

**THE KIRSA PALEOVALLEY AND THE DRAINAGE NETWORK
TRANSFORMATION IN THE UPPER REACHES OF THE VYATKA
AND KAMA RIVERS**

DEDKOV A. P., STURMAN V. I.

Summary

A latitudinal hollow between the Vyatka and Kama upper reaches (where the rivers take opposite direction, near the city of Kirsa) is proved to be paleovalley, presumable of the Pliocene age. During the Early and Middle Pleistocene the water flow was directed southwestward, from Kama to Vyatka. No flow existed during the Late Pleistocene and the Holocene. The drainage network transformation took place at the Middle/Late Pleistocene boundary, probably due to the valley division into two parts by a lobe of the Dnieper ice sheet, though neotectonic factors could contribute to the process.

УДК 551.435.11(477.4)

И. П. КОВАЛЬЧУК, П. И. ШТОЙКО

**ИЗМЕНЕНИЯ РЕЧНЫХ СИСТЕМ ЗАПАДНОГО ПОДОЛЬЯ
В XVIII—XX ВВ.**

В опубликованной ранее нашей статье [1] охарактеризованы физико-географические и социально-экономические условия функционирования речных систем Западного Подолья, отмечены особенности их строения, показаны масштабы хозяйственного воздействия на реки и их бассейны, сделаны предварительные выводы об изменениях структуры и экологического состояния малых рек под влиянием хозяйственной деятельности и изменчивости гидроклиматических, нектонических и гидрогеологических условий. Там же изложена сущность комплексной методики оценки масштабов, выявления тенденций, причин и последствий трансформации речных систем за многолетний период. В настоящей публикации излагаются основные итоги исследований структурной организации и тенденций изменения речных систем Западного Подолья за почти 200-летний период.

Под изменениями речных систем подразумевается появление или исчезновение новых элементов (подсистем), как правило, более низких таксономических рангов в составе более крупных, смена ранга системы в связи с происходящими изменениями в ее структуре, а также изменения качества бассейновых систем и их компонентов, темпа и направленности эрозионно-аккумулятивных процессов в них. Ниже излагаются результаты исследования тех изменений речных систем, которые находят выражение в упрощении или усложнении их структуры. В связи с тем что полученные данные характеризуют изменения структуры речных систем от одного периода к другому, можно говорить о многолетней тенденции изменения речных систем.

Использованные в работе методы сравнительного морфометрического анализа разновременных топографических карт, отображающих структуру (рисунок) речных систем и схемы порядковой классификации рек (Р. Е. Хортон — В. П. Философова — А. Стралера), дали возможность оценить масштабы изменений речных систем за период с 1772 по 1955 г. Основные показатели изменений — количество рек различных порядков и их длина (протяженность). Согласно исследованиям количество рек в речной системе на протяжении почти 200-летнего периода могло оставаться прежним, сокращаться и лишь в отдельных случаях — увеличиваться. Аналогичное происходило и с длиной рек. Эти изменения в структуре речных систем осуществлялись под влиянием как естественных, так и антропогенных факторов.

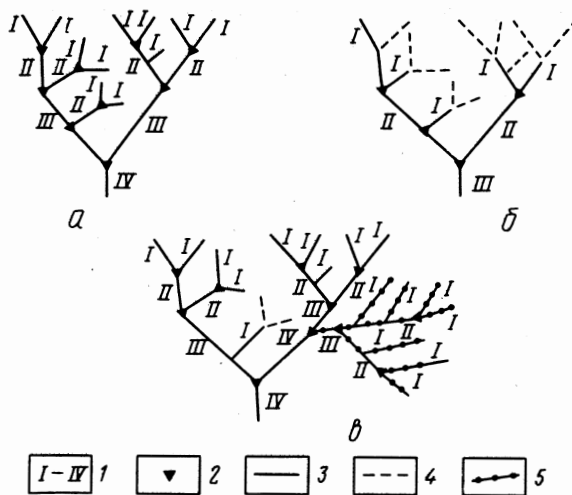


Рис. 1. Изменения структуры речных систем, обусловленные процессами пересыхания и заиливания верхних звеньев (а, б) и мелиоративными работами — созданием искусственной гидросети (в): а — структура и рисунок речной системы на начальном этапе (до изменений); б — то же деградирующей речной системы; в — то же измененной под воздействием мелиорации (усложнение рисунка) и деградации (отмирания бесприточных водотоков). 1 — порядок реки, 2 — точки смены рекой своего порядка, 3 — постоянный водоток, 4 — заиленный или обезвоженный (отмерший) водоток, 5 — новообразованный водоток (преимущественно мелиоративный канал)

Определенное влияние на полученные результаты оказали ограниченные возможности метода и схемы классификации речных систем. Сущность ограничений видна на рис. 1. Трудности возникали из-за невозможности на данном этапе исследований учесть отдельно процессы отмирания верхних звеньев гидросети, появления новых рек (преимущественно в результате мелиоративных работ и создания антропогенных рек-каналов, а также превращения в отдельных случаях балок в реки при дренировании ими подземных вод) и смены реками порядка, т. е. местоположения в структуре речных систем. Так, например, при упрощении структуры (рис. 1, б) прекратили свое существование как постоянные водотоки 10 элементов I порядка; 5 водотоков II порядка преобразовались в водотоки I порядка, 2 водотока III порядка стали реками II порядка и один водоток IV порядка стал рекой III порядка. Естественно, что при этом произошли изменения и в длине рек (ее сокращение). При усложнении структуры (рис. 1, в) возможно как возникновение новых водотоков (преимущественно I—III порядков), вызванное мелиоративными работами или другими причинами, так и отмирание, т. е. снижение ранга (порядка) существовавших ранее водотоков. Как видно из рис. 1, в, в структуре речной системы исчезло 2 водотока I порядка, один водоток II порядка стал рекой I порядка; одновременно здесь возникло 7 рек I порядка, 2 реки II порядка, 1 река III порядка. Кроме того, увеличилась длина реки IV порядка.

В связи с тем что раздельная оценка процессов отмирания водотоков и смены ими порядка, а следовательно, и изменения их количества и длины затруднительна, в работе использован термин «трансформация речных систем» и соответствующий коэффициент, характеризующий в обобщенном виде масштабы этого явления [2]:

$$K_{\text{тр}} = \left(\frac{N_1, L_1 - N_2, L_2}{N_1, L_1} \right) 100\%, \quad (1)$$

где $K_{\text{тр}}$ — коэффициент трансформации количества (или длины) водотоков определенного порядка; N_1, L_1 и N_2, L_2 — количество (или длина) рек определенного порядка по состоянию соответственно на предшествующий и последующий временные срезы. Коэффициент трансформации может быть положительным (при сокращении количества и длины рек) или отрицательным (при увеличении

насыщенности речной системы водотоками). Для его получения предварительно ведется подсчет количества водотоков различных порядков в речной системе и измерение их длины. Эти данные характеризуют насыщенность речной системы водотоками различных порядков, т. е. уровень ее структурной организации или сложность строения. Степень сложности строения речной системы определенного временного среза можно выразить структурной формулой:

$$S_R = \frac{\sum n}{\sum l} : N_{\max} \frac{n_n}{l_n} N_{\max-1} \frac{n_{n-1}}{l_{n-1}} N_{\max-2} \frac{n_{n-2}}{l_{n-2}} \dots N_1 \frac{n_1}{l_1}, \quad (2)$$

где S_R — структура речной системы на временном срезе T ; $\sum n$, $\sum l$ — общее количество и длина рек в речной системе (ед., км или %); N_{\max} , $N_{\max-1}$, ... N_1 — порядки составных подсистем речной системы; $n_n \dots n_1$ — количество рек каждого порядка в речной системе (ед. или %); $l_n \dots l_1$ — длина рек каждого порядка в речной системе (км или % от общей длины речной сети). Для сравнительного анализа полученных с помощью этой формулы параметров, характеризующих состояние речной системы определенных временных срезов, и установления масштабов изменений тенденций преобразования структуры целесообразно использовать зависимость вида

$$K_a = \left(\frac{S_R^1 - S_R^2}{S_R^1} \right) 100\%, \quad (3)$$

где S_R^1 — параметры структуры речной системы временного среза T_1 (количество, протяженность рек — общая или определенного порядка); S_R^2 — те же параметры временного среза T_2 ; K_a — масштаб трансформации системы за время $T_2 - T_1$. При наличии информации о состоянии речных систем в периоды T_1 , T_2 , ... T_n (в исследованиях речных систем Западного Подолья учетными сроками служили 1772, 1855, 1925 и 1955 гг.) возникает возможность проследить тенденцию изменения структуры речных систем от одного учетного периода к другому, получить ее количественную оценку, что создает одну из предпосылок прогнозирования развития речных систем [3].

Изложенное послужило предпосылками картометрических исследований речных систем Подольской возвышенности, основные итоги которых можно свести к следующему.

1. Структура речных систем. Исследовалась для четырех временных срезов — 1772, 1855, 1925 и 1955 гг. В 1772 г. (табл. 1) доля рек I порядка в структуре речных систем Западного Подолья колебалась в пределах 70—93,8% при среднем значении 75,5%. Их длина составляла 36,3—65,3% (в среднем 43,2%) общей протяженности речных систем. На реки II порядка приходилось 6,2—23,5% (в среднем 19,1) общего количества и 14,5—62,5% (в среднем 25,8) общей протяженности речных систем. Рекам III порядка принадлежит 2,7—17% (в среднем 4,1) количества и 4,9—39,0% (в среднем 13,8) суммарной протяженности речных систем. Доля рек IV порядка не превышала 0,5—3,3% (в среднем 1,0) по количеству и 2,0—24,5% (в среднем 9,5) по длине. Реки наивысшего (V) порядка составили 0,2—0,9% (в среднем 0,3) общего количества и 0,5—17,1% (в среднем 7,7) суммарной протяженности речной системы. В среднем же на реки I—II порядков приходилось 94,6% количества водотоков и 69% суммарной длины системы. Если учесть, что средняя из максимальных длин водотоков I порядка 5,3, а средняя из минимальных 0,12 км, причем таких мельчайших речек (ручьев) здесь подавляющее большинство, то становится понятной чрезвычайно высокая степень предрасположенности и восприимчивости структуры речных систем к антропогенным воздействиям и сравнительно быстрая ее реакция на них, выражающаяся в изменении параметров строения речной сети.

Анализ параметров структуры речных систем по состоянию на 1855 г. (табл. 2) свидетельствует, что, несмотря на довольно значительное сокращение общего

Системы	Рек различный порядков в речной системе	Протяженность рек в речной системе, км	Структура речных систем Западного Подолья по состоянию на 1772 г.																							
			Реки I порядка			Реки II порядка			Реки III порядка			Реки IV порядка			Реки V порядка											
			ед.	%	км	ед.	%	км	ед.	%	км	ед.	%	км	ед.	%	км									
Верещица (Слевые)	34	76,5	301	74,9	319,0	45,2	76	18,9	193,6	27,4	18	4,5	79,2	11,2	6	1,5	39,4	5,6	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	
Щурец	183	248,1	29	80,6	30,3	43,2	6	16,7	17,1	24,4	1	2,9	22,8	32,4	6	1,5	39,4	5,6	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	
Зубра	62	116,6	28	75,7	19,1	44,0	5	16,2	6,3	14,5	2	5,4	11,2	25,8	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	0,4	29,2	6,7		
Колодница	26	46,3	22	78,6	16,3	53,8	3	12,0	18,4	32,4	1	4,0	14,9	26,2	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	0,3	132,3	17,1		
Березовцы	30	53,5	21	70,0	33,1	61,9	6	23,1	7,2	15,6	2	5,5	38,1	15,4	1	1,6	13,0	11,2	1	1,1	30,2	12,2	1	0,5	24,0	9,6
Свяж	267	438,1	204	76,4	203,5	46,4	49	18,4	98,6	22,5	10	3,7	58,5	13,4	3	1,1	48,2	11,0	1	0,7	40,5	15,0	1	0,4	29,2	6,7
Гнилая Липа	142	269,5	106	74,7	110,3	40,9	28	19,7	87,4	32,4	7	4,9	31,3	11,7	1	0,7	40,5	15,0	1	0,7	40,5	15,0	1	0,4	29,2	6,7
Быфелка	402	706,1	301	74,9	319,0	45,2	76	18,9	193,6	27,4	18	4,5	79,2	11,2	6	1,5	39,4	5,6	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	
Бороница	36	70,0	29	80,6	30,3	43,2	6	16,7	17,1	24,4	1	2,9	22,8	32,4	6	1,5	39,4	5,6	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	
Тумир	37	43,4	28	75,7	19,1	44,0	5	16,2	6,3	14,5	2	5,4	11,2	25,8	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	0,3	132,3	17,1		
Горожанка	28	30,3	22	78,6	16,3	53,8	3	12,0	18,4	32,4	1	4,0	14,9	26,2	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	0,3	132,3	17,1		
Золотая Липа	25	56,8	21	84,0	23,5	41,4	3	12,0	18,4	32,4	1	4,0	14,9	26,2	1	2,7	6,8	15,7	0,2	74,9	10,6	0,3	132,3	17,1		
Коропец	300	688,4	225	75,0	291	42,3	60	20,0	155,2	22,5	11	3,7	70,7	10,3	3	1,0	85,9	12,5	1	0,7	69,0	24,6	1	0,3	85,6	12,4
Барыш	133	280,5	98	73,7	127,3	45,4	29	21,8	70,4	25,1	5	3,8	13,8	4,9	1	0,7	40,5	15,0	1	0,7	40,5	15,0	1	0,4	29,2	6,7
Золотой Поток	37	74,8	30	81,1	31,5	42,1	6	16,2	29,1	38,9	1	2,7	14,2	19,0	1	0,7	40,5	15,0	1	0,7	40,5	15,0	1	0,4	29,2	6,7
Вадова	36	45,2	25	75,0	291	42,3	60	20,0	155,2	22,5	11	3,7	70,7	10,3	3	1,0	85,9	12,5	1	0,7	69,0	24,6	1	0,3	85,6	12,4
Стрыпа	6	7,2	30	83,3	24,3	53,8	5	13,9	8,1	17,9	1	2,8	12,8	28,3	4	1,2	15,7	2,0	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1
Дроговиже	323	45,2	25	75,0	291	42,3	60	20,0	155,2	22,5	11	3,7	70,7	10,3	3	1,0	85,9	12,5	1	0,7	69,0	24,6	1	0,3	85,6	12,4
Горска	16	7,2	30	83,3	24,3	53,8	5	13,9	8,1	17,9	1	2,8	12,8	28,3	4	1,2	15,7	2,0	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1
Джурин	13	22,5	241	74,6	311,9	40,2	65	20,2	210,3	27,1	12	3,7	105,1	13,6	4	1,2	15,7	2,0	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1
Серет	16	7,2	30	83,3	24,3	53,8	5	13,9	8,1	17,9	1	2,8	12,8	28,3	4	1,2	15,7	2,0	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1
Ичишва	73	22,5	15	93,8	14,7	65,3	1	16,7	4,5	62,5	1	2,8	12,8	28,3	4	1,2	15,7	2,0	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1
568	150,1	58	79,5	67,2	44,8	12	16,4	29,7	19,8	2	7,7	7,9	38,9	1	0,3	85,6	12,4	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1	
111	333,4	428	75,4	638,2	40,6	110	16,4	29,7	19,8	2	7,7	7,9	38,9	1	0,3	85,6	12,4	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1	
22	333,4	428	75,4	638,2	40,6	110	16,4	29,7	19,8	2	7,7	7,9	38,9	1	0,3	85,6	12,4	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1	
10	34,3	84	75,7	127,5	38,2	19	19,4	369,1	23,5	26	4,6	265,0	16,9	3	0,45	23,0	15,3	1	0,3	132,3	17,1	1	0,1	0,1	0,1	
11,5	11,5	19	86,4	20,1	58,6	2	17,1	104,2	31,3	5	4,5	34,2	10,3	2	1,8	58,4	17,5	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
261	662,4	196	75,1	302,4	45,7	52	19,9	219,1	33,1	10	3,8	54,3	7,5	1	0,3	85,6	12,4	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1	
3181	6832,7	2403	75,5	2983,1	43,2	607	19,1	1764,3	25,9	132	4,1	54,3	7,5	1	0,3	85,6	12,4	1	0,3	85,6	12,4	1	0,1	0,1	0,1	

соотношение количества и длины рек различных порядков изменилось мало. Это свидетельствует о наличии механизма саморегулирования речных систем, способного восстанавливаться и поддерживать устойчивое динамическое равновесие между подсистемами различных порядков, определенное соотношение количества и длины рек. Так, в 1855 г. на водотоки I порядка приходится 69,2—92,9% (в среднем 75,6) общего количества и 30,3—64,4% (в среднем 42,7) протяженности речных систем. Реки II порядка составляют 7,1—22,6% (в среднем 18,9) от общего количества и 13,8—63,8% (в среднем 25,4) от суммарной длины речных систем. На реки III порядка приходится 4,2% от общего количества рек и 14,3% от их длины. Доля количества и длины рек IV и V порядков соответственно 1,0 и 9,8%, 0,3 и 7,8%.

Как и в 1772 г., в 1855 г. реки I—II порядков составляют 94,5% количества и 68,1% протяженности речных систем, что подтверждает сделанные выше выводы об устойчивости их структуры в условиях небольшого увеличения антропогенной нагрузки.

Параметры состояния структуры речных систем в 1925 и 1955 гг. (табл. 3, 4) свидетельствуют о дальнейшем сохранении устойчивого соотношения количества и длины рек различных порядков в речных системах при небольших колебаниях абсолютных величин. Так, в 1925 г. доля водотоков I порядка по количеству и длине составляла соответственно 59,3—95,2 (в среднем 76,5) и 24,6—59,6% (в среднем 42,7), а на водотоки II порядка приходилось 3,6—33,3% (в среднем 18,3) общего количества и 18,2—75,4% (в среднем 24,8) суммарной длины речных систем. На водотоки I—II порядков приходилось 94,8% количества рек и 67,5% длины речных систем. По сравнению с предыдущим этапом изменение по количеству и длине рек I—II порядков не превысило 0,3—0,6%. В то же время общее количество рек и суммарная их протяженность сократились по сравнению с 1772 г. соответственно на 420 единиц и 597,7 км.

Не произошло принципиальных изменений в соотношении количества и длины рек различных порядков в речных системах левобережья Днестра к учетному периоду 1955 г. (табл. 4). Реки I порядка составляли в это время 62,5—90,9% (в среднем 77,4) общего количества водотоков и 35,0—66,7% (в среднем 45,5) суммарной длины речных систем. Доля рек III—V порядков по количеству составляла соответственно 3,8; 1,0 и 0,2%, а по суммарной длине 14,2; 11,0 и 4,8%.

Таким образом, анализ соотношения количества и длины рек различных порядков, выполненный для временных срезов 1772, 1855, 1925 и 1955 гг., свидетельствует о резком преобладании в структуре речных систем водотоков I порядка. Они составляют 75,5—77,4% общего количество рек в речных системах и 42,7—45,5 суммарной длины речной сети. С учетом водотоков II порядка эти показатели еще более значимы и равны соответственно 94,5—95,0 и 67,5—70%. Сравнительно большой разрыв между количеством рек I—II порядков и их суммарной длиной обусловлен преобладанием в структуре речных систем коротких водотоков (сотни метров — первые километры) I порядка. Небольшие размеры водотоков — главная причина их малой водности, пониженной транспортирующей способности, высокой восприимчивости к антропогенным воздействиям, подверженности процесса эвтрофикации, заиливания, пересыхания, отмирания и превращения в балки. Это подтверждается и исследованиями в других регионах [4, 5].

2. Масштабы изменения параметров структуры речных систем. Для выявления масштабов изменения структуры речных систем в период с 1772 по 1955 г., в частности динамики количества и длины рек различных порядков, использованы табл. 1—4. Расчет коэффициентов трансформации количества и длины рек различных порядков осуществлен по зависимости (1). Основные результаты, характеризующие изменение количества и длины рек, приведены в табл. 5. Как видно из таблицы, за почти 200-летний период в исследуемых бассейнах прежратили свое существование 973 постоянных водотока и появилось 35 новых рек. Появление «новых» рек обусловлено двумя факторами: проведением осушительной мелиорации, т. е. созданием системы мелиоративных каналов, которые

Параметры структуры речных систем Западного Подолья по состоянию на 1955 г.

Речные системы	Общее количество рек различных порядков в речной системе	Протяженность речной системы, км	Реки I порядка		Реки II порядка		Реки III порядка		Реки IV порядка		Реки V порядка											
			ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%										
Верещада (левые)	49	70,8	37	75,5	44,1	62,3	11	22,4	22,3	31,5	1	2,0	4,4	6,2	2	1,8	27,7	12,1	1	0,9	23,9	105
Ширец	114	228	81	71,1	114	50,0	25	21,9	50,9	22,3	5	4,4	11,5	5,0	2	1,8	27,7	12,1	1	0,9	23,9	105
Зубра	55	98,4	44	80,0	52,3	53,1	10	18,2	12,6	22,8	1	1,8	33,5	34,0	1	1,8	27,7	12,1	1	0,9	23,9	105
Колодница	19	39,1	14	73,7	16,8	43,0	4	21,1	13,8	35,3	1	5,3	8,5	21,7	1	5,3	21,7	12,1	1	0,9	23,9	105
Береждовцы	12	35,4	9	75,0	20,7	58,5	2	16,7	10,7	30,2	1	8,3	4,0	11,3	2	1,5	17,1	5,1	1	0,7	18,6	5,6
Луг	136	332,1	108	79,4	167,6	50,5	21	15,4	75,8	22,8	4	2,9	53,0	16,0	2	0,9	17,7	6,8	1	0,4	11,2	1,7
Свириж	112	261,4	87	77,7	125,7	48,1	21	18,9	65,9	25,2	3	2,7	52,1	19,9	1	0,8	20,4	34,8	1	0,4	11,2	1,7
Гнилая Липа	257	656,8	197	76,7	310,4	47,3	48	18,7	186,3	28,4	9	3,5	86,8	13,2	2	0,8	20,4	34,8	1	0,4	11,2	1,7
Быбка	32	58,7	23	71,9	22,0	37,5	6	18,8	13,7	23,3	2	6,3	2,6	4,4	1	3,1	20,4	34,8	1	0,4	11,2	1,7
Вороница	7	24,7	6	85,7	13,8	55,9	1	14,3	10,9	44,1	1	12,5	2,0	16,7	1	10,0	83,6	17,5	1	0,4	11,2	1,7
Тумир	8	12,0	5	62,5	4,2	35,0	2	25,0	5,8	48,3	1	12,5	2,0	16,7	1	10,0	83,6	17,5	1	0,4	11,2	1,7
Горожанка	8	31,3	8	87,5	11,2	35,8	1	12,5	20,1	64,2	4	3,8	54,1	11,4	1	10,0	83,6	17,5	1	0,4	11,2	1,7
Золотая Липа	104	476,4	83	79,8	236	49,5	16	15,4	102,7	21,6	4	3,8	54,1	11,4	1	10,0	83,6	17,5	1	0,4	11,2	1,7
Коропец	57	166,7	47	82,5	58,8	35,3	9	15,8	32,9	19,7	1	1,8	75,0	45,0	1	1,8	27,7	12,1	1	0,9	23,9	105
Барыш	29	68,0	24	82,8	30,6	45,0	4	13,8	22,3	32,8	1	3,4	15,1	22,2	1	3,4	15,1	22,2	1	3,4	15,1	22,2
Золотой Поток	4	16,5	3	75,0	9,4	57,0	1	25,0	7,1	43,0	7	3,1	52,7	8,8	3	1,3	58,8	9,8	1	0,4	11,2	1,7
Валова	3	6,3	2	66,7	4,2	66,7	1	33,3	2,1	33,3	3	3,3	12,0	8,6	1	1,1	18,8	13,4	1	0,2	121,9	8,3
Страпа	226	599,5	178	78,8	253,3	42,3	37	16,4	132,5	22,1	26	4,7	238,5	16,2	5	0,9	181,9	12,4	1	0,2	121,9	8,3
Дроговже	11	18,2	10	90,9	10,5	57,7	1	9,1	7,7	42,3	4	3,6	46,8	14,6	1	0,9	59,7	18,7	1	0,2	121,9	8,3
Торска	6	24,8	5	83,3	8,7	35,1	1	16,7	16,1	64,9	3	3,3	12,0	8,6	1	1,1	18,8	13,4	1	0,2	121,9	8,3
Джурин	92	140,2	72	78,3	83,5	59,6	16	17,4	25,9	18,5	3	3,3	12,0	8,6	1	1,1	18,8	13,4	1	0,2	121,9	8,3
Серет	559	1471,0	430	76,9	602,3	40,9	97	17,4	326,4	22,2	26	4,7	238,5	16,2	5	0,9	181,9	12,4	1	0,2	121,9	8,3
Ничлава	112	319,6	90	80,4	122,8	38,4	17	15,2	90,3	28,3	4	3,6	46,8	14,6	1	0,9	59,7	18,7	1	0,2	121,9	8,3
Дзвинья	16	34,1	13	81,3	17,6	51,6	2	12,5	10,8	31,7	1	1,1	11,1	8,4	2	1,0	85,2	15,2	1	0,2	121,9	8,3
Мельница	9	9,5	6	66,7	6,1	64,2	2	22,2	2,6	27,4	1	1,1	11,1	8,4	2	1,0	85,2	15,2	1	0,2	121,9	8,3
Збруч	206	561,8	156	75,7	276,4	49,2	39	18,9	142,7	25,4	9	4,4	57,5	10,2	2	1,0	85,2	15,2	1	0,2	121,9	8,3
(правые)	2242	5761,3	1736	77,4	2623	45,5	395	17,6	1410,9	24,5	85	3,8	816,6	14,2	21	1,0	633,0	11,0	5	0,2	277,8	4,8

Таблица 5
 Трансформация параметров структуры речных систем Западного Подолья за период с 1772 г. по 1955 г. под влиянием природных и антропогенных факторов

Речные системы	Трансформация количества и длины рек различных порядков в структуре речных систем																				
	Реки I порядка				Реки II порядка				Реки III порядка				Реки IV порядка				Реки V порядка				
	Измененные количества рек в речной системе		Изменение протяженности рек в речной системе		l		n		l		n		l		n		l		n		
	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	
Верещица (лече)	-15	-44,1	5,7	7,5	-12	-48,0	4,2	8,7	-3	-37,5	-0,4	-1,8	1,9	30,2	1,9	30,2	1,9	30,2	1,9	30,2	1,9
Ширец	69	37,7	20,1	8,1	55	40,4	0,1	0,01	9	26,5	-9,2	-22,1	5	50,0	26,6	69,8	5	50,0	26,6	69,8	5
Зубра	7	11,3	17,7	15,2	2	4,3	-10,5	-24,8	3	23,1	12,5	49,8	1	50,0	2,7	7,5	1	100	2,7	7,5	1
Колодница	7	26,9	7,2	15,6	5	26,3	4,2	20,0	2	33,3	-6,6	-91,7	2	53,0	9,6	53,0	2	53,0	9,6	53,0	2
Берездовцы	18	60,0	18,1	33,8	12	57,1	12,4	37,5	4	66,7	3,6	25,2	1	50,0	0,2	4,8	1	100	0,2	4,8	1
Луг	131	49,1	105,0	24,2	96	47,1	35,9	17,6	28	57,1	22,8	23,1	6	60,0	5,5	9,4	1	33,3	31,1	64,5	10,6
Свирж	30	21,1	8,1	3,0	19	17,9	-15,4	-14,0	7	25,0	21,5	24,6	4	57,1	-20,8	-66,5	4	57,1	21,5	24,6	4
Гнзля	145	36,1	49,3	7,0	104	34,6	8,6	2,7	28	36,8	7,3	3,8	9	50	-7,6	-9,6	4	66,7	-22,7	-57,6	63,7
Липа	4	11,1	11,5	16,4	6	20,7	8,3	27,4	5	83,3	-4,6	-73,0	2	100	20,2	88,6	-1	-100	-20,4	-100	10,6
Быбелка	30	81,1	18,7	43,1	22	78,6	5,3	27,7	5	83,3	-4,6	-73,0	2	100	11,2	100	1	100	6,8	100	63,7
Вороница	20	71,4	18,3	60,4	17	77,3	12,1	74,2	3	60,0	2,1	26,6	4,1	67,2	4,1	67,2	1	100	14,9	100	2,3
Тумир	17	68,0	25,5	45,0	14	66,7	12,3	52,3	2	66,7	-1,7	-9,2	1	100	14,9	100	1	100	2,3	2,7	100
Горожанка	196	65,3	212,0	30,8	142	63,1	55,0	18,9	44	73,3	52,5	33,8	7	63,6	16,6	23,5	2	66,7	2,3	2,7	100
Золотая Липа	76	57,1	113,8	40,6	51	52,0	68,5	53,8	20	69,0	37,5	53,3	4	80,0	-61,3	-44,2	1	100	69,0	100	85,6
Коропец	8	21,6	6,8	9,1	6	20,0	0,9	2,9	2	33,3	6,8	23,4	1	100	-0,9	-6,3	1	100	69,0	100	85,6
Барыш	32	88,9	28,7	63,5	27	90,0	14,9	61,3	4	80,0	1,0	12,3	1	100	12,8	100	1	100	69,0	100	85,6
Золотой Поток	3	50,0	0,9	12,5	3	60,0	-1,5	-55,6	3	60,0	2,4	53,3	3	60,0	2,4	53,3	3	60,0	2,4	53,3	3

Таблица 5 (окончание)

Речные системы	Трансформация количества и длины рек различных порядков в структуре речных систем																																					
	Измененные количества рек в речной системе					Изменение протяженности рек в речной системе					Реки I порядка				Реки II порядка				Реки III порядка				Реки IV порядка				Реки V порядка											
	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%	ед.	%	км	%						
																																	n	l	n	l	n	l
Стрыпа	97	30,0	175,8	22,7	63	26,1	58,6	18,8	28	43,1	77,8	37,0	5	41,7	52,4	49,9	1	25,0	-43,1	-274,5	30,1	22,8																
Дроговиже	5	31,3	4,3	19,1	5	33,1	4,2	28,6			0,1	1,3																										
Торский	7	53,8	-4,5	-22,2	4	44,4	-2,4	-38,1	2	66,7	-10,1	-165,6	1	100	7,9	100			4,2	18,3																		
Джурин	-19	-26,0	9,9	6,6	-14	-24,1	-16,3	-24,3	-4	-33,3	3,8	12,8	-1	-50,0	18,2	60,3			-50,4	-38,3																		
Серет	9	1,6	100,6	6,4	-12	-0,5	35,9	5,6	13	11,8	42,7	11,6			26,5	10,0	-2	50,0	-1,3	-2,2																		
Ничлава	-1	-0,009	13,8	4,1	-6	-7,1	4,7	3,7	2	10,5	13,9	13,3	1	20,0	-12,6	-36,8	1																					
Давиняч	6	27,3	0,2	0,6	6	31,6	2,5	12,4			-2,7	-33,3			0,4	6,6																						
Мельница	1	10,0	2,0	17,4	1	14,3	1,1	15,3			0,5	16,1			0,4	33,3																						
Збруч (правые)	55	21,1	100,6	15,2	40	20,4	26,0	8,6	13	25,0	76,4	34,3	1	10,0	-3,2	-5,9			-2,1	-2,5																		
Всего	938	29,5	1071,4	15,7	666	27,7	330,1	10,7	22	34,9	353,4	20,0	47	35,6	125,8	13,3	10	32,3	15,6	2,4																		
% от общего количества трансформированных рек			29,5			71,0				22,6				5,0				1,1																				

по формальным признакам, способу отображения на топографических картах ничем не отличаются от рек; превращением временных водотоков (балочных) в постоянные вследствие дренирования ими горизонтов подземных вод или постоянного сброса стоков (от предприятий, карьеров и других объектов) к реке.

Коэффициент трансформации общего количества рек в среднем составил 29,5% при колебании по отдельным бассейнам от —30,6 до 88,9%. Из общего количества прекративших свое существование рек на водотоки I порядка приходится 71%, II порядка — 22,6 и III порядка — 5,0%. Остальные 1,3% пришлось на реки IV—V порядка. Эти данные свидетельствуют о деградации под воздействием антропогенных и естественных факторов в первую очередь сильно уязвимых верхних звеньев гидросети — рек I—II порядков.

Суммарная длина рек за исследуемый период сократилась на 1071,4 км, или 15,7%. По отдельным бассейнам этот показатель колеблется от 0,6 (р. Дзвиняч) до 63,5% (р. Золотой Поток).

В зависимости от ранга речной системы и порядка водотоков в ее составе масштабы трансформации сильно различаются. Так, изменениям (сокращению количества водотоков определенного порядка и уменьшению их длины, снижению, а в редких случаях и увеличению порядка) подверглись в среднем 27,7% (от —32,4 до 90% в отдельных бассейнах) рек I порядка, что в среднем составляет 10,7% (от —35,7 до 74,2%) общей их длины, 34,9% (от —27,3 до 83,3%) рек II порядка (в среднем 20% их суммарной длины). Довольно большие изменения произошли и в реках III—V порядков (табл. 5), причем здесь на первое место вышел не процесс отмирания водотоков, а смена порядка речной системы и обусловленные ею следствия — изменение количества, длины, водности, транспортирующей способности и других свойств, в совокупности ухудшающих экологическую обстановку в бассейнах и руслах исследуемых рек.

В некоторых бассейнах (реки Верещица, Свирж, Зубра, Торский, Джурич, Ничлава и др.) основную роль в трансформации структуры речных системы сыграли отмирание коротких рек I порядка и обусловленное им понижение порядка последующих рек. В этом случае при сокращении количества рек I порядка суммарная их протяженность увеличилась на 2,5—16,3%. Такое же явление характерно и для рек более высоких порядков. Основная причина произошедших изменений в структуре речных систем — смена направленности эрозионно-аккумулятивных процессов — усиление эрозии на водосборе и аккумуляции в верхних звеньях русловой сети. Побочное явление этих процессов — усиление эвтрофикации, ухудшение экологического состояния малых рек и дальнейшая их деградация.

3. Тенденции трансформации структуры речных систем. Суммарные изменения речных систем за исследуемый период не дают представления о направленности и изменении интенсивности этого процесса от одного временного этапа к следующему. С целью получения такой информации проанализированы изменения в структуре трех типичных для Западного Подолья рек — Луг, Гнилая Липа и Золотая Липа (табл. 6) за четыре временных среза: 1772—1855, 1855—1925, 1925—1955 и 1772—1955 гг.

Анализ коэффициентов трансформации суммарного количества и протяженности рек в речных системах по указанным периодам свидетельствует о нарастании темпа отмирания водотоков, сокращения протяженности рек с приближением к современности. Если на первом этапе коэффициент трансформации длины рек не превышал 1,1—1,8%, то уже на втором этапе он достиг 5,5—14,9%. На третьем этапе изменения приобрели более дифференцированный в пространстве характер. Наибольшие изменения подверглись речные системы рек Луг и Золотая Липа (сокращение на 11,7—17,8% длины речных систем), несколько меньшим — Гнилая Липа. Суммарное же сокращение протяженности исследованных речных систем составило 7,0—30,8%. Еще масштабнее выражены изменения в отношении количества рек в речных системах. Так, за первый период исчезло 2,0—3,7% общего количества рек в речных системах, за второй —

Степень трансформации параметров структуры речных систем Западного Подолья (1772—1955 гг.) и тенденции ее изменения

Река	Пе-ри-од	Трансформация количества и длины рек разных порядков в речных системах																													
		Коэффициенты сум-марной трансформации						Реки I порядка				Реки II порядка				Реки III порядка				Реки IV порядка				Реки V порядка							
		длины рек		п		%		п		л		п		л		п		л		п		л		п		л		п		л	
		км	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%		
Луг	1*	-8,1	-8,1	10	3,7	7	3,4	-1,2	-0,6	3	6,1	-1,0	-1,0	0	0	-0,4	-0,7	0	0	1,4	2,9	0	0	1,4	2,9	0	0	1,1	3,8		
	2	62,1	14,2	58	22,6	45	22,8	32,7	16,0	10	21,7	-3,0	-2,9	2	20,0	0,3	0,5	1	33,3	19,3	41,2	0	0	33,3	19,3	0	0	12,8	45,6		
	3	43,9	11,7	63	31,6	44	28,9	4,4	2,6	15	41,7	26,8	26,1	4	50,0	5,6	9,6	0	0	10,4	37,8	0	0	10,4	37,8	0	0	-3,3	-17,7		
	4	97,9	22,8	131	49,1	96	47,1	35,9	17,6	28	57,1	22,8	23,1	6	60,0	5,5	9,4	1	33,3	31,1	64,5	0	0	33,3	31,1	0	0	10,6	36,3		
Гнилая Ли-па	1	11,9	1,7	11	2,7	9	3,0	8,9	2,8	1	1,3	8,1	4,2	1	5,6	-2,8	-3,4	0	0	-0,8	-2,0	0	0	-0,8	-2,0	0	0	-1,5	-2,0		
	2	37,9	5,5	57	14,6	31	10,6	-25,5	-7,6	18	24,0	75,8	40,9	4	23,5	-4,4	-5,1	4	66,7	-75,2	-65,3	0	0	66,7	-75,2	0	0	67,2	88,0		
	3	-0,5	-0,1	77	23,1	64	24,5	25,2	7,5	9	15,8	-76,6	-41,1	4	30,8	-0,4	-0,5	0	0	53,3	46,2	0	0	53,3	46,2	0	0	-2,0	-17,9		
	4	49,3	7,0	145	36,1	104	34,6	8,6	2,7	28	36,8	7,3	3,8	9	50,0	-7,6	-8,8	4	66,7	-22,7	-36,6	0	0	66,7	-22,7	0	0	63,7	85,0		
Золотая Ли-па	1	7,3	1,1	6	2,0	4	1,8	6,0	2,1	2	3,3	3,3	2,1	0	0	-0,9	-1,3	0	0	-0,5	-0,6	0	0	-0,5	-0,6	0	0	-0,6	-0,7		
	2	101,8	14,9	57	19,4	47	21,3	68,1	24,0	11	19,0	4,9	3,2	-1	-8,3	-14,7	-17,0	0	0	39,3	45,5	0	0	39,3	45,5	0	0	4,2	4,9		
	3	102,9	17,8	133	56,1	91	52,3	-19,1	-8,1	31	66,0	44,3	30,1	8	61,5	32,2	37,3	2	66,7	-36,5	-43,7	1	100	66,7	-36,5	1	100	82,0	100		
	4	212	30,8	196	65,3	142	63,1	55,0	18,9	44	73,7	52,5	33,8	7	63,6	16,6	23,5	2	66,7	2,3	2,7	1	100	66,7	2,3	2,7	1	100	85,6	100	

Примечания. Цифры 1*, 2, 3, 4 соответствуют временным интервалам 1772—1855, 1855—1925, 1925—1955, 1772—1955 гг. I—V порядок реки, испытывавшей изменение состояния; п — количество рек, прекративших свое существование или появившихся (реки I порядка), сменивших свой порядок (единицы и % от общего количества рек этого порядка в речной системе); л — длина рек, прекративших свое существование или возникших вследствие мелиоративных работ за анализируемые периоды (км и % от длины рек предыдущего периода). Знак «←» обозначает увеличение количества и длины рек в следующем учетном периоде по сравнению с предыдущим, что обусловлено мелиоративными работами и созданием искусственной гидросети, переходом части водотоков высших порядков в ранг низших и увеличение длины последних и др.; отсутствие знака свидетельствует о сокращении количества или длины рек от предыдущего к последующему периоду. Коэффициенты трансформации количества и длины речных систем (суммарные и каждого порядка) рассчитывались по отношению к количеству и протяженности рек в начальный период (1772 г.).

14,6—22,6%, за третий — 23,1—56,1%, а за весь исследуемый интервал времени — 36,1—65,3%.

Наибольшим изменениям подверглись реки I—II порядков. Коэффициенты трансформации (в этом случае можно говорить о коэффициентах отмирания или деградации рек I порядка) количества рек I порядка по указанным периодам также нарастали: от 3,4; 22,8; 28,9; 47,1% (бассейн р. Луг) до 1,8; 21,3; 52,3 и 63,1% (бассейн р. Золотая Липа). В отношении длины рек I порядка картина сложнее: наряду с заметным сокращением протяженности рек от периода к периоду наблюдалась и обратная тенденция — некоторое увеличение протяженности рек I (и последующих) порядков, что обусловлено в значительной мере ограничениями классификационной схемы (рис. 1, б). Их сущность состоит в том, что при отмирании порядкоформирующих водотоков I порядка водотоки II порядка переходят в ранг I порядка, увеличивая при этом длину водотоков I порядка и их количество в речной системе. Так как раздельный учет исчезнувших и «вновь появившихся» водотоков весьма затруднителен, нами использован для оценки изменений в структуре речных систем коэффициент трансформации, позволяющий оценить масштабы совместного проявления процессов отмирания водотоков и смены ими порядка. Дополнительную информацию о направленности процесса трансформации речных систем несет также соответствующий знак «+» или «-» (табл. 6, примечания). На наш взгляд, в дальнейшем следует совершенствовать методику оценки масштабов и направленности трансформации параметров структуры речных систем именно в плане ликвидации неопределенности понятия «трансформация» и замены его двумя терминами — «отмирание водотоков» и «смена порядка».

Устранение некоторой неопределенности в оценке масштабов изменения состояния речных систем достигнуто при составлении разновременных карт густоты речной сети и суммарного ее изменения за исследуемый период.

4. Густота речной сети и масштабы ее изменения. Карты густоты речной сети составлены в масштабе 1:100 000, т. е. в том же, что и карты, по которым проводились исследования структуры речных систем. Они характеризуют густоту рек по состоянию на 1855, 1925 и 1955 гг. (рис. 2—4), а также суммарное изменение густоты речной сети (рис. 5). Показатели рассчитывались по сетке с ячейками 2×2 см [3, 6].

Густота речной сети Западного Подолья в 1855 г. колебалась от 0—0,25 до 1,0—1,5 км/км². Доминировали по площади ареалы с густотой 0,25—0,75 км/км² (рис. 2). На следующем временном срезе (рис. 3) густота рек заметно уменьшилась, вместо ареалов 0,75—1,0 появились ареалы 0,5—0,75, вместо ареалов 1,0—1,5 — 0,75—1,25 и т. д. Тенденция сокращения густоты речной сети сохранилась и к следующему периоду — 1955 г. (рис. 4). Однако, как и на предыдущем этапе, появились небольшие ареалы повышения показателей густоты речных систем, обусловленные созданием сети мелиоративных каналов, т. е. искусственных рек. Особенно заметен этот процесс в бассейнах рек с заболоченными поймами (реки Верещица, Щирец, Луг и др.).

В результате сравнительного анализа карт 1855 и 1955 гг. составлена карта суммарного изменения густоты речной сети за столетний период (рис. 5). Она характеризует как суммарные масштабы процессов деградации, отмирания малых рек, нашедших выражение в снижении густоты речной сети, так и процесс создания искусственных рек — мелиоративных каналов. Суммарное сокращение густоты речной сети колеблется в пределах 0—1,0 км/км², а ее увеличение — 0—0,5 км/км². Преобладают по площади изменения 0—0,25 и 0,25—0,5 км/км², что соответствует среднегодовому сокращению густоты в пределах 1,25—5,0 м/км² · год. Преимущество такой карты перед табличной информацией, приведенной в первой части статьи, в том, что она отображает пространственные, т. е. географические закономерности процессов деградации малых рек и создает четкое представление об интенсивности и суммарных масштабах этого явления.

Таким образом, большая продолжительность использования природных ре-

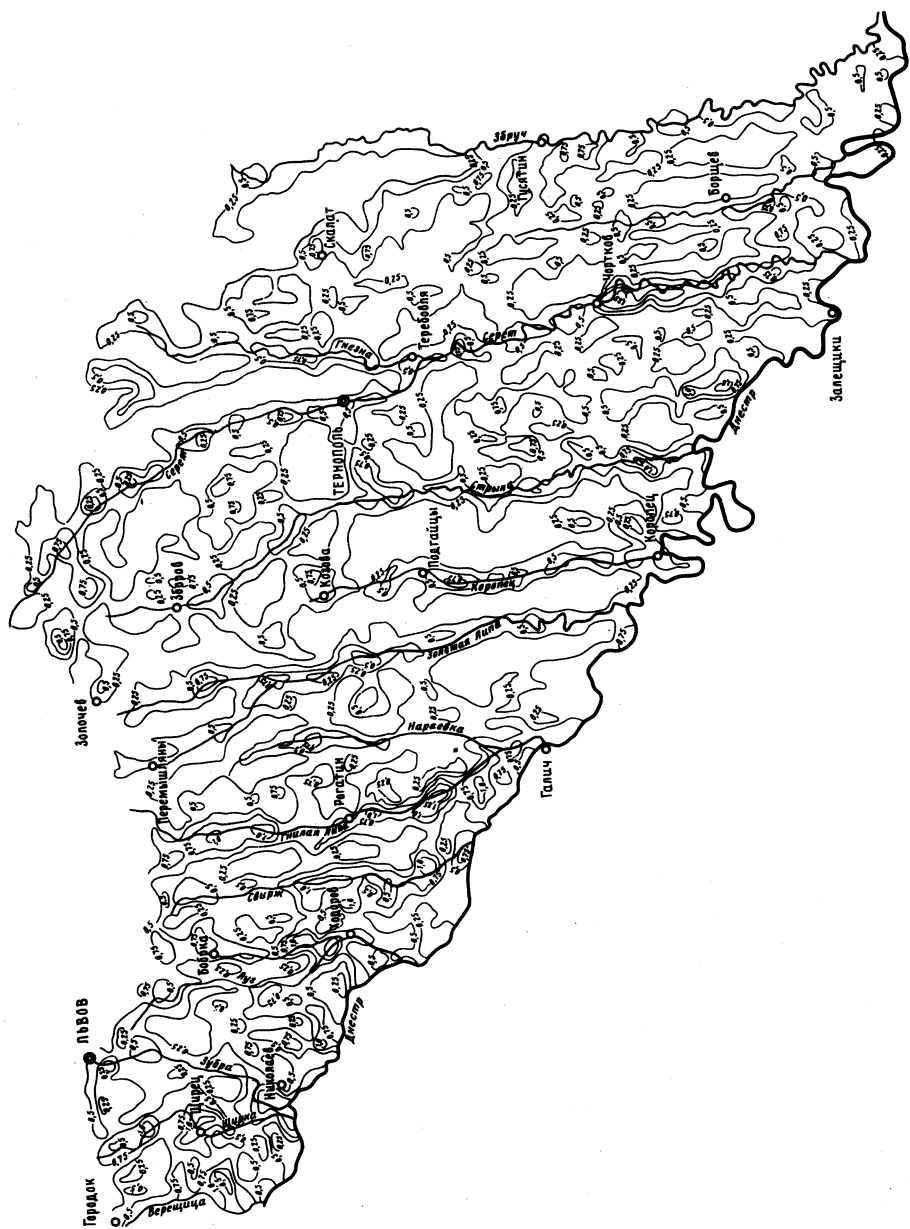


Рис. 4. Карта густоты речной сети (км/км²) Западного Подолья по состоянию на 1955 г. (Усл. обозначения см. рис. 2)

сурсов, резко возросшая в конце XIX середине XX вв., интенсивность их эксплуатации, высокая селебедная и сельскохозяйственная освоенность водосборных бассейнов, наличие промышленных объектов, флуктуации гидроклиматических показателей при низкой устойчивости малых рек к антропогенным воздействиям и повышенной уязвимости их верхних звеньев выступают основными причинами трансформации структуры и изменения экологического состояния речных систем Западного Подолья.

Изменению состояния малых рек способствовали такие особенности структуры речных систем, как резкое преобладание в них водотоков I—II порядков, небольшие длины рек I порядка, их глубина и водность. Масштабы неблагоприятных изменений речных систем чрезвычайно большие, так как в отдельных бассейнах прекратили существование от 4 до 90% рек I порядка, или от 1 до 63,5% суммарной протяженности рек. Сильнейшее влияние на деградацию малых рек и ухудшение их экологического состояния оказали интенсивное развитие эрозионных процессов на водосборах и в речных долинах, рост водозабора и сброса сточных вод, снижение транспортирующей способности водотоков и аккумуляция в них наносов. Массовое отмирание малых рек нашло отражение в изменении густоты речной сети. Пространственная изменчивость показателя суммарного изменения густоты рек за продолжительный период положена в основу районирования Западного Подолья по масштабам антропогенного преобразования речных систем.

Установленные закономерности развития и распространения процесса деградации речных систем Западного Подолья, его количественные параметры важны для составления кадастра малых рек, обоснования проектов их реконструкции, создания и поддержания в рабочем состоянии водоохранных зон, улучшения экологического состояния малых рек и оптимизации природопользования в их бассейнах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковальчук И. П., Штойко П. И. Речные системы Западного Подолья: методика выявления масштабов и причин многолетних изменений их структуры и экологического состояния//Геоморфология. 1989. № 4. С. 27—34.
2. Ковальчук И. П. Эколого-географический мониторинг малых рек как геоморфологических объектов (на примере бассейна Днестра)//География и природные ресурсы. 1990. № 3. С. 42—47.
3. Великопольская Л. С., Ковальчук И. П. Методические основы и результаты картометрических исследований многолетней динамики структуры речных систем (на примере Западного Подолья). Деп. УкрНИИНТИ, 10.10.1988. № 2575.
4. Малые реки//Вопросы географии. М.: Мысль, 1981. Вып. 118. 223 с.
5. Малые реки Центра Русской равнины, их использование и охрана. М.: МФГО СССР, 1988. 128 с.
6. Штойко П. И. Изучение и охрана малых рек (методические указания). Львов: Знание, 1989. 16 с. (на укр. яз.).

Львовский государственный университет

Поступила в редакцию
19.III.1991 г.

CHANGES IN DRAINAGE SYSTEMS OF THE WESTERN PODOLIAN REGION DURING 18TH TO 20TH CENTURIES

I. P. KOVALCHUK, P. I. SHTOIKO

Summary

Field studies and morphometric works provided data on the fluvial systems structure at four different times: 1772, 1885, 1925 and 1955. Changes in number and length of rivers of different order are assessed as well as the river network density. Transformation of fluvial systems parameters is estimated using coefficients which reveal trends in the drainage network changes due to silting and drying of individual streams, and changes in the streams order since 1772 to 1955; quantitative characteristics of the process have been obtained. Main causes of changes in the structure and ecological state of fluvial systems are suggested.