

А.М. Жихарев, О.И. Жихарева

УЧЕТ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО СВОЕОБРАЗИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КЛАССИФИКАЦИИ МАЛЫХ РЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (ЧАСТЬ 2)¹

Разрабатывается вариант классификации малых рек с позиции переменных, территориально зависимых количественных значений классификационных критериев как отражение естественной природной структурированности речной сети конкретной территории с математической оценкой достоверности полученных результатов.

Ключевые слова: извилистость водотока, ландшафт, малая река, падение русла, речная сеть, речная система.

A.M. Zhikharev, O.I. Zhikhareva

ACCOUNT DISPLAY OF NATURAL-TERRITORIAL ORIGINALITY AT WORKING OUT CLASSIFICATION OF SMALL RIVERS WITH THE HELP OF MATHEMATICAL ANALYSIS METHODS

The variant of classification of the small rivers from a position of variable, territorially dependent quantitative values of classification criteria as reflection of natural structure of a river network of concrete territory with a mathematical estimation of reliability of the received results is developed.

Keywords: tortuosity of a water-current, landscape, the small river, falling of a channel, river network, river system.

Формирование специфических черт малых рек обусловлено природными условиями той территории, на которой расположена речная сеть. Реки, будучи элементом ландшафта, вовлечены в сеть взаимосвязей с другими его компонентами, однако, несмотря на сложность, многоаспектность этих связей, можно утверждать, что именно геологические условия (прежде всего четвертичные отложения) и рельеф, то есть геоморфологический фактор, определяют в условиях однородности климатического фона большую часть гидродинамических, морфологических констант речных потоков, а также специфику их режимных характеристик. Морфолитогенная же основа явилась и первым этапом развития (становления) ландшафтов, обусловив значительное ландшафтное разнообразие и пестроту ландшафтного рисунка исследуемой территории [3], обеспечив в то же время достаточную выраженность пространственных закономерностей ландшафтной структуры. Таким образом, обнаружение сколь-либо заметной связи между отдельными категориями водотоков и геоморфологической составляющей ландшафта позволяет не только осмыслить взаимосвязь малых рек с ландшафтом на более глубоком уровне, но и проверить достоверность классификационной схемы с позиций сохранения ею физического смысла. Выбор геоморфологической основы ландшафта как основного уровня его пространственной организации обеспечивает и наибольшую точность анализа ландшафтно-географических закономерностей распределения таксономических групп водотоков.

Анализ закономерностей взаимосвязи выделенных категорий водотоков с морфолитогенной основой ландшафта исследуемой территории строился на основе её сопоставления с пространственно-таксономической структурой речной сети и подсчета общей длины рек каждой категории (в отдельности) в пределах определённого типа морфологической структуры.

¹ Часть 1 см. Ярославский педагогический вестник. Серия «Физико-математические и естественные науки». Вып. 1-2010, с. 102-108

На основании этих данных рассчитывалась удельная доля всех водотоков каждой категории в основных типах морфолитогенных комплексов, а также встречаемость каждой категории в этих комплексах. Первая даёт представление о том, как распределяются водотоки одной категории по различным геоморфологическим структурам, а вторая показывает, как соотносятся по распространённости различные категории водотоков в пределах морфоструктуры одного типа. Обобщение результатов позволяет представить их в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Распределение водотоков по различным типам геоморфологических структур

Категории водотоков	Морфолитогенная основа (по убыванию связи)				
1	t-lim	al	-	-	-
2	lim-gl	gl	fl-gl	t-lim	al
3	lim-gl	gl	t-lim	al	fl-gl
4	lim-gl	gl	al	t-lim	fl-gl
5	gl	lim-gl	fl-gl	al	-
6	lim-gl	gl	t-lim	fl-gl	al
7	lim-gl	gl	-	-	-
8	lim-gl	al	gl	-	-
9	lim-gl	al	gl	-	-
1+2	lim-gl	gl	fl-gl	t-lim	al
4+5	lim-gl	gl	al	t-lim	fl-gl
(1+2)+3	lim-gl	gl	fl-gl	t-lim	al
(4+5)+6	lim-gl	gl	t-lim	al	fl-gl
(7+8)+9	lim-gl	al	gl	-	-
1+2+3+4+5+6	lim-gl	gl	al	t-lim	fl-gl

Обозначения: lim-gl – озёрно-ледниковые равнины; gl – моренные гряды и равнины; al – аллювиальные отложения озёрно-речной террасы; t-lim – озёрная терраса Костромской низины; fl-gl – водно-ледниковые равнины.

Наложение пространственно-таксономической структуры речной сети на морфолитогенную основу ландшафтов исследуемой территории не выявило жёстких функциональных закономерностей в отношении всей иерархической системы водотоков. Подобная ситуация может быть объяснена либо разветвлённостью и неоднозначностью взаимосвязи в системе малая река – ландшафт, либо же использованием схемы, не отражающей ландшафтную дифференциацию исследуемой территории на необходимом уровне детализации.

Однако вполне отчётливо прослеживается ряд зависимостей как общего, так и частного характера, позволяющих утверждать наличие более тесной по сравнению с обнаруженной взаимосвязи в рассматриваемой системе.

В частности, при образовании групп более высокого таксономического уровня из групп более низкого ведущую роль в распределении водотоков вновь образованных таксонов по морфоструктурам не обязательно будет играть та из исходных групп, которая характеризуется большим интервалом длин водотоков. её образующих.

Хорошо видно «предпочтение» всеми таксонами озёрно-ледниковых и моренных равнин и то, что основные различия между группами (то есть их географическое своеобразие) определяются такими структурами, как древнеозёрные террасы, водно-ледниковые равнины и поверхности, vyplненные комплексом аллювиальных отложений.

Среди всех выделяется пятая группа (7,5 – 8,5 км), которая, несмотря на незначительность интервала длин объединяемых ею водотоков, тем не менее, вполне «подтвердилась» математически. Водотоки этой группы, в первую очередь, связаны с моренными возвышенностями и равнинами, а не с озёрно-ледниковыми поверхностями, хотя на последних их доля также велика – 41,2% общей длины.

Существует преобладание определённых таксономических групп водотоков в различных типах морфологических структур, которое определяется не только количественным доминировани-

ем соответствующих водотоков и (или) площади занимаемой этими структурами, но и особенностями качественного характера, в частности, иерархическим уровнем таксона.

Наиболее типичными группами основной части морфолитогенных комплексов являются вторая и четвёртая группы (водотоки от 400 м до 3,4 км и от 4,9 до 7,1 км), за исключением аллювиальных поверхностей. На втором месте, как правило, оказываются шестая и третья группы (от 9,4 км до 14,6 км и от 3,6 км до 4,6 км соответственно), то есть можно сказать, что вторая и четвёртая группы рек – наиболее универсальны в плане их географии, в то время как восьмая и девятая группы в первую очередь тяготеют к аллювиальным отложениям, а также озёрно-ледниковым равнинам, следовательно, имеется заметная связь более крупных водотоков с комплексами современных аллювиальных отложений. Кроме того, прослеживается изменение порядка встречаемости различных категорий водотоков первого таксономического уровня с понижением топографического уровня морфоструктур на близкий к противоположному.

Таким образом, отмеченные закономерности позволяют считать выделенные группы водотоков объективно самостоятельными не только в отвлеченном (математическом) смысле, но и рассматривать их как определенную природно-географическую реальность.

К первому таксономическому уровню относятся девять групп водотоков – таксонов одного уровня девяти порядков. Это низший таксономический уровень. Большая часть таксонов этого уровня принимает участие в образовании таксонов второго уровня.

К первой группе водотоков (таксон первого таксономического уровня первого порядка) относятся водотоки до 300 м длиной. В большинстве своём это временные водотоки (ручьи) либо не пересыхающие участки нижнего течения самых малых рек (последние и отмечены на топокартах и были включены в выборку), а потому на картах они представлены весьма слабо. Тем не менее, они обладают выраженным своеобразием, отразившимся и в статистических характеристиках их морфометрических параметров. В частности, для этой группы водотоков характерны минимальная извилистость ($K_{изв.}=1,06$), то есть это почти прямые водотоки; максимальные уклоны (среднее взвешенное по уклону – 32,13); очень большой разброс среднегруппового значения уклона и падения (коэффициент вариации соответственно 106,4% и 121,7%) и очень высокая зависимость извилистости от длины – коэффициент корреляции этих двух параметров равен 0,8. Кроме того, группа отграничена резким отличием своих статистических характеристик (морфометрических параметров).

В географическом отношении из попавших в выборку это притоки первого порядка достаточно крупных рек (Соть, Касть), впадающие в них в нижнем течении и приуроченные к тяжёлым грунтам и низким топографическим уровням.

Вторая группа (таксон второго порядка первого таксономического уровня) – это водотоки от 0,4 до 3,4 км длиной, самая многочисленная среди всех исходных групп (первого уровня) по числу входящих в неё водотоков – 134. Эта группа является самой распространённой во всех морфолитогенных комплексах, за исключением территории низких современных аллювиальных равнин. Среднее значение коэффициента извилистости, падения и уклона составляет соответственно 1,25; 13,3; 12,25; при этом наиболее вариативен уклон (коэффициент вариации по нему составляет 99,6%, а вариационный размах 113,3). Несмотря на то, что водотоки этой группы могут быть притоками всех порядков, основная их масса – притоки первого порядка рек Касти и Соти.

Третья группа (таксон первого таксономического уровня третьего порядка). В эту группу математически выделяются водотоки от 3,6 км до 4,64 км длины. Выборка, представляющая группу, включает 18 единиц. Эта группа интересна тем, что почти идеально репрезентирует генеральную совокупность по коэффициенту вариации падения (52,3% для третьей группы и 52% для всей совокупности исследованных рек).

Несмотря на кажущуюся близость средневзвешенных морфометрических показателей третьей группы к таковым четвёртой и пятой групп, математическая оценка дала основание объединять её с первой и второй группами, но на более высоком уровне.

Географически водотоки третьей группы – это в подавляющем большинстве притоки первого порядка, такие как Киченка, Вандышка (притоки Касти), Варезка, Кабанка (притоки Соти). В отличие от других водотоки этой группы более тесно связаны с водно-ледниковыми (зандровыми) равнинами и аллювиальными отложениями современной озёрно-речной поймы.

Перечисленные выше группы образуют таксоны двух таксономических уровней (второго и третьего) первого порядка по принципу $(1+2)+3$.

Четвёртая группа (таксон первого таксономического уровня четвёртого порядка) – это водотоки от 4,9 до 7,1 км длиной. Если рассматривать необработанные статистические характеристики, то по ряду из них (среднее значение коэффициента извилистости, падение, дисперсия по уклону) четвёртая группа очень близка к третьей, в то время как по другим (уклон, вариационный размах и коэффициент вариации падения) – к пятой.

Математический анализ показал самостоятельность этой группы с несколько большим её тяготением к таксонам большего (5-го,6-го) порядка. Водотоки этой группы характеризуются средними взвешенными значениями коэффициента извилистости падения и уклона соответственно 1,3; 25,2; 4,3. В этой группе (как и в пятой) среднее значение уклона наиболее близко к таковому, рассчитанному для всех изученных водотоков (4,06).

Географическое своеобразие водотоков этой группы проявляется в том, что наряду с их распространённостью в пределах озёрно-ледниковых (58,1% общей длины) и моренных (19,7%) равнин они типичны и для аллювиальных отложений современной озёрно-речной террасы и озёрной террасы Костромской низины (10,6% и 10,3% общей длины соответственно), в то время как в пределах водно-ледниковых равнин их доля крайне мала – 1,3%.

Типичными представителями этой группы являются левый приток Касти (в её нижнем течении) р. Точенка, правый приток второго порядка Соти р. Соня, а также притоки Лунки – Викшера (правый) и Мускулка (левый).

Пятая группа (таксон первого уровня пятого порядка) объединяет реки с небольшим интервалом длин – от 7,5 до 8,5 км. Математическое своеобразие группы обусловлено значениями извилистости и падения и статистическими величинами, характеризующими их распределение и изменчивость. Группа характеризуется самым высоким из всех вариационным размахом величины падения (68м), что характеризуется коэффициентом вариации, равным 61,9%. Среднее значение коэффициента извилистости водотоков этой группы составляет 1,23, среднее падение 35,4, а средние уклоны – 4,32, причём именно уклоны в этой группе наименее вариативны по сравнению со всеми другими таксонами ($V_{\sigma}=2,3\%$).

Водотоки пятой группы отличаются тем, что, в отличие от других, преимущественно относятся к моренным равнинам (первое место, или 48,5% общей длины в пределах группы), а на озёрно-ледниковые равнины приходится 41,2% длины и занимают, таким образом, второе место. Представителями данной категории водотоков можно считать правый приток Соти в верхнем течении – р. Кокнас и р. Чернаву – правый приток Касти (верхнее течение).

Шестая группа (таксоны первого уровня шестого порядка) – реки от 9,4 до 14,6 км. Достоверность самостоятельности этой группы подтверждается математически на достаточно высоком уровне вероятности, а также проявляется в так называемом нарушении монотонности первичного кластерного графа, хотя и по статистическим параметрам и в географическом плане ярко выраженных особенностей группа не проявляет. Можно сказать, что, несмотря на значительный по сравнению с другими группами первого уровня интервал её границ (5,2 км), она остаётся самой невыразительной в отношении проявленных закономерностей.

Реки этой группы имеют среднее значение коэффициента извилистости – 1,26, падения – 33,2м и уклона – 2,9. Наиболее вариативен уклон ($V_{\sigma}=56,2\%$), наименее – коэффициент извилистости ($V_{\sigma}=14,3\%$). Коэффициент вариации падения, как и в третьей группе, близок к общему среднему по всем обследованным водотокам (соответственно 51% и 52%).

Преимущественное распространение реки шестой группы имеют в пределах озёрно-ледниковых равнин (54,4% общей протяжённости). На долю моренных равнин приходится 27,9%. Оставшаяся часть приходится на озёрную террасу Костромской низины, водно-ледниковые и аллювиальные поверхности (по убывающей).

Вместе с двумя предыдущими группами шестая группа образует таксон третьего уровня по принципу (4+5) +6. Представители группы – реки Чёрная, Корша, Сонжа – притоки Соти; река Удисна – левый приток Касти.

Седьмая группа (таксоны первого уровня первого порядка) – это реки от 17,6 до 20 км, среднее значение коэффициента извилистости рек группы – 1,29, падения – 33,6 и уклона – 1,83. Для данной группы рек характерна очень высокая положительная корреляция уклона и длины (коэффициент корреляции – 0,8).

Реки седьмой группы встречаются не во всех типах морфологических структур исследованной территории, а лишь в пределах озёрно-ледниковых и моренных равнин. При этом по удельной

доле общей длины рек группы она занимает (с небольшим отставанием) второе место (66,4%) среди всех таксонов разных уровней после девятой группы (67,1%).

Типичными представителями являются реки Козинка (правый приток Соты в верхнем течении) и р. Пеленга (правый приток Лунки).

Восьмая группа (таксон первого уровня первого порядка) – реки в интервале длин от 26,3 до 34 км. Группа не только математически достоверно обособлена, но также и «отделена» от предыдущих групп большим «пробелом» длины, то есть на исследованной территории нет рек протяжённостью от 20 км (верхняя граница седьмой группы) до 26,3 км. Группа характеризуется самым большим падением – 71,3 м и высоким значением коэффициента извилистости (1,67). В силу того, что группа образована малой выборкой, статистические её характеристики не представляют особого интереса, но, с другой стороны, и в малом количестве заключена определенная информация, а потому величина группы тоже может рассматриваться как отражение природных особенностей территории, тем более, что методы математической статистики допускают работу и с очень малыми выборками.

Реки восьмой группы занимают второе место по удельной распространённости (общей длине) в пределах аллювиальной озёрно-речной террасы (39,3%) после водотоков первой группы (70%). Это на порядок выше данного показателя других групп. Большая их доля также относится и к озёрно-ледниковым равнинам (общая особенность, о которой уже упоминалась). Пример – р. Конча – правый приток Соты первого порядка.

Девятая группа (таксон первого таксономического уровня девятого порядка). Общие замечания относительно восьмой группы можно отнести и к девятой. Поэтому её границы выделяются с определённой долей условности, несмотря на её математическую обоснованность. В любом случае предположительно это водотоки от 34 км (верхняя граница восьмой группы до 44,94 (\approx 45 км)). В пределах исследуемой территории к девятой группе водотоков отнесена р. Лунка (правый приток Соты). Самостоятельность девятой группы подтверждается как математически, так и на этапе составления кластерного графа резким нарушением его монотонности. Тем не менее, незначительность выборки оставляет вопрос о разграничении восьмой и девятой групп открытым, по крайней мере в отношении их географических (гидрологических) отличий. Однако математически обоснованная самостоятельность девятой группы и учёт её математических соотношений с восьмой группой дали основание использовать общий принцип их объединения в таксоны более высокого уровня – (7+8)+9.

Принцип образования таксонов более высокого уровня в двухмерном иерархическом пространстве достаточно прост, поэтому характеристики таксонов более высокого уровня часто представляют собой объединение (суммирование) характеристик образующих таксонов. Однако такое механическое проецирование параметров низших таксонов на более высокие по уровню сохраняется далеко не всегда, особенно в отношении географических закономерностей. Поэтому дальнейшая характеристика таксонов дана через призму только этих отличий.

Таксон второго уровня первого порядка (группы 1+2). Объединение привело к снижению вариативности уклона и увеличению коэффициента извилистости (по сравнению с обеими исходными группами). Распределение рек группы по геоморфологическим структурам исследуемой территории очень близко к таковому для таксона второго уровня второго порядка (группы 4+5), но отличается от него преобладанием в пределах моренных равнин и озёрной террасы Костромской низины (27% против 26,4% и 9,9% против 7,9% общей длины водотоков каждой группы соответственно). Высока доля рек группы и в пределах озёрно-ледниковых равнин (44,1% общей протяжённости). Можно сказать, что данный таксон характерен для моренных и водно-ледниковых равнин и древнеозёрных террас.

Таксон второго уровня второго порядка (группы 4+5). Можно сказать, что его образование в наименьшей степени изменило средние характеристики этого таксона по сравнению с таковыми «исходных групп». При этом коэффициент вариации для падения вновь образованного таксона значительно возрос (87,38%) по сравнению с этими коэффициентами у исходных групп (62,2 и 61,9%). Появилась заметная отрицательная корреляция (-0,4) между извилистостью водотоков группы и их длиной. В географическом плане данный таксон в известном смысле противоположен предыдущему – характерно доминирование на озёрно-ледниковых и аллювиальных морфоструктурах.

В силу более низкой по сравнению с другими группами достоверности различий между восьмой и девятой группами рек разница между вторым уровнем (7+8) и третьим уровнем объединения (7+8)+9 с географической точки зрения крайне мала, поэтому таксон второго уровня третьего порядка (7+8) отдельно не рассматривается, а характеризуется в составе таксона третьего уровня.

Третий таксономический уровень образуется присоединением к таксонам второго уровня таксономических групп первого уровня. В отношении вновь образованных таким образом групп справедливы те же общие замечания, что и по отношению к таксонам второго уровня.

Своеобразие третьего уровня иерархической организации речной сети в том, что здесь завершается первый логический цикл объединения низших таксонов с тенденцией повторения на более высоких уровнях. Кроме того, на третьем уровне разделение одноуровневых таксонов и объединение водотоков в группы обосновано своеобразием одновременно всех используемых для этого морфометрических показателей и статистических характеристик. На этом уровне выделяются три таксона: первого порядка – (1+2)+3; второго порядка – (4+5)+6; – третьего порядка – (7+8)+9.

Таксон третьего уровня первого порядка отличается самой высокой вариативностью уклонов ($V_{\sigma}=77,23$) при сохранении вариационного размаха группы по уклону. Вообще из групп третьего таксономического уровня это самая «вариативная» в отношении морфометрических характеристик. В плане географических закономерностей она близка к группе второго порядка (4+5)+6, но отличается от неё большей удельной долей рек в пределах моренных и водно-ледниковых равнин (27,2% против 26,9% и 12,5% против 3,8% общей длины рек группы), а также древнеозёрной террасы Костромской низины (11% против 8,1% длины), но проигрывает ей в пределах озёрно-ледниковых равнин (54,3% против 43,5% длины) и современных аллювиальных поверхностей (5,7% против 7%).

Сказанное в достаточной степени характеризует и *таксон второго порядка третьего уровня*, поэтому здесь остаётся только добавить что он самый не выделяющийся в географическом отношении на своём таксономическом уровне. Математически его отличает значительная устойчивость колебаний уклона, коэффициент вариации которого равен 17%.

Таксон третьего уровня третьего порядка (7+8)+9 в математическом отношении интересен тем, что статистически – достоверно сохраняет логику объединения низших таксонов, даже при использовании для расчетов малых выборок, чем подтверждает правомерность применения этой логики объединения, а в географическом – характеризуется приуроченностью к озёрно-ледниковым равнинам, лидируя на своём уровне по этому показателю (63,7 общей длины рек) и на аллювиальных поверхностях (20,8% длины).

Дальнейшее объединение даёт таксон четвёртого уровня первого порядка, включающий группы с первой по шестую первого уровня, что составляет подавляющее большинство исследованных рек. Поэтому для анализа географических закономерностей в отношении этого и более высоких уровней необходимо использование иного уровня ландшафтной дифференциации территории и сопоставимых с ним таксономических единиц этого же уровня, но большего порядка (то есть более крупных рек).

Анализ результатов проведённого исследования позволяет сделать следующие выводы.

Изучение природных объектов, имеющее целью в том числе и разработку их классификаций, во многих случаях должно опираться на учёт различных количественных характеристик. Это естественным образом предопределяет необходимость использования математических методов обработки данных и анализа результатов. Использование методов математического анализа не только повышает точность результатов, но и увеличивает глубину и детальность анализа, а также позволяет оценить достоверность его результатов. Именно поэтому математический анализ должен выступать основным инструментом, обеспечивающим решение проблемы классификации малых рек с учётом их региональной специфики.

Универсальность математических методов не исключает, тем не менее, обязательного строго обоснованного выбора конкретного математического метода (методов) сообразно исследовательским задачам, с одной стороны, и особенностям исследуемого объекта – с другой.

Речная сеть как объект математического анализа должна рассматриваться как математическое множество, образованное количественными параметрами, выражающими его особенности, и подлежащее обработке. Однако в отличие от чисто математических (абстрактных) множеств малые реки, являясь географическим объектом, представляют собой линейное (двухмерное) множе-

ство с ограниченным числом степеней свободы, то есть допустимое разнообразие комбинаций отдельных элементов этого множества, а также способов работы в его пределах весьма ограничено и лимитируется необходимостью сохранения физического смысла получаемых при математической обработке результатов. В наибольшей степени такая линейная ограниченность речной сети должна учитываться при рассмотрении её как иерархического математического множества, что является неизбежным при решении вопроса о классификации рек.

Анализ результатов статистической обработки вариационных рядов морфометрических характеристик водотоков исследуемой территории свидетельствует о возможности объединения последних в группы на пяти уровнях с получением на каждом из них нескольких таксонов (кластеров). Границами каждого кластера является объективно существующее и подтвержденное математически изменение типичного для каждой группы распределения совокупности статистических показателей, характеризующих внутригрупповую изменчивость морфометрических характеристик водотоков.

Таксоны более высокого уровня образованы объединением кластеров более низкого уровня, обладающих наибольшим (из всех сохраняющих физический смысл их сочетаний) математически значимым сходством характеристик между собой.

Двухмерность пространства иерархических соотношений для речной сети обусловила последовательный характер объединения кластеров в таксоны более высокого уровня.

Таксоны низшего и отчасти следующего – второго уровня формируются либо на основе общности неполного набора морфометрических параметров, либо при разделении на основе такового. Таким образом, несмотря на правомерность их выделения как с математической так и с физической точки зрения, основным уровнем, то есть иерархическим уровнем, с которого обнаруживается полное обособление кластеров (по всем заложенным показателям), следует признать третий уровень, на котором в пределах исследованного массива водотоков по морфометрической специфике выделяются три их группы – от 0 до 4,6 км; от 5 до 14,6 км и от 17,6 до приблизительно 45 км (точность последней цифры ограничена верхним значением выборки).

Математический анализ статистических данных позволяет утверждать, что дальнейшее объединение на четвертом и пятом уровнях сохраняет логику объединения групп на втором и третьем уровнях, то есть сначала объединяются кластеры двух первых (меньших) порядков, а к ним присоединяется кластер третьего (по увеличению длины) порядка. Такая логика объединения может учитываться как возможный дополнительный критерий проверки при разработке классификационной схемы с вовлечением в неё более крупных рек.

Использование методов математической статистики как одной из форм математического анализа предполагает работу с выборочными показателями, то есть величинами в некоторой степени случайными, варьирующими вокруг своих генеральных параметров. С этим связана возможность получения случайного совпадения (различия) признаков, ошибочно принимаемого как следствие действия систематических причин и, следовательно, неверной интерпретации результатов анализа. Таким образом, всякая математическая проверка имеет ценность лишь тогда, когда сопровождается оценкой возможной погрешности или степени достоверности результатов.

Оценка достоверности результатов математического анализа иерархических множеств (каковым является и речная сеть) сводится к оценке статистической значимости различий между группами параметров, характеризующих каждый элемент этого множества. Решение этой задачи в отношении классификации водотоков предполагает работу со сложным статистическим рядом и не равнозначными по объёму выборками, требующими сопоставления, что ограничивает выбор методов математической проверки. Наиболее удобными и точными критериями проверки при решении вопроса о создании иерархических систем водотоков являются Z-критерий и t-критерий Стьюдента среди параметрических; φ^* – критерий Фишера и U-критерий Манна-Уитни из непараметрических критериев, позволяющие сопоставлять различные по объёму выборки, обеспечивая проверку на любом количественно заданном уровне достоверности и при характере распределения, отличающегося от нормального.

Природно-географическое своеобразие территории достаточно ярко проявляется практически во всех параметрах водотоков, в том числе и в их морфологии и морфометрии. Тесная взаимосвязь малых рек с ландшафтом, а также взаимообусловленность их динамических, морфологических, морфометрических и режимных параметров с полным основанием позволяют рассматривать

морфометрию водотоков как количественное выражение природных особенностей конкретной территории.

Это, а также пространственная (географическая) дифференциация и ранговая иерархичность ландшафтных единиц позволяют использовать морфометрические параметры как критерий классификации малых рек, более точно отражающей как индивидуальные природно-экологические особенности каждого водотока, так и региональную специфику их отдельных категорий, то есть значительно снизить степень классификационной условности.

Безусловно, что ограничение исследования поиском проявления природных особенностей в морфометрии водотоков не обеспечивает завершённости классификационной схемы, которая может рассматриваться как исходный вариант классификационной системы с обязательной дальнейшей проверкой соответствия своей структуры действительности и на данном этапе отражает лишь одну сторону взаимосвязи в системе ландшафт – река.

Как представляется, полный учёт регионального аспекта в классификации малых рек должен строиться на совокупном использовании в качестве оснований для выяснения иерархических соотношений групп водотоков наряду с морфометрическими параметрами динамических характеристик и режимных особенностей малых рек, относящихся к разным таксономическим группам. Уточнение классификационной схемы с привлечением их в качестве критериев оценки её достоверности может таким образом рассматриваться как одно из направлений развития исследований по данной тематике.

Кроме того, представляет интерес увеличение интервала длин водотоков, вовлечённых в исследование, и изучение выявленных закономерностей в отношении более крупных рек.

Это, в свою очередь, предполагает увеличение массива исходного фактологического материала и естественным образом диктует необходимость унификации и оптимизации способов математической обработки данных путём разработки соответствующих компьютерных программ.

Самостоятельным направлением исследования, представляющим, однако, и интерес прикладного характера, является составление крупномасштабной картосхемы ландшафтной дифференциации исследуемой территории. Такая схема необходима для использования её в качестве инструмента оценки физической достоверности (обоснованности) полученных классификаций, а потому должна иметь соизмеримую с теми данными, на которых эти классификации построены, степень точности. Кроме того, она позволит установить географические закономерности в распределении водотоков различных таксономических единиц, что имеет не только теоретическое, но и немалое практическое значение.

Библиографический список

1. Бочаров, М.К. Методы математической статистики в географии [Текст] / М.К. Бочаров. – М.: Мысль, 1971.
2. Государственный стандарт 19179-73 [Текст] // Гидрология суши, термины и определения. – М.: ГСИ, 1979.
3. Колбовский, Е.Ю. История и экология ландшафтов Ярославского Поволжья [Текст] / Е.Ю. Колбовский. – Ярославль: ЯГПУ, 1993.
4. Маккавеев, Н.И. Эрозионно-аккумулятивные процессы и рельеф русла реки, [Текст] / Н.И. Маккавеев // Избранные труды. – М.: МГУ, 1998.
5. Пузаченко, Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях [Текст] / Ю.Г. Пузаченко. – М.: Академия, 2004.
6. Рохмистров, В.Л. Физико-географические закономерности распределения речной сети Ярославского Нечерноземья [Текст] / В.Л. Рохмистров, С.С. Наумов // Географические аспекты рационального природопользования в Верхневолжском Нечерноземье. – Ярославль: ЯГПИ, 1984.
7. Сидоренко, Е.В. Методы математической обработки в психологии [Текст] / Е.В. Сидоренко. – СПб: Речь, 2001.