

УДК 551.435.132→551.312.33(235.3)

© 2015 г. В.М. МИХАЙЛОВ

**РЕКИ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ:
ОДНОРОДНОСТЬ И РАЗНООБРАЗИЕ
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИХ РУСЕЛ**

СВНИМС Ин-та мерзлотоведения СО РАН, Магадан; vmmikhailov@gmail.com

Введение

Горная страна Северо-Востока России, самая обширная в пределах СНГ, выделяется среди всех остальных регионов подавляющим преобладанием коренных пород, благоприятных для формирования у широкопойменных рек разветвленных русел [1]. Это обстоятельство существенно упрощает генетический анализ как русел других типов, так и разновидностей многорукавных водотоков, ставя данную территорию в положение уникального природного полигона для углубленного изучения закономерностей геологической деятельности рек и морфодинамики их русел. Настоящая работа является первым шагом в данном направлении.

Исследуемые реки и ручьи в основном принадлежат (в убывающем по численности порядке) к бассейнам Колымы, Индигирки, Яны и Охотского моря. Увлажненность территории существенно убывает от охотоморского бассейна к янскому: среднегодовые значения модуля стока у рек с площадью водосбора порядка 25000 км² уменьшаются более, чем втрое. Еще сильнее различается гидрологический режим малых рек и ручьев. На востоке Якутии с экстремально низкими зимними температурами и маломощным снежным покровом бессточный период (перемерзание) у водотоков IV порядка (по системе Хортон–Стралера) занимает большую часть года, тогда как вблизи от охотского побережья многие из них имеют круглогодичный сток.

Основной акцент в работе сделан на количественный и качественный анализ диаграмм “расход воды – уклон долины”, который широко применяется в аналогичных исследованиях. Своеобразие региона с одной стороны обусловило определенную специфичность применяемых подходов, с другой – позволило получить результаты, значение которых, вероятно, выходит за рамки региональных закономерностей.

Материалы и методы

В работе использованы данные гидрологических справочников [2, 3] о средних максимальных расходах воды ($Q_{\max}$) и соответствующих площадях водосборов (F). У малых водотоков (F до первых сотен км²) максимальные расходы обеспечиваются кратковременными интенсивными ливнями. У более крупных рек они связаны, как правило, с продолжительными обложными осадками и зачастую приходится на период весеннего половодья (с наложением дождевых паводков).

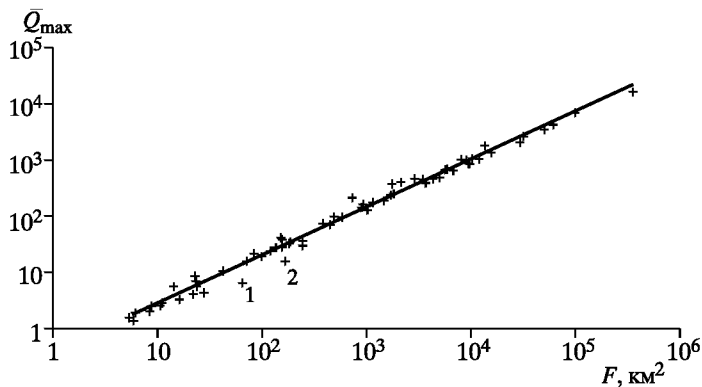


Рис. 1. График связи величин $\bar{Q}_{\max}$ и F в бассейне р. Колымы
Ручьи: 1 – Талок; 2 – Долгий

Уклоны речных долин (I_v), а также значения F на удалении от гидропостов измерены по крупномасштабным топографическим картам. Для расширения рамок исследований за счет рек, не обеспеченных данными наблюдений, применена экстраполяция величин $\bar{Q}_{\max}$ по зависимостям вида

$$\bar{Q}_{\max} = \alpha F^{\beta}, \quad (1)$$

где α и β – эмпирические параметры.

Как показали расчеты, характеристики $\bar{Q}_{\max}$ и F тесно коррелируют между собой даже в пределах весьма крупных и неоднородных бассейнов. На рис. 1 показан график зависимости (1) для водотоков бассейна Колымы. В расчетах использованы сведения по всем 69 постам независимо от типа речного русла и территориальной принадлежности (горы – равнина). Значения параметров α и β равны соответственно 0.377 и 0.862 при индексе корреляции рассматриваемых величин 0.94. В охотоморском бассейне теснота связи также обеспечивает достаточную точность оценок (индекс корреляции равен 0.95).

Обычно при анализе QI -диаграмм в поле графика помещается все множество точек, характеризующих реки с различными типами русел, чаще всего безотносительно к физико-географической обстановке: например, и равнины, и горные территории. Графики традиционно строятся в логарифмическом масштабе, и линии, разделяющие русла тех или иных типов, представляют собой прямые. Они проводятся таким образом, чтобы исключить (либо минимизировать) попадания в каждый из получаемых секторов “чужеродных” точек, затем рассчитываются параметры аналитических выражений, описывающих эти линии, и делаются выводы регионального или общего значения. В настоящей работе, во-первых, рассматриваются только горные территории; во-вторых, на начальном этапе учитывались лишь сведения по широкопойменным водотокам с немеандрирующими руслами; наконец, при обработке данных использован чисто формальный алгоритм, исключающий субъективность при проведении разграничительных линий.

Экстраполяция величины $\bar{Q}_{\max}$ применена только в одном случае – для Колымы в 33 км ниже поста Усть-Среднекан, где врезанное русло сменяется широкопойменным разветвленным. Приращение водосборной площади составляет здесь менее 3%, и вместо формулы (1) использовано аналогичное соотношение, дающее лучшее приближение у конкретных постов: $\bar{Q}_{\max,2} = \bar{Q}_{\max,1}(F_2/F_1)^{\beta}$, где $\bar{Q}_{\max,2}$ – искомый расход; $\bar{Q}_{\max,1}$ – расход на посту; F_2 и F_1 – соответствующие этим расходам значения водосборных площадей.

Исключение меандрирующих водотоков практически эквивалентно принятому изначально территориальному ограничению: реки Северо-Востока, обеспеченные данными наблюдений, как правило, приобретают извилистые русла при выходе на равнины, либо (что по существу одно и то же) на обширные выровненные участки Янского

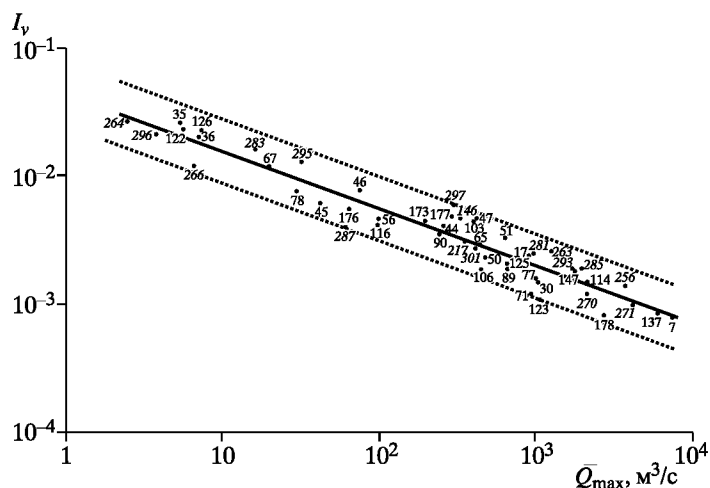


Рис. 2. QI -диаграмма для широкопойменных рек Северо-Востока с немеандрирующими руслами. Цифрами обозначены номера постов по гидрологическим справочникам: [2] – полужирным шрифтом, [3] – курсивом. Сплошная прямая линия соответствует уравнению регрессии $I_v(Q_{\max})$, пунктирные – ограничивают рассматриваемое множество

Список постов, данные которых использованы при построении графика на рис. 2

№ поста	Водоток, пункт наблюдений	F , км ²	$\bar{Q}_{\max}$, м ³ /с	I_v	T^*
Восточная часть рассматриваемой территории (по [2])					
7	р. Колыма, пос. Усть-Среднекан**	102300	7570	0.00079	48 (1933–80)
17	р. Аян-Юрях, пос. Эмтегей	9560	916	0.0024	29 (1951–80)
30	р. Кулу, пос. Кулу	10300	1050	0.0015	38 (1942–80)
35	руч. Контактный, “Средний”	14.2	5.38	0.026	31 (1948–80)
36	руч. Контактный, “Нижний”	23.2	7.14	0.020	31 (1948–80)
44	р. Тенке, в 2.2 км выше устья р. Нелькоба	1820	264	0.0041	38 (1941–80)
45	р. Омчак, пос. Омчак	151	42.5	0.0062	10 (1971–80)
46	р. Омчак, пос. Транспортный	441	76.6	0.0078	7 (1972–78)
47	р. Нелькоба, пос. Нелькоба	2110	426	0.0047	21 (1960–80)
50	р. Детрин, устье р. Омчука	3490	483	0.0023	26 (1955–80)
51	р. Детрин, устье р. Вакханки	5630	659	0.0033	53 (1938–80)
56	р. Омчук, пос. Усть-Омчуг	583	101	0.0046	21 (1960–80)
65	р. Дебин, пос. Беличье	3460	448	0.0029	25 (1956–80)
67	руч. Ягодный, в 3.4 км от устья	100	20.1	0.012	21 (1960–80)
71	р. Таскан, пос. Таскан 2-й	9970	941	0.0012	43 (1938–80)
77	р. Буянда, в 3.8 км ниже устья р. Бурката	9090	1030	0.0016	29 (1952–80)
78	руч. Июньский, пос. Стрелка	155	30.1	0.0077	19 (1962–80)
89	р. Сугой, в 3.2 км ниже устья р. Омчикчан	5880	670	0.0019	40 (1941–80)
90	р. Омчикчан, пос. Омсукчан	1720	249	0.0035	40 (1941–80)
103	р. Омолон, гм. ст. Лабазная	3710	413	0.0044	11 (1970–80)
106	р. Олойчан, в 2.5 км ниже устья р. Пеймыны	4300	461	0.0019	13 (1968–80)
114	р. М.Ануй, пос. Островное	30000	2170	0.0015	21 (1960–80)
116	р. Нутесын, в 1.3 км выше устья руч. Останцового	1020	99.4	0.0042	19 (1959–80)
122	руч. Мухтуя, пос. Островное	23.7	5.64	0.023	21 (1960–80)
123	р. Погынден, устье р. Инкулинвеема	12000	1080	0.0011	21 (1960–80)
125	р. Паляваам, 0.8 км ниже устья р. Кооквын	6810	664	0.0021	10 (1971–80)
126	р. Ниж.Роморыннэт, устье	29	7.38	0.023	9 (1972–80)

№ поста	Водоток, пункт наблюдений	$F, \text{ км}^2$	$\bar{Q}_{\text{max}}, \text{ м}^3/\text{с}$	I_v	T^*
137	р. Анадырь, пос. Новый Еропол	47300	6160	0.000847	23 (1958–80)
147	р. Энмываам, с. Мухоморное	11400	1830	0.0018	23 (1958–80)
173	р. Хасын, Колымское шоссе, 79-й км	682	200	0.0045	40 (1941–80)
176	р. Уптар, пос. Уптар	265	65.2	0.0055	10 (1940–80)
177	р. Лев.Яна, пос. Яна	1170	294	0.0048	10 (1971–80)
178	р. Тауй, с. Талон	25100	2760	0.00082	20 (1941–80)
Западная часть рассматриваемой территории (по [3])					
146	р. Тыры, с. Нежданинское	2090	336	0.0047	12 (1969–80)
217	р. Эбитием, г.п. Эбитием	1000	361	0.0031	41 (1937–80)
256	р. Адыча, пос. Усть-Чаркы	52800	3830	0.0014	23 (1943–80)
263	р. Чаркы, 3.5 км от устья	8290	1290	0.0026	32 (1949–80)
264	руч. Гнус, 0.2 км от устья	22.6	2.48	0.027	29 (1952–80)
266	руч. Турагас, 1.2 км от устья	98	6.61	0.012	12 (1969–80)
270	р. Индигирка, гм. ст. Юрты	51100	2180	0.0012	25 (1956–80)
271	р. Индигирка, пос. Индигирский	83500	4300	0.00099	37 (1944–80)
281	р. Сунтар, устье р. Сахарынья	7680	988	0.0025	26 (1955–80)
283	р. Сахарынья, устье	84.4	16.4	0.016	24 (1957–80)
285	р. Эльги, 5 км выше устья р. Бол. Артык-Юрях	17600	2010	0.0019	36 (1945–80)
287	р. Бол. Артык-Юрях, 3.5 км от устья	644	61.5	0.004	36 (1945–80)
293	р. Нера, пос. Ала-Чубук	22300	1760	0.0019	37 (1944–80)
295	р. Ала-Чубук, 1.5 км от устья	76.1	32.1	0.013	13 (1961–80)
296	руч. Ближний, 0.3 км от устья	23	3.8	0.021	36 (1945–80)
297	р. Ольчан, 4.5 км выше устья р. Туора-Тас	1830	303	0.006	36 (1945–80)
301	р. Иргичан, р.п. Депутатский	3090	423	0.0027	23 (1951–80)

Примечание. * – общая продолжительность наблюдений за расходами воды и годы их начала и окончания (в ряде случаев они на время прекращались); ** – в 33 км ниже поста (пояснения в тексте).

и Оймяконского плоскогорий, плавно переходящих в Восточно-Сибирскую низменность. Подробно особенности распространения меандрирующих русел обсуждаются ниже, в ходе анализа полученных результатов. В итоге диаграмма (рис. 2) построена по данным 50 постов, сведения о которых приведены в таблице. Продолжительность наблюдений за расходами воды лишь в двух случаях меньше 10 лет, но при этом в соответствующий период максимальные за год значения на близлежащих постах были близки средним многолетним.

Как видно из диаграммы, рассматриваемые водотоки образуют весьма тесный кластер. Для определения его границ использован следующий подход. Вначале были вычислены параметры эмпирической зависимости $I_v(\bar{Q}_{\text{max}})$, наилучшим образом описывающей взаимосвязь этих двух характеристик внутри кластера. Она имеет вид, традиционный для линий, разграничивающих русла различных типов:

$$I_v = a\bar{Q}_{\text{max}}^b \quad (2)$$

при значениях параметров: $a = 0.044$, $b = -0.4462$ и коэффициенте детерминации величин $\lg I_v$ и $\lg \bar{Q}_{\text{max}}$ 92%. Ограничивающие линии проведены параллельно этой прямой на одинаковом расстоянии, соответствующем максимально удаленной точке (№ 123 в нижней части графика), значения параметра a равны для них 0.025 и 0.077 (рис. 2). То обстоятельство, что верхняя прямая также проходит в непосредственной близости от крайней точки (№ 297) и густота точек мало изменяется от центральной линии

к границам кластера, служит дополнительным свидетельством однородности рассматриваемого множества. Примечательно также отсутствие явных территориальных трендов: точки, характеризующие западную и восточную части региона, распределены внутри выделенной области хаотично.

Обсуждение результатов

Анализ результатов проведен по двум направлениям: 1) выявление общих черт, объединяющих водотоки кластера, 2) сравнение с другими реками и ручьями рассматриваемой территории.

Водотоки кластера. Реки пятого и более высоких порядков имеют хорошо выраженные многорукавные русла. Чаще всего наблюдается (в той или иной пропорции) сочетание четырех уровней разветвленности аккумулятивного типа (по [4]): пойменные, пойменно-русловые, русловые и осередковые. Первые три выражены наиболее отчетливо, последний иногда редуцирован. Еще реже встречаются раздвоенные русла. Крупные ответвления малочисленны: как правило, в каждом поперечном сечении доминирует один рукав, намного превосходящий по водности все остальные. Пойменные ответвления в большинстве случаев представлены маловодными протоками, в межень частично или полностью отшнурованными от действующих русел. В каждом поперечном сечении долины редко насчитывается более 3–4 полноценно действующих рукавов и протоков.

У самых малых водотоков (III порядок), способных формировать аккумулятивные поймы, необходимые для свободного развития русловых деформаций, при использовании аэрофотоснимков стандартных масштабов (1:40000–1:20000) тип русла легко может быть принят за относительно прямолинейный неразветвленный. Второстепенные рукава и протоки становятся различимы только на снимках высокого качества при сильном дополнительном увеличении (рис. 3). В межень большинство из них отсоединены от основного русла и начинают полноценно действовать лишь во время паводков небольшой интенсивности. Но при этом из-за значительной распластанности русел при низких уровнях над водой выступают многочисленные скопления крупных обломков с намытыми на них гравием и песком – аналоги осередков более крупных рек. В высокие паводки ($Q \approx Q_{\max}$) осередки и низкие острова залиты водой, и степень разветвленности вновь уменьшается. В целом же небольшие ручьи кластера подобны крупным разветвленным рекам, хотя и с рядом специфических черт.

Морфологическое подобие малых и больших водотоков кластера проявляется также в том, что и те, и другие отличаются от прочих (меандрирующих и относительно прямолинейных) высокими значениями отношения ширины русла (B) к средней глубине (H). Так, у руч. Контактный (рис. 3) при расходах воды, близких к среднеиюльским, $B/H \approx 30$. В работе [5] показано наличие тесной связи $B(Q)$ во всем диапазоне водосборных площадей разветвленных рек (по данным [2]). Поскольку $Q = VBH$, где



Рис. 3. Деталь аэрофотоснимка долины руч. Контактный в районе поста “Нижний” (№ 36 в таблице) при сильном увеличении

V – средняя скорость течения, при неизменном типе руслового процесса монотонно возрастающая с водностью реки, то зависимость $\frac{B}{H}(Q)$ носит аналогичный характер.

Изложенное позволяет констатировать, что водотоки кластера принадлежат к единой, статистически однородной совокупности. В дальнейшем описанные выше реки и ручьи называются “умеренно ветвящимися”.

Еще одна общая черта водотоков кластера – очень высокая проницаемость отложений (вследствие низкого содержания в аллювии русловой фации мелкозернистых частиц и “недозаполнения” пор крупнообломочного “скелета”), обуславливающая интенсивный водообмен рек с пойменными массивами и формирование обширных таликов [6].

По распространению разветвленных русел в верховьях речных систем Северо-Восток России кардинально отличается от ранее изученного в данном отношении Алтайского региона [7]. В нем на QI -диаграмме область разветвленных русел представляет собой своеобразный “клин” с вершиной в левой верхней части ($Q_{\max} = 50 \text{ м}^3/\text{с}$, $I_v = 5.4\%$), резко расширяющийся вправо и вниз. Причина заключается в том, что в Алтае-Саянской горной стране (как и в большинстве других горных сооружений) преобладают коренные породы глыбового типа, выделенные в работе [1] и неблагоприятные для формирования разветвленных русел. Эта особенность сильнее всего выражена в возвышенных частях гор, т.е. в верховьях речных систем. Соответственно, многорукавные участки приурочены здесь к выходам рек на равнины и во внутригорные котловины, а также к самим равнинам (отсюда сильное расширение “клина” в области малых уклонов). В двух первых вариантах многорукавность может быть также связана с локальной перегруженностью потока влекомыми наносами из-за резкого уменьшения уклонов вниз по течению. Этот фактор потенциально настолько мощен, что способен формировать многорукавные русла независимо от прочих неблагоприятных условий – правда, лишь на коротких участках, где происходит разгрузка крупных фракций аллювия (пример – описанная в работе [7] р. Ануй).

В горах Северо-Востока России связи водности реки с типом руслового процесса, как уже отмечено выше, не усматривается. Если при построении QI -диаграмм ограничиться водотоками, у которых величина $Q_{\max}$ не превышает последовательно 30 и 50 $\text{м}^3/\text{с}$, то соответствующие значения b в формуле (2) составят -0.4456 и -0.4407 . Эти изменения явно мало значимы, тем более, что коэффициент детерминации при сокращении объема выборки уменьшается до 85 и 74 % соответственно.

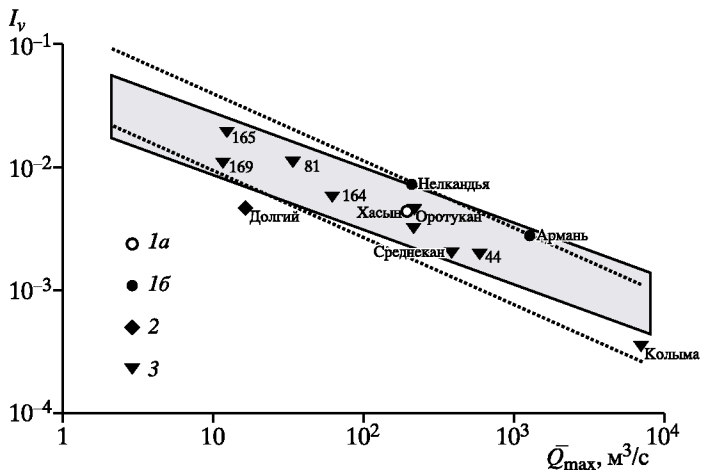
Сравнение с другими водотоками. Как следует из сказанного в предыдущем разделе, численным критерием принадлежности к выделенной совокупности служат значения показателя $I_v Q_{\max}^{-0.4462}$ (далее для краткости IQ^b) в пределах от 0.025 до 0.077. На QI -диаграмме, построенной для обсуждаемых ниже рек и ручьев (рис. 4), нанесены соответствующие ограничительные линии. Значения $Q_{\max}$ взяты по справочнику [2], при отсутствии сведений – рассчитаны по формулам вида (1).

1. Реки, накармливающие аллювий. Категория “умеренно ветвящихся” не исчерпывает все разнообразие многорукавных рек Северо-Востока России. Многие из них имеют разбросанные русла при увеличенном количестве как пойменных островных массивов, так и, особенно, осередков. Судя по этим признакам, описанным соответственно в работах [8 и 9], и двум другим (формирование одноярусных пойм и наличие наложенной поймы [8]), в таких реках происходит направленная аккумуляция наносов. Следует отметить, что проявление этих признаков носит здесь специфический характер, объясняющийся (как и отсутствие некоторых других), в первую очередь, очень высокой проницаемостью аллювия и большими расходами влекомых наносов [10]. Отсутствие подобных черт у умеренно ветвящихся водотоков следует, вероятно, трактовать как признак состояния, близкого к динамическому равновесию.

Рис. 4. Распределение морфодинамических типов русел на ряде водотоков в поле QI -диаграммы

Русла: 1 – многорукавные (*а* – в стадии динамического равновесия, *б* – аккумулярующие), 2 – меандрирующие, 3 – врезанные в скальные породы.

Заливкой выделена область ветвящихся рек в соответствии с рис. 2, пунктиры – границы области при условии $b = -0.54$ (пояснения в тексте), цифрами обозначены номера постов по справочнику [2]. Приведены названия водотоков, упоминающихся в тексте



Гидрологические данные по рекам, накапливающим аллювий, отсутствуют, поэтому количественное сравнение морфометрических характеристик невозможно. По визуальным наблюдениям, даже среди многорукавных рек они выделяются (при равной водности) максимальными значениями отношения B/H . Весьма физиономичная черта таких рек – преобладание осередковой многорукавности над остальными уровнями. Поэтому в межень большая часть днища долины занята галечниками, покрытыми редкой травяно-кустарниковой растительностью либо полностью обнаженными.

Судя по результатам предварительных оценок, значения комплекса IQ^b аккумулярующих рек (полученные с использованием формулы (1)) укладываются в тот же диапазон, что и для водотоков кластера, хотя, по-видимому, тяготеют к его верхней части. Так, из двух примерно равновеликих сливающихся рек у аккумулярующей Нелькобы IQ^b больше в 1.6 раза, чем у равновесной р. Хасын: 0.077 против 0.048 (рис. 4). У самой крупной из рассматриваемой категории р. Армань ($F \approx 8000 \text{ км}^2$) этот показатель равен 0.070.

Реки, накапливающие аллювий, подобно умеренно ветвящимся, формируют пойменные талики, достигающие (при прочих равных условиях) наибольших поперечных размеров.

2. Реки, врезающиеся в скальные породы. По характеру своей геологической деятельности это – антиподы рек аккумулярующих. При одинаковой водности они, как правило, обладают наибольшими продольными уклонами (исключая отдельные короткие отрезки). Поскольку для построения QI -диаграмм используются измерения на характерных участках рек, то соответствующие врезанным руслам точки должны располагаться выше всех прочих. На исследуемой территории подобная “жесткая” закономерность отсутствует (рис. 4). Так, у р. Оротукан значения IQ^b на двух примыкающих к посту смежных участках лежат близко к середине диапазона разветвленных рек (0.035 и 0.050). У р. Среднекан вблизи от впадения в Колыму эта величина приближается к его нижнему пределу (0.030). Но еще меньшие значения демонстрирует сама Колыма выше и ниже пос. Усть-Среднекан – соответственно 0.018 и 0.019 при $I_v = 0.37\%$. Последний пример особенно показателен, поскольку еще ниже по течению, где река пересекает Сеймчано-Буюндинскую впадину и врезанное русло сменяется широкопойменным многорукавным, уклон увеличивается более, чем вдвое – до 0.79‰ и $IQ^b = 0.043$ (таблица). Причины столь неординарного соотношения уклонов широкопойменных и врезанных русел явно заслуживают специального исследования.

3. Меандрирующие водотоки. На рассматриваемой территории они, как правило, занимают одну из двух позиций: либо сменяя господствующие разветвленные русла вниз по течению, либо предшествуя им в верховьях речных систем. Нечастые

исключения – временная смена ветвления меандрированием у рек средней водности, пересекающих тектонические депрессии.

Первый из двух основных вариантов эквивалентен, по сути, выходу реки из гор на равнину, неизбежно связанному с выполаживанием ее продольного профиля. Известно (например, [11]), что вниз по течению оно сопровождается трансформацией разветвленного русла в извилистое при резком измельчении руслообразующих наносов. На Северо-Востоке, благодаря обилию в горах многоводных разветвленных рек, отчетливо видно, что их водность напрямую определяет, на каком удалении от горных сооружений происходят все эти взаимосвязанные изменения. Более крупные реки сохраняют относительно высокую транспортирующую способность и преимущественно галечный состав аллювия на протяжении десятков километров тем дальше, чем многоводнее река и, соответственно, менее контрастно изменяются ее уклоны. К тому же такие реки способны в определенной мере нивелировать этот контраст, выстилая предгорья собственными наносами.

Для малых водотоков (III–IV порядки) в роли своего рода равнин могут выступать небольшие внутригорные впадины и даже долины более крупных рек. Различие состоит в том, что такие участки нередко (а большие долины – как правило) выполнены аллювием высокопорядковых водотоков, наиболее крупные фракции которого небольшие реки и ручьи не способны перемещать из-за уменьшившихся уклонов и скоростей течения. Тем не менее, и в этих случаях они приобретают меандрирующие русла, соответствующие пониженным уклонам долин.

В целом причины, по которым у рек горных стран разветвленное русло вниз по течению может сменяться меандрирующим, достаточно хорошо известны. Иное дело – противоположное явление. Как было показано в работе [1], подавляющее преобладание на рассматриваемой территории разветвленных водотоков закономерно связано с преимущественным распространением коренных пород щебнистого типа. Но при этом в звеньях III–IV порядков меандрирование в тех же породах местами распространено не менее широко. Важное значение для решения проблемы имеет еще одно “исключение из правил”: у многих таких водотоков имеются пойменные талики, хотя данный тип руслового процесса в принципе неблагоприятен для их формирования [6], а там, где водосборы сложены породами глыбового типа, они повсеместно отсутствуют. Это свидетельствует в пользу гипотезы о том, что меандрирующие водотоки верховьев являются продуктом эволюции первоначально выработанных разветвленных русел [12].

У извилистых водотоков Северо-Востока, формирующихся в верховьях речных систем, рисунок русла весьма нерегулярен, излучины часто имеют угловатые, “изломанные” очертания. Отношение B/H в межень в 2–3 раза меньше, чем у близких по водности разветвленных ручьев. По составу руслоформирующих фракций аллювия существенных отличий нет, но интенсивность русловых переформирований явно невысока, что проявляется в малом распространении незадернованных галечных поверхностей. Склоны долин, как правило, более пологие, но даже при значительной крутизне по большей части покрыты древесно-кустарниковой растительностью, так что щебнистые осыпи (основной источник руслоформирующих наносов) занимают явно подчиненное положение.

Кардинально отличаясь от равновеликих многорукавных звеньев целым рядом характеристик, меандрирующие водотоки верховьев могут располагаться к ним довольно близко в поле QI -диаграммы. Гидрологические данные имеются лишь для одного из них – руч. Долгий. Значения IQ^b на двух отрезках, примыкающих к посту, равны 0.015 и 0.017 – в 1.5 раза меньше по сравнению с нижним пределом, принятым для разветвленных рек (рис. 4). Расчеты с использованием формулы (1) по некоторым (наименее извилистым) ручьям дают результаты, несколько превышающие этот предел. На первый взгляд, отсюда следует, что меандрирующие потоки могут при прочих равных условиях иметь близкие или даже большие уклоны долин по сравнению

с разветвленными. Но в области малых водосборных площадей погрешность оценок $Q_{\max}$ по F существенно возрастает из-за усиления роли локальных факторов. К тому же есть основания полагать, что для меандрирующих ручьев оценки по этой формуле систематически завышены вследствие описанных выше особенностей их водосборов, способствующих “распластыванию” волны паводка. На рис. 1 отчетливо выделяются две точки, максимально удаленные от аппроксимирующей прямой кнizu. Одна из них (2) соответствует руч. Долгий, вторая (1) – единственному сходному по характеру водосбора руч. Талок (последний на большом протяжении протекает по широкой, распаханной под сельхозугодья террасе р. Берелех).

Намного более корректный прием – сравнение двух находящихся поблизости водотоков (меандрирующего и разветвленного), имеющих близкие водосборные площади и расположенных примерно одинаково относительно влагонесущих потоков и основных водоразделов. Диапазон его применения сильно ограничен, поскольку с одной стороны, у небольших ручьев уверенное распознавание разветвленных русел возможно, как правило, лишь при непосредственном обследовании, с другой – меандрирование в горах Северо-Востока редко распространяется вниз по течению далее, чем в потоки IV порядка. В общей сложности удалось подобрать лишь 9 пар, отвечающих перечисленным требованиям. Соотношение уклонов долин ветвящихся и меандрирующих ручьев варьирует от одной пары к другой в пределах от 1.5 до 3.2. Таким образом, меандрирующие водотоки верховьев протекают (при прочих равных условиях) в долинах с меньшими уклонами, следуя в этом отношении общему правилу. В количественном выражении разница может быть невелика (для сравнения, разветвленные водотоки различаются между собой по этому показателю втрое – правда, во всем диапазоне действующих факторов), но соответствующие множества по-видимому не пересекаются.

Чаще всего ветвление сменяется вверх по течению меандрированием в очередном узле слияния без перехода. При этом во всех исследованных случаях второй из сливающихся водотоков сохраняет многорукавное русло. Обычно он также дренирует большую водосборную площадь, но нередко наблюдается и приблизительное равенство, как в примере, рассмотренном в работе [12]. Если же имеет место постепенная трансформация, то в переходной области ручей формирует относительно прямолинейное неразветвленное русло. Уклон долины и отношение B/H при этом принимают промежуточные значения по отношению к меандрирующему и разветвленному участкам.

В заключение представляется полезным обсудить количественные выражения для линий, разграничивающих русла тех или иных типов. В различных исследованиях – многие из них вкратце рассмотрены в монографии [13] – значения b (в формулах вида $I = aQ^b$), определяющие наклон линий, варьируют в довольно широком диапазоне, но преимущественно лежат в интервале от -0.4 до -0.5 и зачастую близки к -0.44 . В настоящей работе применен максимально формализованный подход (возможный благодаря многочисленности ветвящихся водотоков): в зависимости от объема выборки b изменяется от -0.446 до -0.441 . По-видимому, это не случайные численные совпадения.

В работе [14] (излагается по [13]) предложено теоретическое обоснование для наклона разграничительных линий, суть которого сводится к тому, что переход от ветвления к меандрированию связан с уменьшением удельной мощности потока (W) ниже порогового значения $W = \text{const} = 50 \text{ Вт/м}^2$. Из сопоставления соотношений $W \propto Q/B$ (по определению) и $B \propto Q^{0.5}$ (“статистически устойчивая связь”) следует $b = -0.5$. Эти построения выглядят недостаточно убедительными. Исходя из общетеоретических представлений, сомнительно, чтобы характер столь многофакторного процесса, как руслоформирующая деятельность реки, был однозначно связан с численным значением какой-либо одной характеристикой (тем более, что энергия потока расходуется преимущественно на преодоление внутреннего трения и лишь в малой степени – на транспорт наносов). Кроме того, как показано в работе [5], у разветвленных рек Се-

веро-Востока для средних условий июля $B \propto Q^{0.46}$, и с увеличением Q показатель степени в данном соотношении уменьшается. Отсюда следует $|b| > 0.54$, что противоречит изложенным выше результатам. Расхождение (вопреки поверхностному впечатлению) весьма существенно. На рис. 4 показано положение линий, ограничивающих кластер разветвленных рек при условии $b = -0.54$. Ширина диапазона уклонов при этом возрастает почти на 25%, и внутри него возникают две обширные “пустые” области (в левой верхней и нижней правой частях). Таким образом, причины, определяющие численные значения b , остаются пока неясными.

Выводы

1. Как отмечалось ранее [1], подавляющее преобладание рек, разветвленных на рукава, является характерной чертой исследуемой территории. Этот вывод был сделан на основании анализа материалов С.И. Пиньковского [13] и относился к рекам пятого и более высоких порядков. Полученные результаты позволяют распространить его на потоки IV и III порядков, хотя среди них доминирование ветвящихся русел выражено менее отчетливо.

2. В звеньях III–V порядков выделяется также довольно многочисленная категория широкопойменных водотоков, на которых развито меандрирование при специфическом “изломанном” рисунке русла (они встречаются тем чаще, чем ниже порядок). Уклоны их долин при прочих равных условиях неизменно меньше, чем у разветвленных ручьев. В работе [11] приведены доводы в пользу того, что подобные русла формируются из ветвящихся под воздействием факторов тектонической природы. В последнее время найдены новые аргументы в пользу этой гипотезы, однако проблема нуждается в углубленном изучении.

3. Еще одна особенность горных сооружений Северо-Востока – наличие в ряде случаев “аномальных” соотношений между продольными уклонами долин широкопойменных разветвленных рек и равновеликих рек, врезающихся в скальные породы: у последних они при близкой водности нередко оказываются меньше. Причины этого явления несомненно заслуживают специального исследования.

4. По результатам как данной работы, так и ряда исследований, проводившихся ранее другими авторами, значения характеристики, определяющей наклон разграничительных линий в поле QI -диаграмм, близки к -0.44 . Существование подобной закономерности (возможно, имеющей фундаментальный характер) также ожидает своего объяснения.¹

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.М. Морфодинамика русел рек горных стран и литология коренных пород // Геоморфология. 2011. № 4. С. 11–21.
2. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши // Государственный водный кадастр. Л.: Гидрометеониздат, 1985. Т. 1. Вып. 17. 430 с.
3. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши // Государственный водный кадастр. Л.: Гидрометеониздат, 1987. Т. 1. Вып. 16. 595 с.
4. Чалов Р.С., Чалов С.Р., Алексеевский Н.И. Структурные уровни формирования и типизация разветвленных русел рек // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2011. № 4. С. 8–14.
5. Михайлов В.М., Ушаков М.В. О некоторых гидроморфометрических соотношениях для рек Северо-Востока России и критериях их применимости // Тр. ДВНИГМИБ. 2002. Вып. 150. С. 177–187.
6. Михайлов В.М. Пойменные талики Северо-Востока России. Новосибирск: ГЕО, 2013. 244 с.

¹ Автор признателен рецензентам – профессорам Н.И. Коронкевичу и Р.С. Чалову – за ряд ценных замечаний, учтенных в работе над рукописью.

7. *Смирнова В.Г., Чалов Р.С.* Оценка граничных условий формирования русел разных типов на реках Алтайского региона (бассейн Верхней Оби) // Геоморфология. 2004. № 2. С. 68–73.
8. *Чалов Р.С.* Морфологические проявления современных направленных вертикальных русловых деформаций в речных долинах // Геоморфология. 2007. № 2. С. 28–36.
9. *Germanoski G. and Schumm S.A.* Changes in braided river morphology resulting from aggradation and degradation // Journ. of Geol. 1993. V. 101. P. 451–466.
10. *Михайлов В.М.* Реки горных сооружений Северо-Востока Азии в стадии направленной аккумуляции. // М-лы Всеросс. научн. конф. “Чтения памяти А.П. Хохрякова”. Магадан: Ноосфера, 2008. С. 261–264.
11. *Лодина Р.В., Ращутин Л.В., Сидорчук А.Ю., Чалов Р.С.* Изменение морфологии русла и руслообразующих наносов от истока до устья (на примере р. Терека) // Геоморфология. 1987. № 1. С. 86–94.
12. *Михайлов В.М.* Трансформации речных русел в горных странах в связи с новейшей тектоникой // Рельеф и экзогенные процессы гор / Мат-лы Всерос. науч. конф. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2011. Т. 2. С. 111–114. (irigs.irk.ru/docs/geomorphology/Irkutsk_Geomorphology_2011_T2.pdf)
13. *Чалов Р.С.* Русловедение: теория, география, практика. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. Т. 1. 608 с.
14. *Ferguson R.T.* The threshold between meandering and braiding // Proc. Int. Conf. “Channels and channel control structures”. Berlin: Springer Verlag, 1984. № 6. P. 15–29.
15. *Пиньковский С.И.* Типы речных русел Северо-Востока СССР и полуострова Камчатки // Тр. ГГИ. 1965. Вып. 120. С. 55–98.

Поступила в редакцию 06.07.2013

RIVERS OF THE MOUNTAIN TERRITORIES OF THE NORTH-EASTERN RUSSIA: HOMOGENEOUS AND DIVERSITY OF THEIR CHANNELS' MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS

V.M. MIKHAILOV

SUMMARY

Analysis of QI -diagrams and earlier obtained results demonstrate that in the whole range of drainage areas ($15\text{--}100\,000\text{ km}^2$), the braided rivers of the territory constitute a statistically homogeneous, in relation to IQ^b values, population. This index lies within the interval of $0.025\text{--}0.077$. Inside this population, braided rivers aggrading alluvium often have more steep valley gradient than rivers eroding bedrocks, though they have the same maximal runoff. In the upper reaches of drainage network meandering rivulets are numerous. Their valleys have lower gradients than braided ones, all other conditions being equal, by a factor of $1.5\text{--}3.2$. Presumably, they are products of braided streams degradation.