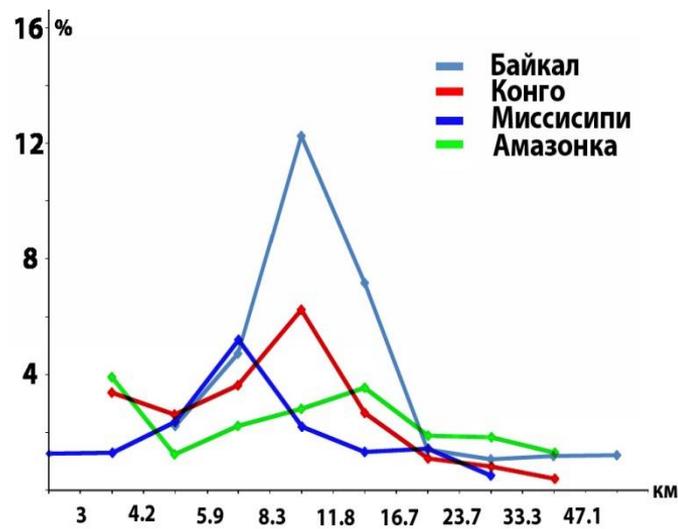
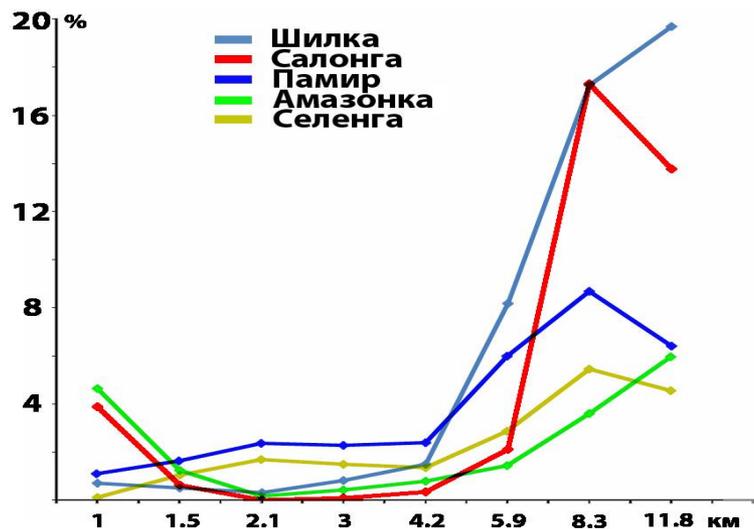
		размер		положение		окно разреш.	
		км * км	пикс * пикс			км	м/пикс
1	Волга	1995 * 1432	10833 * 7777	47 – 59 сш	27.75 – 54 вд	265	184.13
2	Байкал	2921 * 1840	8973 * 5651	45 – 60 сш	85 – 122 вд	469	325.5
3	Конго	2091 * 2139	9131 * 9341	10 юш – 9 сш	13.3 – 32 вд	330	229
4	Амазонка	2235 * 2252	10299 * 10378	22 – 2 юш	42 – 62 зд	313	217
5	Мемфис	1921 * 1600	11809 * 9831	30 – 42 сш	81.5 - 100.5 зд	234	162.7
6	Евфрат	1379 * 1481	7489 * 8042	28 – 41 сш	36 – 50 вд	265	184.13
7	Иртыш	1764 * 1730	9582 * 9397	44 – 59 сш	63 – 85 вд	265	184.13
8	Китай	2933 * 2772	9010 * 8510	21 – 45 сш	84 – 112 вд	469	325.5

Искались скачки направления долин с шириной от 1.5 – 2.5 км.

Гистограммы скачков больших территорий



И в индивидуальных гистограммах, и в общей преобладает пик на позиции долин шириной около 10 км.



Доклад посвящен попытке понять причину аномально частых скачков направления при переходе к долинам определенного размера. Именно это и хотелось бы с вами обсудить.

Соотношения Хортона

Хортон обнаружил что, если разбить потоки на порядки, то значения средней длины L_k потоков порядка k образует геометрическую прогрессию

$$L_{k+1} = L_k * r$$

Пример Хортона средних значений длин потоков гидросети

1.6 3.7 8.55 19.7 45.5 км $L_1 = 1.6$ км $r=2.3$

Отметим, что оба параметра L_1 и r в 10 примерах Хортона для разных гидросетей отличаются несущественно.

Аналогичную зависимость Хортон описал и для значения средней площади бассейнов одного порядка.

Статистическая квантованность

Из этой закономерности следует, что, если длины потоков группируются вблизи средних значений, то этот параметр гидросети оказывается статистически квантованным, он имеет кластерный характер с фиксированным шагом между кластерами.

Схематическое изображение кластеров в примере Хортон



Гипотеза 1

Как и другие параметры гидросети, ширина долин может быть статистически квантована, т.е. значения ширины долин группируются (образуют кластеры) вокруг последовательности средних значений ширины.

Тогда пики в гистограмме скачка направления можно объяснить тем, что разное направление имеют долины и их притоки, чья ширина относится к разным кластерам.

Следовательно, гораздо вероятнее обнаружить скачок направления на пограничной позиции, когда сравнивается направление долин, ширина которых относится к соседним кластерам.

А значит позиции пиков в гистограмме отмечают границы этих кластеров.

Пики на позиции 2.5 км и 10 км могут ограничивать кластер, с центром 3,5 км.

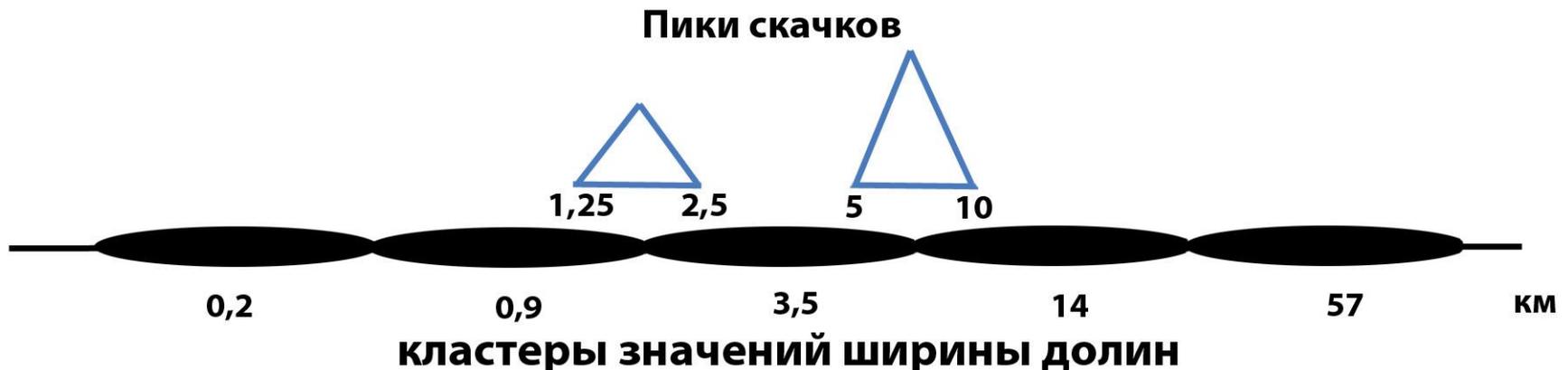


Гипотеза 2

Как и другие параметры речной сети, средние значения ширины долин (центры кластеров) составляют геометрическую прогрессию.

Шаг между центрами кластеров такой же, как шаг между границами соседних кластеров, которые отмечены пиками скачков - 2.5 км и 10 км - т.е. отличие в 4 раза.

Исходя из этого предположения, можно определить еще несколько центров кластеров ширины долин
0,2; 0,9; 3,5; 14; 57 км



Гипотеза 3

Данная линейка преимущественных размеров долин одинакова для всей Земли.

Это следует из сходства результатов измерения (гистограмм скачков) на разных территориях.

Это соответствует примерам Хортонa, в которых константы прогрессии средних длин потоков, в основном, довольно близки для разных бассейнов.

Аналогично и в нашем случае достаточно, чтобы на разных территориях, были бы примерно одинаковы как шаг последовательности, так и ширина самых малых долин.

Аккуратнее. Эти константы близки у тех речных сетей, которые образуют исследуемые нами пики скачков направления долин (основные долины параллельны, притоки ортогональны и т.п.). Что, как мы видели, случается часто.

Заключение

Измерения показали, что среднее направление долин меняется скачкообразно существенно чаще при переходе к долинам шириной 2,5 и 10 км.

Этот результат повторяется на участках с выраженной гидросетью в разных условиях, в разных частях Земли.

Предположения

- это происходит в следствии того, что ширина долин так же статистически квантована, как и другие параметры гидросети, отмеченные Хортоном
- центры квантов значений ширины долин составляют геометрическую последовательность
0,2; 0,9; 3,5; 14; 57 км
- эта последовательность едина для всей Земли
(или для многих исследованных регионов)

Спасибо за внимание

Готов ответить на вопросы.

**Рад услышать ваше мнение
об ином механизме возникновения
пиков скачков
и другую конструктивную критику.**