

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА ВОДЫ РЕК БЕЛАРУСИ

Волчек А.А., Натарова О.Н.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, A_Volchek@Rambler.ru

The article describes the physical and geographical factors involved, along with climatic and anthropogenic, in the formation of the hydrological regime of rivers in Belarus. It provides an assessment of their impact on intra uneven distribution of river runoff.

Введение

Беларусь богата многочисленными водными ресурсами, основным источником которых являются реки. Реки концентрируют вокруг себя население и промышленность и активно эксплуатируются.

Важнейшей водохозяйственной и гидрологической характеристикой рек является внутригодовое распределение стока (ВРС), изменяющиеся в результате взаимодействия комплекса взаимосвязанных физико-географических, гидрогеологических, гидрологических, климатических и антропогенных факторов [2,3].

В настоящее время наблюдается колебание климата, выражающееся, прежде всего, в росте температур воздуха и изменении количества атмосферных осадков, что привело к уменьшению стока воды в период весеннего половодья и его увеличения в периоды летне-осенней и зимней межени. Количественным изменениям, произошедшим в ВРС, способствовали также и антропогенные факторы, заключающиеся в осуществлении хозяйственной деятельности в руслах рек и на их водосборах [5].

Целью данных исследований является оценка влияния физико-географических факторов, в частности, широтная зональность и высота водосбора, на ВРС воды рек.

Исходные данные и методика исследований

Влияние широтной зональности на ВРС оценено по 51 гидрометрическому створу, принадлежащих к шести гидрологическим районам. Исходными данными для указанных створов являются среднемесячные расходы воды за период с 1949 по 2010 гг., опубликованные Республиканским гидрометеорологическим центром Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Непосредственно они положены в основу определения параметров, отражающих неравномерность внутригодового распределения речного стока воды. В качестве таких параметров приняты: α и β . Параметр α указывает на распределение речного стока воды внутри теплого сезона; параметр β – соотношение между величинами стока воды теплого и холодного сезонов года [1].

В теплом сезоне выделен период половодья с преимущественным питанием рек талыми водами. Данный период на территории Беларуси приходится на март-май месяцы [3]. В связи с этим, параметр α найден из соотношения:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=III}^{i=V} Q_i}{\sum_{i=VI}^{i=VIII} Q_i}, \quad (1)$$

где Q_i - среднемесячные расходы воды, м³/с.

Параметр β указывает на преобладание смешанного вида стока воды над стоком, обусловленным подземным питанием:

$$\beta = \frac{\sum_{i=III}^{i=VIII} Q_i}{\sum_{i=II}^{i=IX} Q_i}. \quad (2)$$

Параметры α и β определены для каждого года в отдельности по каждому створу, а их изменчивость оценена посредством рассчитанных коэффициентов вариации ($C_{v\alpha}$, $C_{v\beta}$) [4]. В дальнейшем значения параметров осреднены за принятый период ($\alpha_{ср.}$, $\beta_{ср.}$).

По полученным осредненным значениям параметров построены следующие графики: $\alpha_{ср.}=f(H)$, $\beta_{ср.}=f(H)$, $\alpha_{ср.}=f(\varphi)$, $\beta_{ср.}=f(\varphi)$, где: H – средняя высота водосбора, м; φ – широта водосбора, км. Графики зависимости $\alpha_{ср.}=f(\varphi)$, $\beta_{ср.}=f(\varphi)$ построены относительно г. Минска ($\varphi=0$ км).

Результаты исследований и их анализ

Полученные по представленной методике значения параметра $\alpha_{ср.}$ для территории республики не превышают 10 при перепаде высот от 132 до 285 м, а построенный график зависимости $\alpha_{ср.} = f(H)$ указывает на уменьшение данных значений с ростом высот водосборов рек (зона 3) - рисунок 1. Выделение на графике двух зон (1 и 2), позволяет более четко проследить данную тенденцию. Первая зона характеризуется размахом значений параметра $\alpha_{ср.}$ от 3,5 до 7,3, полученных для водосборов рек Верхне-Днепровского, Припятского гидрологических районов и рек Западная Двина, Сож, Днепр. Меньшие значения параметра $\alpha_{ср.}$ (1,9 – 3,5) зафиксированы на водосборах рек Вилейского, Неманского, Центрально-Березинского гидрологических районов, а также на реках Березина, Припять и отнесены ко второй зоне. Принадлежности водосборов рек Западно-Двинского гидрологического района ни к одной из двух зон не выявлено.

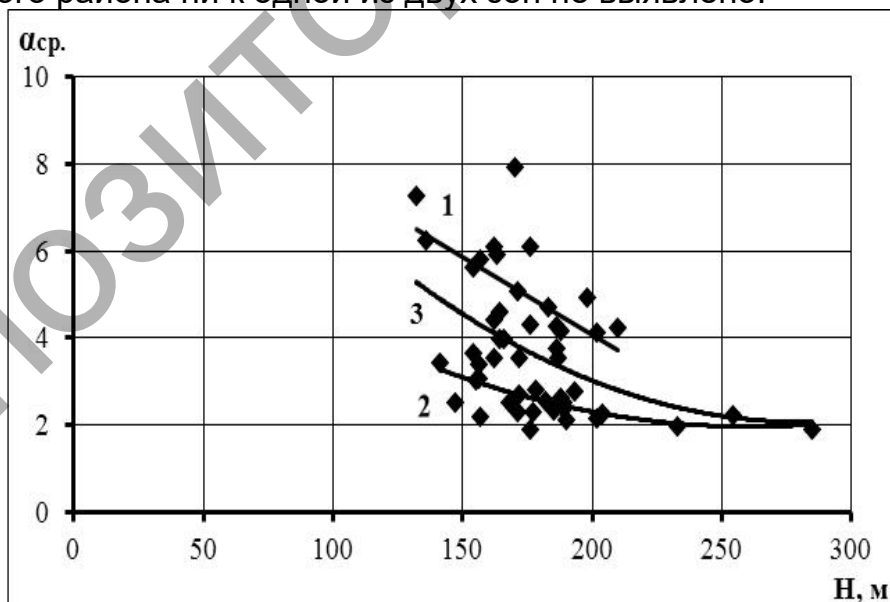


Рисунок 1 – Зависимость параметра $\alpha_{ср.}$ от высоты водосборов рек ($\alpha_{ср.} = f(H)$):
1 – зона значительного изменения параметра $\alpha_{ср.}$; 2 – зона умеренного изменения; 3 – зона изменения по территории республики

Для оценки степени влияния высот водосборов на распределение речного стока воды внутри гидрологических районов построены соответствующие графики зависимостей, детальный анализ которых представлен ниже.

Западно-Двинский гидрологический район представлен водосборами трех рек. Значения параметра $\alpha_{ср.}$ не превышают 8,0 при высотах водосборов от 150 до 170 м. Построенный график зависимости указывает на увеличение значений параметра $\alpha_{ср.}$ с ростом высоты водосборов, что свидетельствует об увеличении речного стока воды.

Верхне-Днепровский гидрологический район представлен четырьмя водосборами рек. Связь значений параметра $\alpha_{ср.}$ с высотами водосборов отражает зависимость, фиксирующую увеличение соответствующего параметра с падением высоты водосборов рек. Данное понижение неравномерно. Исключение составляет р.Остер – с.Ходунь со следующими исходными данными: $\alpha_{ср.} = 4,9$, $H = 198$ м. В целом, для гидрологического района значения параметра $\alpha_{ср.}$ колеблются в пределах от 3,7 до 6,1. Высота водосборов рек – 162 – 198 м. Полученная зависимость обусловлена уменьшением атмосферных осадков за теплый период года с падением высоты водосборов рек.

На графиках зависимостей, построенных для всех остальных гидрологических районов, отмечено увеличение значений параметра $\alpha_{ср.}$ с падением высоты водосборов рек. Наиболее неравномерной связью характеризуются графики зависимостей Вилейского и Неманского гидрологических районов. Так, при $H = 187$ м р.Гавья – с.Лубинята значение параметра $\alpha_{ср.} = 1,7$, а для р.Эсса – с.Гадивля при $H = 182$ м значение параметра $\alpha_{ср.} = 2,5$. В целом, значения параметра $\alpha_{ср.}$, полученные для водосборов рек Вилейского района немного меньше по отношению к таковым Неманского гидрологического района. Они колеблются в пределах от 1,7 до 3,5. Значения параметра $\alpha_{ср.}$ для водосборов рек Неманского гидрологического района – 2,2 – 3,6. Прежде всего это обусловлено местоположением гидрологических районов и температурами воздуха за теплый период года. На территории Неманского гидрологического района они выше.

График зависимости $\alpha_{ср.} = f(H)$, построенный для водосборов рек Центрально-Березинского гидрологического района, указывает на увеличение значений параметра $\alpha_{ср.}$ с падением высоты водосборов. Данный график разбит на два, которые характеризуют подрайоны Va и Vб. Значения параметра $\alpha_{ср.}$, полученные для водосборов рек подрайона Va, находятся в пределах от 2,0 до 5,9 и увеличиваются с падением их высот. Исключение составляет р.Грава – с.Аминовичи: при $H = 163$ м - $\alpha_{ср.} = 5,9$. Вероятно, это связано с антропогенным воздействием на русло реки. Значения параметра $\alpha_{ср.}$, полученные для водосборов рек подрайона Vб, уменьшаются с падением высоты водосборов (4,4 – 2,5), что обусловлено уменьшением количества атмосферных осадков.

Припятский гидрологический район представлен восемью водосборами рек. График зависимости, построенный по их данным, указывает на увеличение значений параметра $\alpha_{ср.}$ с падением высоты водосборов рек. Данное увеличение неравномерно. Так, для р.Лесная – с.Замосты при $H = 162$ м, $\alpha_{ср.} = 3,5$, а для р.Ясельда – с.Сенин при $H = 156$ м, $\alpha_{ср.} = 3,4$. На основании детального анализа установлено: а) для водосборов рек подрайона VIa, характеризующихся относительно малой естественной зарегулированностью стока воды, отмечено колебание значений параметра $\alpha_{ср.}$ в пределах от 3,4 до 7,3. Значения параметра $\alpha_{ср.}$ увеличиваются с падением высоты водосборов рек; б) подрайон VIб представлен только водосбором р.Словечна – с.Кузьмичи. При $H = 171$ м, $\alpha_{ср.} = 5,1$; в) водосборы рек подрайона VIв характеризуются наиболее выравненным стоком воды. Значения параметра $\alpha_{ср.}$ увеличиваются с падением высоты водосборов рек и находятся в пределах от 3,4 до 5,6. Исключение составляет р.Рыта – с.Малые Радваничи - при $H = 141$ м, $\alpha_{ср.} = 3,4$.

Водосборы рек: Западная Двина, Днепр, Березина, Сож, Припять – не отнесены к гидрологическим районам ввиду пересечения нескольких таковых. Связи высоты их водосборов и значений параметра $\alpha_{ср.}$ не выявлено. Отмече-

но колебание значений параметра $\alpha_{ср.}$ с падением высоты водосборов рек то их рост, то их убывание. Так, при одинаковой высоте водосборов двух рек ($H = 188$ м) значения параметра $\alpha_{ср.}$ составляют 4,2 и 2,6. В целом, размах значений параметра $\alpha_{ср.}$ – от 2,3 до 4,7. Наибольшее значение получено для водосбора р. Западная Двина, наименьшее – р. Припять.

Значения коэффициентов вариации ($C_{v\alpha}$) увеличиваются с понижением высоты водосборов рек по территории республики. Так, при $H = 176$ м для р. Жадунька – г. Костюковичи $C_{v\alpha} = 0,73$, а для р. Ошмянка – с. Великие Яцыны $C_{v\alpha} = 0,29$. Наибольшие значения $C_{v\alpha}$ получены для водосборов рек Припятского гидрологического района. Размах их значений в пределах от 0,66 до 1,12. Наименьшие – для водосборов рек Вилейского гидрологического района: $C_{v\alpha} = 0,29 – 0,53$. Значения коэффициента вариации $C_{v\alpha}$ для водосборов рек Западно-Двинского гидрологического района не учтены, т.к. отмечено их увеличение с ростом высоты. Вероятно, это обусловлено значительной озерностью водосборов рек. Полученные значения $C_{v\alpha}$ колеблются в пределах от 0,50 до 0,80.

Относительно широтной зональности увеличение значений $C_{v\alpha}$ зафиксировано в направлении с севера на юг и с запада на восток.

Таким образом, параметр $\alpha_{ср.}$, а также его коэффициент вариации $C_{v\alpha}$ является параметром, отражающим широтную зональность и высотную поясность.

Влияние широтной зональности на формирование соотношения речного стока воды республики к летне-осеннему стоку представлено на рисунке 2. Построенный график зависимости указывает на увеличение значений $\alpha_{ср.}$ в направлении с севера территории республики на юг (зона 6). Однако, посредством выделения на построенном графике зон выявлена обратная тенденция (зоны 2 – 5). Исключение составляют водосборы рек Западно-Двинского гидрологического района и река Западная Двина (зона 1).

Для водосборов рек Верхне-Днепровского и Припятского гидрологических районов утверждение об увеличении полученных значений параметра $\alpha_{ср.}$ в направлении с юга на север неправомерно, ввиду их принадлежности к нескольким зонам (3 и 4, 4 и 5 соответственно). Графики зависимостей $\alpha_{ср.} = f(\varphi)$, построенные для водосборов рек данных гидрологических районов, свидетельствует об увеличении значений параметра $\alpha_{ср.}$ в направлении с севера на юг в пределах территории района.

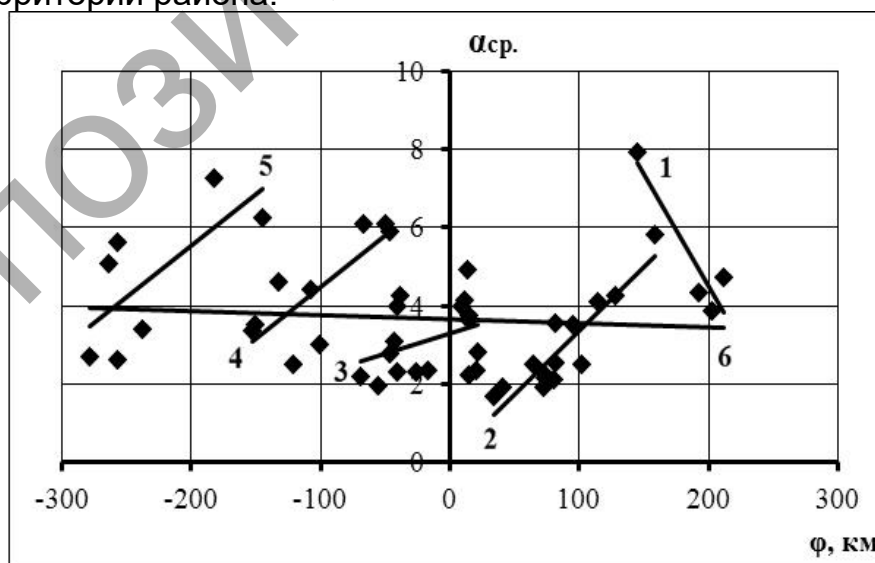


Рисунок 2 – Зависимость параметра $\alpha_{ср.}$ от широты ($\alpha_{ср.} = f(\varphi)$): зоны изменения параметра по территории гидрологических районов: 1 – Западно-Двинского; 2 – Вилейского; 3 – Верхне-Днепровского, Неманского и Центрально-Березинского; 4 – Верхне-Днепровского и Припятского; 5 – Припятского; 6 – по территории республики

Уменьшение значений параметра $\alpha_{ср.}$ в южном направлении, полученных для водосборов рек Вилейского и Центрально-Березинского гидрологических районов (зоны 2 и 3), вероятно, обусловлено размещением в пределах территории Вилейско-Минской водной системы и режимом работы ряда водохранилищ (Любанского, Осиповичского, Чигиринского).

Соотношение речного стока воды за теплый период года к зимнему стоку, представленное параметром $\beta_{ср.}$, устойчиво. Построенные графики зависимости $\beta_{ср.}=f(H)$ как для территории республики в целом (рисунок 3), так и по гидрологическим районам в отдельности, надежно определены и отражают те же связи, что и $\alpha_{ср.}=f(H)$. Для водосборов рек Западно-Двинского гидрологического района установлено увеличение значений параметра $\beta_{ср.}$ с ростом их высот. Вероятно, это обусловлено низкой долей сезонного стока воды в зимний период. Размах значений параметра $\beta_{ср.}$ в пределах от 2,1 до 3,7.

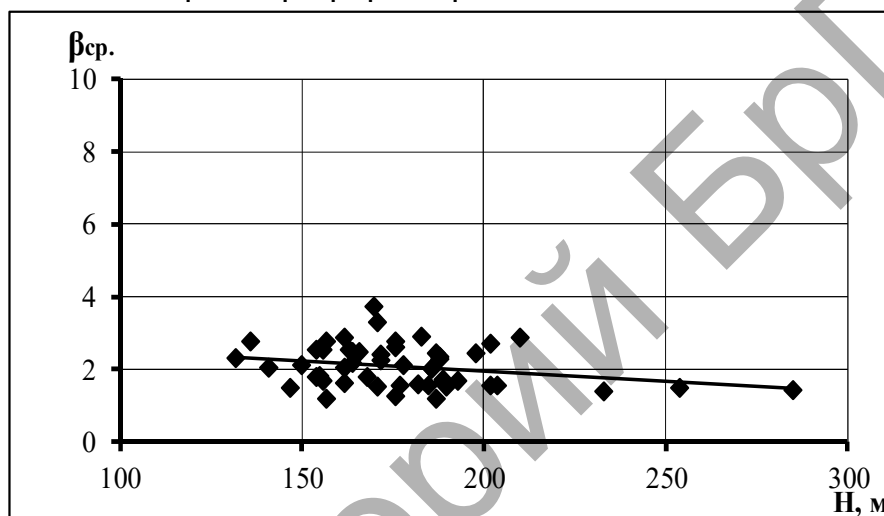


Рисунок 3 – Зависимость параметра $\beta_{ср.}$ от высоты водосборов ($\beta_{ср.} = f(H)$)

Посредством графиков зависимостей, построенных для водосборов рек Верхне-Днепровского, Вилейского, Неманского и Центрально-Березинского гидрологических районов, выявлено увеличение значений параметра $\beta_{ср.}$ с падением высоты. Наибольшие значения параметра $\beta_{ср.}$ отмечены на водосборах рек Верхне-Днепровского гидрологического района (2,0–2,8). Для сравнения приведены пределы изменения параметра $\beta_{ср.}$: Вилейский – 1,2–2,4; Неманский – 1,2–1,8; Центрально-Березинский гидрологический район – 1,4–2,2.

Увеличение значений параметра $\beta_{ср.}$ с падением высоты выявлено и на водосборах рек подрайонов VIа и VIв Припятского гидрологического района. Однако данная зависимость слаба, а колебание значений параметра $\beta_{ср.}$ в пределах от 1,6 до 2,8. Исключение составляет значение параметра $\beta_{ср.} = 3,3$, полученное для водосбора реки Словечна.

Для водосборов больших рек, пересекающих несколько гидрологических районов, установлено увеличение значений параметра $\beta_{ср.}$ с ростом их высоты. Размах значений параметра $\beta_{ср.}$ от 1,6 до 2,9 с наибольшими на гидрометрических створах водосбора реки Западная Двина (2,8 - 2,9) и наименьшим на гидрометрическом створе водосбора реки Березина у г. Бобруйска - $\beta_{ср.} = 1,6$ (H=189 м). Значения параметра $\beta_{ср.}$, полученные для гидрометрических створов водосбора реки Днепр, увеличиваются с падением высоты и колеблются от 2,1 до 2,8. Так, для: р.Днепр – г.Могилев при H=202 м, $\beta_{ср.}=2,7$; р.Днепр – г.Жлобин при H=187 м, $\beta_{ср.}=2,4$. Для водосбора реки Припять размах значений параметра $\beta_{ср.}$ от 2,2 до 2,3; реки Сож - $\beta_{ср.}=2,3$ –2,5.

Коэффициенты вариации ($Cv\beta$) указывают на увеличение их значений с падением высоты водосборов рек по территории республики. А коэффициенты вариации ($Cv\alpha$) отражают тенденцию увеличения их значений с севера территории республики на юг и с запада на восток. Наибольшие значения $Cv\beta$ получены для водосборов рек Припятского гидрологического района ($Cv\beta=0,60-1,40$), наименьшие – Вилейского ($Cv\beta=0,22-0,96$). Исключение составляют значения $Cv\beta$ для водосборов рек Западно-Двинского гидрологического района.

На графике зависимости $\beta_{ср.}=f(\varphi)$, построенного для территории республики, наметить какую-либо тенденцию, не представляется возможным (зона 4) - рисунок 4. Посредством выделения на графике трех зон выявлены зависимости: первая и третья характеризуются увеличением значений параметра $\beta_{ср.}$ в направлении с юга на север на водосборах рек Вилейского, Неманского, Центрально-Березинского гидрологических районов и рек Западная Двина, Днепр, Сож, Пипять, Березина. Об уместности зависимости на водосборах рек Западно-Двинского гидрологического района говорить нельзя, несмотря на их принадлежность к выделенной зоне (зона 1). График зависимости, построенный для водосборов рек данного района, указывает на увеличение значений параметра $\beta_{ср.}$ в южном направлении; вторая характеризуется увеличением значений параметра $\beta_{ср.}$ в обратном направлении. Данная тенденция уместна для водосборов рек Верхне-Днепровского и Припятского гидрологических районов.

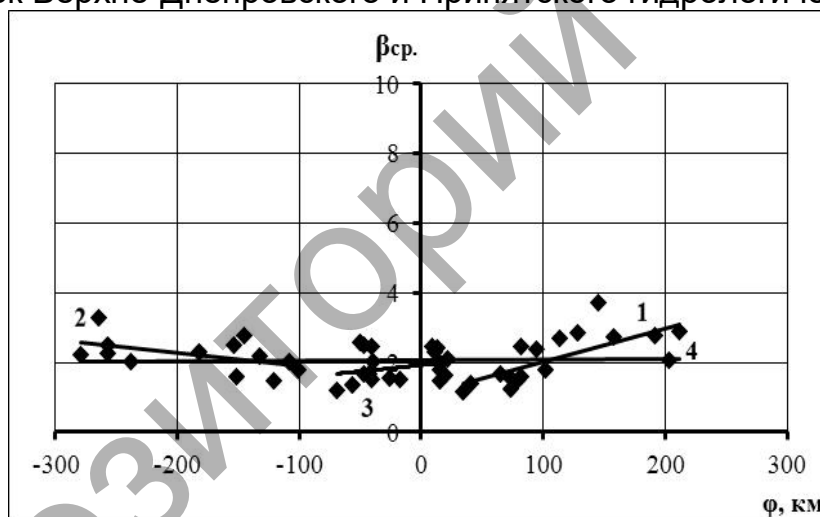


Рисунок 4 – Зависимость параметра $\beta_{ср.}$ от широты ($\beta_{ср.}=f(\varphi)$): зоны изменения параметра по территории гидрологических районов: 1 – Западно-Двинского и Вилейского; 2 – Верхне-Днепровского и Припятского; 3 – Неманского и Центрально-Березинского; 4 – по территории республики

Заключение

Исследованиями установлено, что трансформация внутригодового распределения стока воды рек Беларуси обусловлена высотной и широтной зональностью их водосборов. Это повлияло на распределение речного стока воды внутри теплого сезона, т.е. его увеличение в направлении с севера территории республики на юг и с запада на восток. Аналогичная картина наблюдается в отношении водного питания рек, выражающегося в преобладании доли смешанного вида стока воды над долей подземного. Исключение составляют водосборы рек Вилейского и Центрально-Березинского гидрологических районов, для которых отмечена обратная тенденция изменения, вызванная антропогенными факторами.

Исследования высот показало уменьшение доли подземного стока воды, а также уменьшение стока внутри теплого сезона с ростом высоты водосборов. Исключение составляют водосборы рек Западно-Двинского гидрологического района. На них произошло увеличение стока воды, вызванной ростом доли подземного.

Список литературы

1. Быков, В.Д. Географические особенности внутригодового распределения стока рек Урала / В.Д. Быков. – М.: МГУ, 1963. – 143 с.
2. Волчек, А.А. Оценка антропогенного воздействия на водные ресурсы рек Белорусского Полесья / А.А. Волчек, В.В. Лукша / Природнае асяроддзе Палесся: сучасны стан і яго змены: тез. докл. междунар. научн. конф. – Брест, 2002. – С. 228-230.
3. Волчек, А.А. Современное состояние и концептуальные предположения по изучению, использованию и охране водных ресурсов Белорусского Полесья / А.А. Волчек, Ю.А. Калинин / Брэсцкі геаграфічны весн. – 2001. – Т. 1., вып. 1. – С. 42-46.
4. Горшков, И.Ф. Гидрологические расчеты / И.Ф. Горшков. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 256 с.
5. Шикломанов, И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток / И.А. Шикломанов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 330 с.

УДК 02.51=00(051)"3"(282)

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОГРАФОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ Р. ПРИПЯТЬ)

Волчек А.А., Шешко Н.Н., Костюк Д.А., Петров Д.О.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by

The article presents the results of research forms the spring flood hydrograph for training artificial neural networks. Approach allows us to classify forms hydrograph based on the probability of occurrence of the design flow. Approaches tested on observations of the Pripyat river runoff. The results indicate the applicability of the developed approaches.

Введение

В соответствии с оценкой паводковой обстановки, опубликованной в Республиканской программе [0], в пределах такого водного объекта, как р. Припять, в период весеннего половодья данная территория и населенные пункты в её пределах практически ежегодно подвергаются затоплению, в результате чего имеется значительный народно-хозяйственный ущерб.

Если рассматривать период существования данной территории, при котором наблюдалась незначительная техногенная интеграция в бытовую и производственную сферу, опасные метеорологические и гидрологические явления не причиняли значительного материального и социального ущерба. Это заключалось в использовании устройств труда и домашнего быта, не имеющих энергозависимых механизмов. Подобная же ситуация наблюдалась и в сфере аграрного производства: отсутствие значительной механизации позволяло менее болезненно переносить такого рода природные явления.

В настоящее время широкое применение нашли методы искусственных нейронных сетей для прогноза физически сложно описываемых природных процессов. Для обучения искусственных нейронных сетей необходима предварительная