

УДК 556.16.047

Мельник С.В., к. техн. н.

Одесский национальный политехнический университет

Лобода Н.С., д. геогр.н.

Одесский государственный экологический университет

РАЙОНИРОВАНИЕ БАССЕЙНА ВЕРХНЕГО ДНЕСТРА ПО ХАРАКТЕРУ КОЛЕБАНИЙ ГОДОВОГО СТОКА НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

На основе кластерного анализа хронологических рядов годового стока выполнено районирование территории Верхнего Днестра (до г.Могилев Подольский) по характеру его колебаний. Выделено пять гидрологических районов, которые можно рассматривать, как детализацию предложенных ранее гидрологических и ландшафтно-гидрологических районов.

Ключевые слова: *Верхний Днестр, годовой сток, кластерный анализ, районирование.*

Речной сток характеризуется большой изменчивостью распределения, как по времени, так и в пространстве. Наблюдения за стоком не охватывают весь спектр особенностей гидрологического режима рек, а гидрологические посты распределены по территории неравномерно. Кроме этого, ряды наблюдений за стоком часто имеют короткий период, характеризуются значительными погрешностями измерений и наличием пропусков. Эти обстоятельства вызывают определенные трудности при разработке методов расчета и прогноза характеристик стока. Увеличение информации за счет совместного анализа по группам гидрологически однородных объектов дает возможность избежать многих случайных ошибок. В связи с этим районирование территории по характеристикам изменчивости речного стока имеет большое научное и практическое значение.

Классификация рек подразумевает их распределение по группам на основании выявленных наиболее существенных признаков, а районирование – приложение полученной классификации к конкретной территории, в пределах которой изучаемая величина подлежит осреднению. Это позволяет также определять требуемые характеристики слабоизученных гидрологических объектов, находящихся в выделенном районе. Для решения задач, связанных с оценкой пространственного распределения речного стока и его изменчивости, возникает необходимость разработки новых вариантов районирования. Особенно это важно для территории Верхнего Днестра, где климатические условия, рельеф и гидрогеология существенно различаются.

Вопросам классификации рек и гидрологическому районированию уделялось много внимания различными исследователями. Классическими считаются работы П.С.Кузина [1] по районированию территории всего Советского Союза. В основу этих работ были положены количественные показатели линейных зависимостей стока от факторов, его определяющих (площадь водосбора, уклон реки, озерность, заболоченность, залесенность, распаханность и др.). В этом случае были совмещены основные принципы районирования, изложенные в ландшафтной географии, а именно: генетический, комплексности, относительной однородности. Количественные показатели выполненного районирования позволили выделить участки, которые имели не только однородные естественные условия формирования стока, а и определенный тип взаимосвязей, характерный лишь для установленной территории.

Позднее П.С. Кузин и В.И. Бабкин [2] с целью исследования синхронности колебаний годового стока рассматривали нормированные разностные интегральные кривые для годового, меженного и половодного стока 200 опорных створов средних рек. Несмотря на разнообразие количественных показателей фаз водности были выделены районы со сходным характером циклических колебаний стока.

Непосредственно для территории Украины исследования по синхронности колебаний годового стока выполнялись в УкрНИГМИ [3]. В качестве критерия районирования использовался коэффициент асинхронности. Величина данного коэффициента определялась как отношение суммарного хронологического стока к суммарному равнообеспеченному стоку. Анализ коэффициентов асинхронности в пределах Украины показал, что лишь совместное рассмотрение Северского Донца, Днестра, Дуная и Южного Буга дает ощутимый эффект асинхронности, составляющий 10 %.

Еще одной схемой районирования, предложенной УкрНИГМИ, является районирование территории Украины по условиям формирования минимального стока. Всего в пределах страны выделено 26 районов, причем часть из них разделена на подрайоны. Границы районов и подрайонов отвечают водоразделам средних и малых рек. При проведении районирования исходили из подобия гидрогеологических условий и глубины вреза речных долин в земную поверхность относительно водоносных горизонтов.

Районирование территории Украины по синхронности колебаний годового стока на основе методов многомерного статистического анализа проводилось также в Одесском государственном экологическом университете [4]. Применяя Q-модификацию факторного анализа и метод главных компонент для анализа структуры корреляционных матриц, автор выделил три района с синхронными колебаниями годового стока. К первому отнесены водосборы рек Карпат, бассейны рр. Западный Буг, Днестр, Припять, верховье Южного Буга (до впадения притока - р. Ров) и правобережные притоки р. Днепр до впадения р. Рось. Ко второму району отнесены: среднее и нижнее течение р. Южный Буг, реки Причерноморья, бассейн р. Днепр, кроме указанной выше части, бассейн Северского Донца, водосборы рек Приазовья и степной части Крыма. Территория Горного Крыма выделена автором в отдельную область в связи с особенностями климатических условий формирования стока и влиянием подстилающей поверхности. Районы делятся на подрайоны, правомерность которых подтверждается более высокими (по отношению ко всему району) значениями осредненных коэффициентов корреляции [4].

Особое место в гидрологии сейчас приобретает ландшафтно-гидрологическое районирование. Структура и иерархия таких систем была разработана учеными Сибирского отделения института географии РАН [5], и для территории Украины разрабатывалась А.М. Мариничем, П.Г. Шищенко [6], что нашло свое дальнейшее развитие в работах В.В. Гребня [7]. В соответствии с этой работой на территории Украины выделено 6 ландшафтно-гидрологических зон: зона достаточного увлажнения смешанных лесов, зона достаточного увлажнения широколиственных лесов, лесостепная зона недостаточного увлажнения, степная засушливая зона, Карпатская и Крымская горные зоны. Ландшафтно-гидрологические зоны делятся на 12 провинций, а те, в свою очередь, на районы. Деление на зоны, провинции и районы выполнялось с учетом условий увлажнения территории и морфометрических показателей водосбора. В соответствии с [7] рассматриваемая территория верхнего и среднего Днестра делится на три района: Днестровско-Прутскую ландшафтно-гидрологическую провинцию, район Ростоцко-Опольской возвышенности и район

Подольско-Приднепровской возвышенности. Это деление можно считать наиболее детальным для рассматриваемой территории на данный момент времени.

С другой стороны, изучаемая территория имеет и другие географические классификации. Так, в соответствии с агроклиматическим районированием она относится к горным районам Украинских Карпат (правые притоки Днестра) и Западной лесостепи [8]. По запасам подземных вод бассейны рек Верхнего Днестра также различаются. Максимальные запасы подземных вод в северо-западной части Прикарпатья составляют около 80 тыс. м³/км², в юго-восточной части Прикарпатья эти запасы снижаются до 10-20 тыс. м³/км². Территория средней Подолии характеризуется запасами подземных вод около 50 тыс. м³/км², территория нижней Подолии - 30 тыс. м³/км². Кроме того, рассматриваемая территория сильно отличается по увлажнению, годовые суммы осадков изменяются от 900 мм на северо-западе до 600 мм на юго-востоке. Одна из главных проблем классификации – наличие карстовых участков. В соответствии со схемой, приведенной в книге “Ресурсы поверхностных вод СССР” [9] исследуемая территория состоит из 5 карстовых районов: пластово-линзовые каменные и калийные соли; гипсы верхнего тортона, подгипсовые известняки, местами литотамниевые и ратинские известняки; изредка гипсы верхнего тортона; органогенные неслоистые известняки.

Большинство работ связанных с гидрологическим районированием осуществлялись по разностным интегральным кривым для крупных рек [1, 2, 3, 5, 6, 8]. Районирование по синхронности стока проводилось на основе факторного анализа [4] с использованием данных до 1986 г. За последние годы произошли существенные климатические изменения [10] и определенные изменения ландшафта [11], что не нашло своего отражения в схемах районирования. Неоднородный ландшафт верхней части Днестра, большая насыщенность территории водотоками и высокая вероятность опасных паводков обусловила проведение детального районирования с использованием методов многомерного статистического анализа.

Задачей данной работы является проведение гидрологического районирования, основанного на анализе распределения речного стока путем формализации показателей его изменчивости и группирования временных рядов наблюдений среднегодовых расходов воды с помощью кластерного анализа.

Объект настоящего исследования – годовой сток рек Верхнего Днестра. Исследуемая территория ограничена р. Марковка, которая впадает в Днестр с левого берега на территории Винницкой области.

Предмет исследования – классификация рек выбранного участка бассейна Днестра по характеру колебаний годового стока.

Днестр относится к числу тех рек, сток которых изучен достаточно хорошо. Регулярные наблюдения за уровнем реки начались еще в 1850 году. В разное время непосредственно на р. Днестр функционировало около 30 постов наблюдений. Общее их количество в бассейне достигало ста. Некоторые данные отсутствуют (40 е годы прошлого столетия, относящиеся к периоду военных действий и восстановительных работ). Непрерывные ряды наблюдений по многим постам бассейна начинаются с 1950 г. В настоящее время на рассматриваемом участке существует 54 поста. На некоторых наблюдения начались только в 60-е годы: Стрый-Завадовка (с 1962), Стрыпа-Бучач (с 1964), Лядова-Жеребиловка (с 1964), Збруч-Завалье (с 1972 г.) и др. Выбранные для анализа ряды наблюдений имеют продолжительность 42 года (1964-2006 гг.).

В настоящее время кластерный анализ находит все более широкое применение при гидрологическом районировании территории. Так, он с успехом использовался для гидрологического районирования Каспийского бассейна [14] и ландшафтно-гидрологического районирования территории Украины [12].

Кластерный анализ (англ. Data clustering) позволяет решать задачу разбиения заданной выборки объектов на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

Наиболее часто выявления кластерной структуры производится в следующих целях: для упрощения дальнейшей обработки данных (к каждому кластеру можно применять свой метод анализа); для сжатия данных (если исходная выборка избыточно большая, то можно сократить её, оставив по одному наиболее типичному представителю от каждого кластера); для обнаружения новизны (выделяются нетипичные объекты, которые не удаётся присоединить ни к одному из кластеров).

Чаще всего используют два алгоритма кластеризации. Первый – обобщенная алгомеративная процедура или древовидная кластеризация. Этот метод используется при небольшом количестве исходных данных. На первом шаге каждый объект считается отдельным кластером. На следующем шаге объединяются два ближайших объекта, которые образуют новый класс, определяются расстояния от этого класса до всех остальных объектов, и размерность матрицы расстояний D сокращается на единицу. На p -ом шаге повторяется та же процедура на матрице $D_{(n-p)(n-p)}$, пока все объекты не объединятся в один класс (n – количество объектов в матрице).

При формировании кластеров используется мера “несходства” или расстояния между объектами. Эти расстояния могут определяться в одномерном или многомерном пространстве. Наиболее прямой путь определения расстояний между объектами в многомерном пространстве состоит в вычислении евклидовых расстояний следующим образом: $d = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - x_j)^2}$, где x_i, x_j измерения i -го и j -го объекта, m – количество

измерений i -го и j -го объекта. Существует и другие методы определения расстояний: квадрат евклидового расстояния, “расстояние городских кварталов”, расстояние Чебышева и др.

На первом шаге, когда каждый объект представляет собой отдельный кластер, расстояния между этими объектами определяются выбранной мерой. Однако, когда связываются вместе несколько объектов в один кластер, то необходимо принять правило связи. Чаще всего используется “правило ближайшего соседа” когда расстояние между кластерами рассчитывается по расстоянию между двумя ближайшими объектами, принадлежащими к разным кластерам. Другое название этого способа – метод одиночной связи. Как альтернативу иногда используют “соседей” в кластерах, которые находятся дальше всех остальных пар объектов. Этот метод называется методом полной связи. Существуют также другие методы объединения кластеров: метод невзвешенного попарного арифметического среднего, метод взвешенного попарного арифметического среднего, метод невзвешенного попарного центроидного усреднения и др. [15].

Наряду с иерархическими методами классификации, существует многочисленная группа так называемых итеративных методов кластерного анализа (метод k - средних). Их сущность заключается в том, что процесс классификации начинается с задания некоторых начальных условий (количество образуемых кластеров, порог завершения процесса классификации и т.д.). Метод k - средних используется для обработки больших статистических совокупностей.

Математическое описание алгоритма метода k - средних. Пусть имеется n наблюдений, каждое из которых характеризуется m признаками X_1, X_2, \dots, X_m . Эти наблюдения необходимо разбить на k кластеров. Для начала из n точек

исследуемой совокупности отбираются случайным образом k объектов. Эти объекты принимаются за эталоны. Каждому эталону присваивается порядковый номер, который одновременно является и номером кластера. На первом шаге из оставшихся $(n - k)$ - объектов извлекается точка X_i с координатами $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$ и проверяется, к какому из центров она находится ближе всего. Для этого используется одна из метрик, например, евклидово расстояние. Проверяемый объект присоединяется к тому центру, которому соответствует минимальное из расстояний. Центр заменяется новым, пересчитанным с учетом присоединенной точки, и вес его (количество объектов, входящих в данный кластер) увеличивается на единицу. На следующем шаге выбираем точку X_{i+1} и для нее повторяются все процедуры. Таким образом, через $(n - k)$ шагов все точки (объекты) совокупности окажутся отнесенными к одному из k кластеров, но на этом процесс разбиения не заканчивается. Для того чтобы добиться устойчивости разбиения по тому же правилу, все точки X_1, X_2, \dots, X_n опять подсоединяются к полученным кластерам, при этом веса продолжают накапливаться. Новое разбиение сравнивается с предыдущим. Если они совпадают, то работа алгоритма завершается. В противном случае цикл повторяется. В конечном итоге каждая точка X_i будет относиться к такому кластеру, для которого расстояние от центра минимально. Итеративный алгоритм минимизирует дисперсию внутри каждого кластера, хотя в явном виде такой критерий оптимизации не используется.

Третий способ кластерного анализа – двухходовое объединение в качестве конечного результата выдает переупорядоченную матрицу данных, отображаемую в виде карты линий уровня. На графике по горизонтали откладываются участвующие в классификации переменные, а по вертикали - наблюдения. Цвета ячеек, находящихся на пересечении, указывают на принадлежность элементов матрицы к определенному кластеру. Такая сложная интерпретация результатов делает процедуру двухходового объединения не столь привлекательной, особенно при большом количестве переменных.

Расходы воды на рассматриваемых постах отличаются на несколько порядков, поэтому к матрице исходных величин была применена процедура нормализации $X_i^N = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$, где x_i – текущее значение величины, \bar{x} - среднее значение, σ - среднее квадратическое (стандартное) отклонение величины.

Применение древовидной кластеризации к матрице нормализованных среднегодовых расходов гидрологических постов верхнего и среднего Днестра с использованием евклидова расстояния и объединения методом одиночной связи дает диаграмму, представленную на рис. 1.

С помощью древовидной диаграммы можно наглядно проследить процесс объединения и делать предварительные выводы. Например, ранее всего происходит объединение двух рядов наблюдений на р. Днестр – в створах Залещики и Галич (рис.1), что является логичным и свидетельствует о правильной подготовке исходных данных и верном алгоритме работы. Объединение рядов р.Головчанка-с.Тухля и р.Мукша-с.Малая Слободка происходит на последнем шаге, т.е. эти ряды существенно отличаются от всех остальных. При выделении конкретных кластеров использование древовидной диаграммы при большом количестве переменных является малоэффективным.

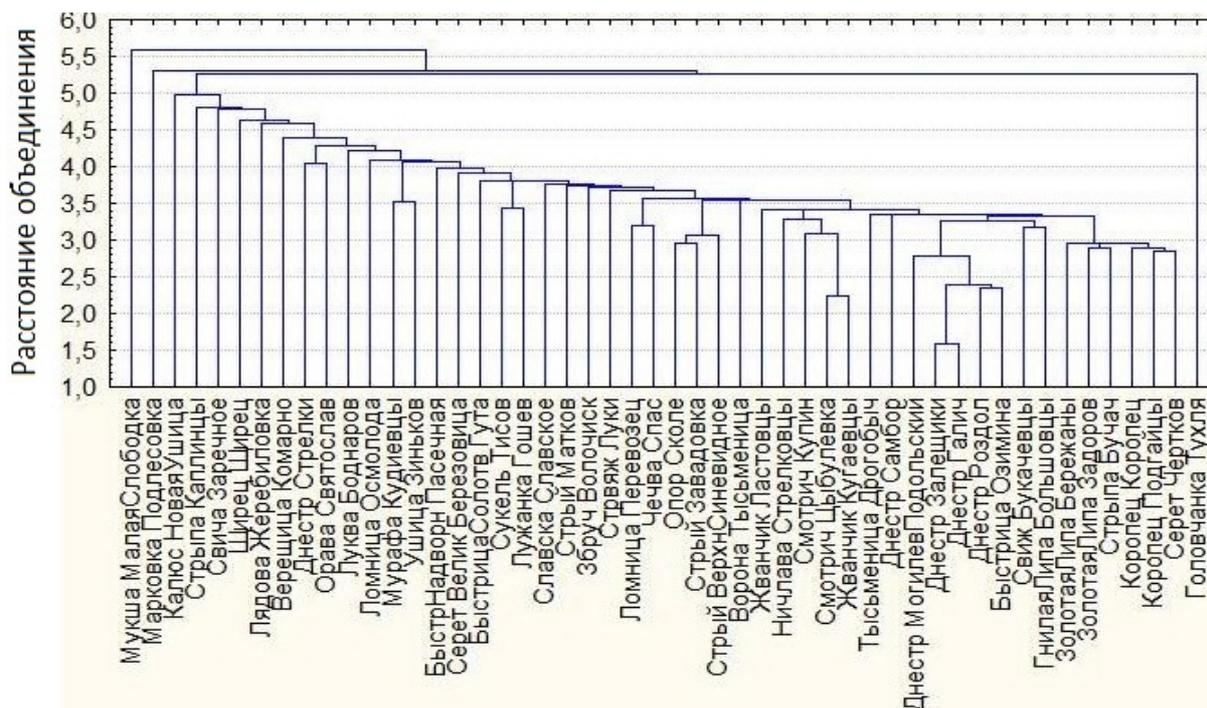


Рис. 1– Дендрограмма притоков верхнего и среднего Днестра.

Использование метода k – средних гарантировано позволяет разбить все посты наблюдений на классы (кластеры). Одной из важных задач исследователя при использовании этого способа является указание количества кластеров, на которые нужно разделять исследуемые переменные. Предложено выделить 5 кластеров в соответствии с количеством карстовых районов обозначенных в [9] на исследуемой территории.

Метод k – средних предполагает задание процедуры выбора начальных центров кластера. Выберем способ максимизации расстояний между кластерами. В этом случае на первом этапе выбираются первые k (в соответствии с количеством кластеров) наблюдений, которые служат центрами кластеров. Последующие наблюдения заменяют ранее выбранные центры в том случае, если наименьшее расстояние до любого из них больше, чем наименьшее расстояние между кластерами. В результате этой процедуры расстояние между кластерами максимизируются.

Первая попытка провести кластеризацию дает выделение рядов наблюдений р.Головчанка-с.Тухля и р. Мукша-с.Малая Слободка в отдельный кластер (хотя они расположены в разных географических зонах) с большим расстоянием от других кластеров. Особенности этих рядов будут являться предметом дальнейших исследований, а в данной работе они были исключены из рассмотрения.

Применение метода k – средних, с заданным конечным количеством кластеров, к матрице нормализованных среднегодовых расходов позволяет получить разбиение, представленное в табл. 1. Различные изменения в расчетах (количество постов, длина ряда наблюдений, способ расчета расстояний и т.д.) оказывают влияние на результаты районирования, но общий характер распределения сохраняется.

Таблица 1 – Разбиение на кластеры постов наблюдений и их основные характеристики

Река-пост	S , км ²	H , м	I , ‰	Река-пост	S , км ²	H , м	I , ‰
Верхнеднестровский				Ростоцко-Опольский			
Стрвяж -Луки	910	400	4	Свиж-Букачевцы	465	310	1,7
Верещица-Комарно	812	310	1,1	Гнилая Липа- Большовцы	848	320	1,5
Щирец-Щирец	307	300	2,2	Золотая Липа - Бережаны	690	360	2
Днестр-Самбор	850	570	6,5	Золотая Липа- Задоров	1390	360	1,4
Днестр-Роздол	5700	400	3,2	Коропец -Подгайцы	227	380	2
Прикарпатский				Среднеподольский			
Тысьменица- Дрогобыч	250	390	20,9	Коропец -Коропец	476	370	2,4
Славска-Славское	76,3	860	38,1	Стрыпа-Каплинцы	411	370	1,5
Опор-Сколе	733	820	13,8	Стрыпа-Бучач	1270	360	1
Орава-Святослав	204	860	15,2	Серет-Великая Березовица	939	360	1
Стрый-Матков	106	860	15,3	Серет-Чертков	3170	350	0,9
Стрый-Завадовка	840	800	6	Среднеподольский			
Стрый- Верхнее Синевидное	2400	760	4,7	Збруч-Волочиск	712	320	1,1
Сукель-Тисов	138	770	26	Жванчик-Кугаевцы	229	320	2,3
Лужанка-Гошев	146	660	26,7	Жванчик-Ластовцы	703	208	2
Свича-Заречное	1280	730	10,2	Смотрич-Купин	799	310	1,6
Чечва-Спас	269	820	12,6	Смотрич-Цыбулевка	1790	300	1,3
Ломница -Осмолода	203	1200	23,7	Ничлава- Стрелковцы	584	300	2,3
Ломница-Перевозец	1490	760	10,6	Восточноподольский			
Луква-Боднарв	185	480	8,4	Ушица-Зиньков	525	300	2,8
Быстрица Солотвинская-Гута	112	1100	44,6	Калюс-НоваяУшица	259	280	4
Быстрица Надворнянская- Пасечная	482	1000	19,5	Лядова- Жеребиловка	652	280	2,5
Ворона-Тысьменица	657	330	4,6	Мурафа-Кудиевцы	70	330	4,7
Днестр-Стрелки	384	620	10,1	Марковка- Подлесовка	615	240	3,8
Днестр-Галич	14700						
Днестр-Залещики	24600						
Днестр-Могилев- Подольский	43000						

S – площадь водосбора, H – средняя высота водосбора, I – средний уклон реки.

Верхние притоки Днестра, как правые, так и левые образуют кластер, который объединяет северо-западные районы (Ростоцко-Опольской и Прикарпатской возвышенностей), и он получил название “Верхнеднестровского”. Для обозначения остальных кластеров воспользуемся общепринятым физико-географическим районированием рассматриваемой территории [13].

Как видно из табл. 1, в большинство кластеров входят малые и средние реки (по площади водосбора – S) и лишь Восточноподольский состоит из малых рек. Самые существенные различия в стоке рек существуют между горными реками ($H > 500$ м и $I > 10$ ‰) Прикарпатского кластера и другими реками рассматриваемой территории (рис.2).

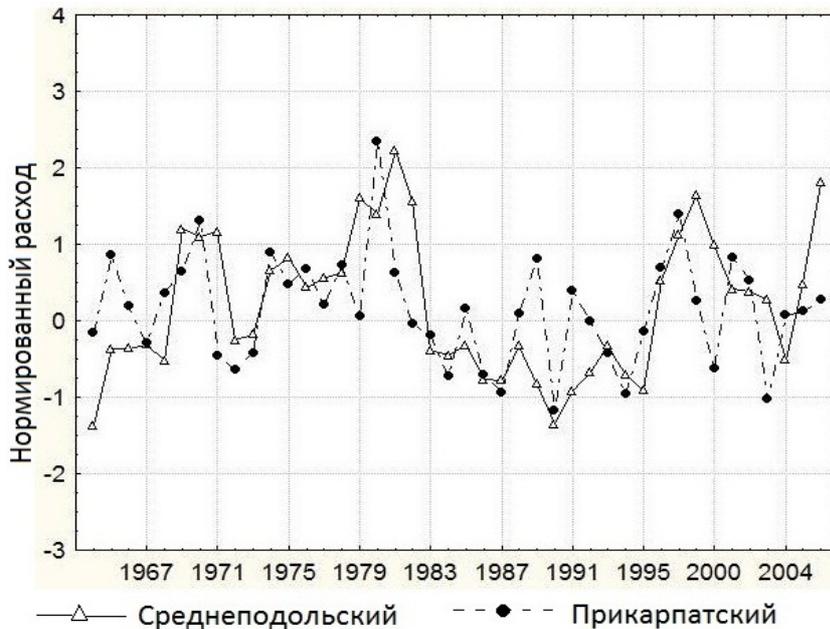


Рис. 2 – Хронологический ход нормированных значений годового стока для разных кластеров.

На рис. 3 показаны районы, выделенные по результатам кластерного анализа. Представленное районирование отражает пространственное распределение годовых сумм осадков [13], что подтверждает его достоверность. Коэффициент вариации годового стока среди рек Прикарпатского кластера изменяется незначительно от 0,25 до 0,3.

Для Верхнеднестровского кластера характерны значения коэффициента вариации, изменяющиеся

в пределах 0,35-0,4; для Ростоцко-Опольского кластера изменчивость годового стока равна в среднем и для Среднеподольского - 0,4. Восточноподольский кластер характеризуется значительным различием коэффициентов вариации (от 0,25 для водосбора р. Калюс-с. Новая Ушица до 0,6 для водосбора р. Мурафа-с. Кудиевцы). При одинаковых значениях коэффициентов вариации в Прикарпатском и Ростоцко-Опольском кластерах средние значения коэффициентов асимметрии в них существенно различаются: 0,5 и 0,9, соответственно.

Принадлежность постов, расположенных непосредственно на р. Днестр, к Прикарпатскому кластеру означает, что сток р. Днестр формируется, в основном, за счет притока горных рек.

Особенность предлагаемого в настоящей работе районирования состоит в том, что разделение территории на районы базируется на анализе колебаний годового стока не только крупных, а практически всех рек верхнего Днестра, на которых имеются наблюдения, что дает более детализированную картину. Кроме того, использование в данном районировании данных за последние годы позволяет учесть изменения климата и ландшафта произошедшие в бассейне.

Выводы. В результате применения кластерного анализа к рядам годового стока в пределах Верхнего Днестра выделено 5 районов с общими особенностями колебаний.

Внешние границы Подольских кластеров совпадают с физико-географическим районированием [13], а внутренние распределены по-другому. Впервые выделен Верхнеднепровский район, в котором обнаружен общий характер стока левых и правых притоков Днестра.

Полученное районирование позволяет получить более полное представление о закономерностях колебаний стока в бассейне р.Днестр и является современной детализацией предложенных ранее схем [3, 4, 7, 13].

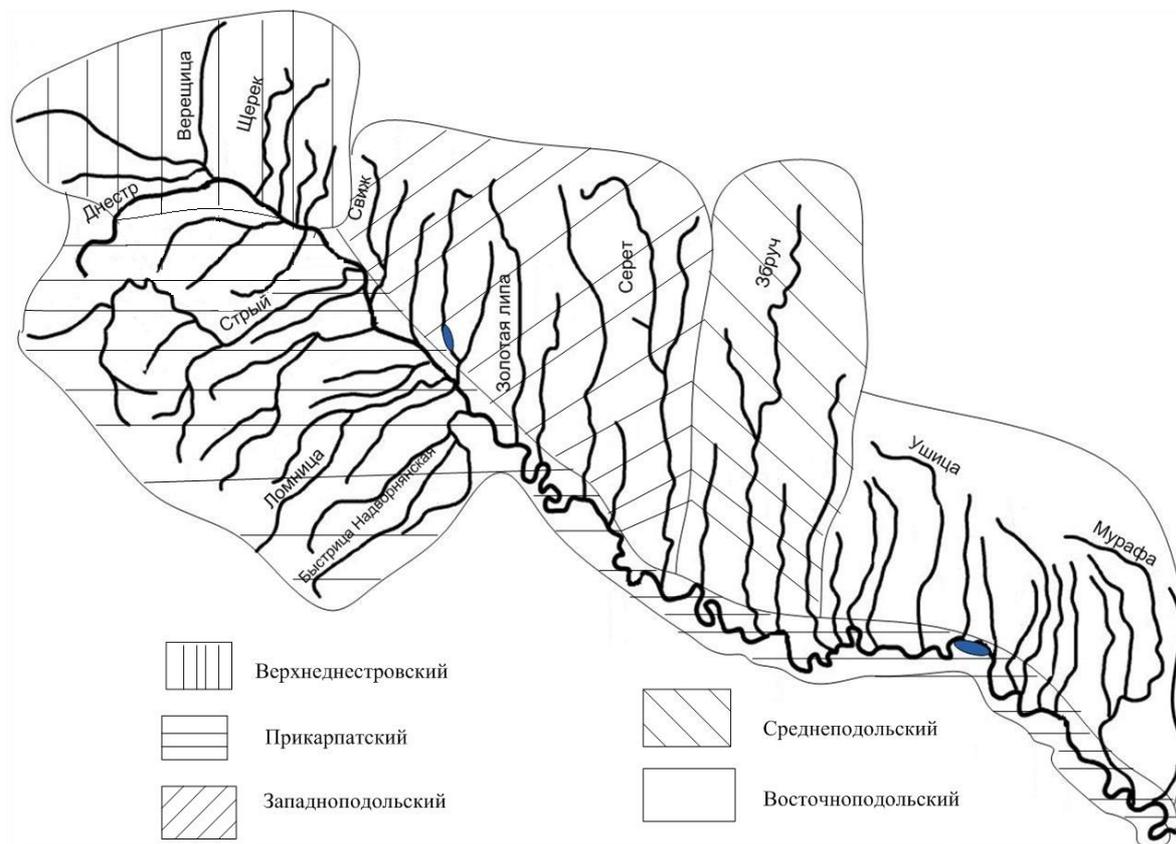


Рис. 3 – Районирование бассейна верхнего и среднего Днестра по характеру колебаний годового стока.

Список литературы

1. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 455 с.
2. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 200 с.
3. Синайская Т.М., Швейкин Ю.В. Асинхронность стока и водные ресурсы основных рек районов орошения УССР // Труды УкрНИГМИ. – 1971. – Вып. 71. – С. 124-136.
4. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208с.
5. Антипов А.Н., Федоров В.Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 254 с.
6. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України: Підручник. – К.: Знання. 2005. – 511 с.

7. Гребінь В.В. Пропозиції щодо ландшафтно-гідрологічного районування території України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – Т. 17 – С. 26-39.
8. Коротун І.М., Коротун Л.К., Коротун С.І. Природні ресурси України: Навч. посіб. – Рівне. - 2000. – 192 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6, вып. 1. Западная Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометеиздат, 1970-1980.
10. Лобода Н.С., Мельник С.В. Многолетняя изменчивость климата и водного режима рек Подолии //Український гідрометеорологічний журнал, 2009.- № 5.- С. 184-191.
11. Олійник В.С. Стокорегульвальна і водоохоронна ролі лісу на річкових басейнах Карпат // Наукові праці лісівничої академії наук України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України, 2008. – Вип. 7. – С. 88-95.
12. Гребінь В.В., Чорноморець Ю.О. Використання багатомірного статистичного аналізу для ландшафтно-гідрологічного районування території України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – Т. 16 – С. 24-35.
13. Національний атлас України. – К.: ДНВП “Картографія”, 2007. – 440 с.
14. Сенцова Н.И. Применение методов кластер-анализа в задачах районирования территории каспийского бассейна по характеристикам сезонной изменчивости речного стока //Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе труды международной научной конференции. - Москва, 19-20 октября 2006 г.
15. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

Районування басейну верхнього Дністра за характером коливань річного стоку на основі кластерного аналізу. Мельник С.В., Лобода Н.С.

На основі кластерного аналізу хронологічних рядів річного стоку виконано районування території Верхнього Дністра (до м. Могильов Подільський) за характером його коливань. Виділено п'ять гідрологічних районів, які можливо розглядати як деталізацію запропонованих раніше гідрологічних і ландшафтно-гідрологічних районів.

Ключеві слова: Верхній Дністер, річний стік, кластерний аналіз, районування.

Division into districts of basin of the top Dnestr on character of fluctuations of the river runoff on the basis of data clustering. S. Melnyk, N. Loboda

On a basis Data clustering of long-term distribution of a river runoff division into districts of basin of the top Dnestr is offered. At division into districts it is allocated five hydrological areas which can be considered, how detailed elaboration of the offered before hydrological and landscape-hydrological areas.

Keywords: basin of Dnestr, numbers of supervision, Data clustering, hydrological division into districts.