

ношений с коэффициентом вариации, полученных по группе пунктов с одинаковым типом кривых обеспеченности.

2.4. Анализ восстановленных рядов речного стока и расчеты по оценке их однородности

Оценка однородности (стационарности) рядов гидрометрических наблюдений осуществляется на основе генетического анализа условий формирования речного стока путем выявления причин, обуславливающих неоднородность исходных данных наблюдений.

Первичный анализ однородности гидрологических рядов рекомендует проводить графическими методами, которые предусматривают построение суммарных (интегральных) кривых связей от времени $\sum X = f(t)$ и двойных суммарных кривых связей $\sum X = f(\sum X_a)$ $\sum X = f(\sum U)$, где $\sum X$ – нарастающее значение гидрологической характеристики исследуемой реки во времени; $\sum X_a$ – то же реки - аналога; $\sum U$ – то же стокообразующего фактора.

Резкое изменение угла наклона таких кривых характеризует начало изменения водного режима. Результаты графического анализа должны подтверждаться информацией об изменении условий формирования водного режима на водосборе и в русле, так как нарушение однородности рядов стока возможно и по причине естественных природных циклов изменения водности.

При необходимости количественной оценки однородности исходных данных наблюдений, применяются статистические критерии однородности средних значений и дисперсий с учетом внутрирядных и межрядных корреляционных связей.

Общий анализ однородности выборки непрерывного распределения проводится на основе теоремы Гнеденко-Королюка при объеме выборки $N=2n < 60$.

При нечетном числе членов ряда наблюдений первый или последний элементы ряда исключаются из рассмотрения. Принятая выборка разбивается на две равные части. Определяется наибольшее отклонение между обеспеченностями двух выборок объемом n , т.е. положительное значение d_m . В этом случае эмпирическая обеспеченность d определяется по формуле

$$d = \frac{m}{n}, \quad (2.17)$$

где m – порядковый номер члена ряда, расположенного в возрастающем порядке.

Рассчитывается значение параметра c по формуле

$$c = n \cdot d_{mn} (0 \leq d_{mn} \leq 1) . \quad (2.18)$$

По приложению Б [Пособие..., 2000] определяется уровень значимости α , соответствующий значениям c и n . Гипотеза однородности принимается, если выборка удовлетворяет критериям случайности, при $\alpha \geq 5\%$.

При объеме выборки $N=2n \geq 60$, рекомендуется применять критерий однородности Колмогорова-Смирнова. В этом случае, выборка объемом $N = k + l$, после элемента k , разбивается на две части таким образом, чтобы удовлетворялось условие формулы

$$\frac{k \cdot l}{(k + l)} = n \geq 15 . \quad (2.19)$$

Затем определяется наибольшее отклонение между эмпирическими обеспеченностями двух полученных выборок, т. е. положительное значение d_{kl} , и рассчитывается значение параметра z по формуле

$$z = d_{kl} \cdot \sqrt{n} (0 \leq d_{kl} \leq 1) . \quad (2.20)$$

По приложению В [Пособие..., 2000], определяется значение функции распределения Колмогорова $L(z)$ и по формуле $\alpha = 1 - L(z) (0 \leq \alpha \leq 1)$, устанавливается уровень значимости α . Если $\alpha \geq 5\%$, то гипотеза однородности принимается.

Оценка однородности выборочных средних выполняется по t -критерию Стьюдента; t -критерий Стьюдента рассчитывается по формуле

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{n_x \hat{\sigma}_x^2 + n_y \hat{\sigma}_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_x \cdot n_y \cdot (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}} , \quad (2.21)$$

где \bar{x} и \bar{y} – выборочные средние; $\hat{\sigma}_x^2$ и $\hat{\sigma}_y^2$ – выборочные дисперсии; n_x и n_y – объемы выборок.

Критические значения t -критерия Стьюдента t_α определяются по приложению Г [Пособие..., 2000], в котором приведены ординаты его распределения.

Оценка однородности выборочных средних из асимметрично распределенных совокупностей выполняется аналогичным образом при тех же значениях t_α . Полученное значение t -критерия Стьюдента сравнивается с его критическим значением при заданном уровне значимости $\alpha \leq 5\%$. Если $t < t_\alpha$ принимается гипотеза однородности двух выборочных средних.

Критерий однородности Фишера F служит для оценки однородности средних квадратических отклонений двух выборок (или двух частей одной выборки). Гипотеза однородности выборочных дисперсий отвергается, если

имеет место неравенство $F > F_{\alpha}$, где F_{α} – критическое значение критерия однородности Фишера, определяется по приложению Д [Пособие..., 2000], или принимается, если знак неравенства меняется на противоположный, т. е. $F \leq F_{\alpha}$. В последнем случае считается, что данные наблюдений не противоречат выдвигаемой гипотезе. Критерий однородности Фишера рассчитывается по формуле

$$F = \frac{\hat{\sigma}_x^2}{\hat{\sigma}_y^2}, \quad (2.27)$$

где $\hat{\sigma}_x^2$ и $\hat{\sigma}_y^2$ – выборочные дисперсии; в числителе берется большая из дисперсий.

Значение F_{α} определяется по приложению Д [Пособие..., 2000] в зависимости от объема выборок $n_x = n_y$, принятого уровня значимости α , внутрирядной $r(1)$ и межрядной корреляции (R). При оценке однородности гидрологических характеристик, как правило, используется уровень значимости 5 %. Поскольку эффективность критерия Фишера уменьшается с ростом асимметрии, рекомендуется предварительно нормализовать исходные совокупности.

После подтверждения гипотезы об однородности рядов стока возможна корректная статистическая оценка по одной из приведенных выше методик.

Так как наиболее вероятным переломом в формировании водного режима рек Беларуси можно считать 1966 г. – начало массовых мелиораций, то ряды речного стока разбивались на две части: первая – 1945-1965 гг., вторая – 1966-2000 гг. Далее был произведен расчет всех параметров для нахождения критериев Фишера и Стьюдента для каждого исходного ряда речного стока. Используя Приложения Г и Д [Пособие..., 2000], были найдены критические значения критериев Стьюдента и Фишера для каждой из двух частей разбитого исходного ряда.

В таблице 2.5 приведены значения критерия Стьюдента и Фишера, рассчитанные для восстановленных рядов годового стока, а также их критические значения.

Анализ таблицы 2.5 показывает, что для рр. Копавка – с.Черск и Мышанка – с. Березки получены значения критериев Стьюдента и Фишера значительно больше критических значений при 5 %-ном уровне значимости, что отвергает гипотезу об однородности данных в рядах годового стока. Анализ причин неоднородности рядов по этим двум рекам-створам привел к выводу об интенсивной хозяйственной деятельности в водосборах этих рек, начиная с 1966 г., что подтвердилось материалами проектного института «Полесьегипроводхоз» (г. Пинск).

Таблица 2.5. Рассчитанные и критические значения критериев Стьюдента и Фишера для оценки однородности восстановленных рядов

Река–створ	Период (годы)	Критический критерий Стьюдента, $t_{кр}$	Критический критерий Фишера, $F_{кр}$	Критерий Стьюдента, t	Критерий Фишера, F	Подтверждение гипотезы об однородности ряда	
						по t	по F
1	2	3	4	5	6	7	8
Бобринь – с. Парахонск	1945 – 1965	2,034	2,739	3,196	1,128	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Да
Горынь – пос. Горынь	1945 – 1965	2,034	2,739	0,317	1,530	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Горынь – пгт. Речица	1945 – 1965	2,034	2,739	3,578	2,002	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Да
Гривда – г. Ивацевичи	1945 – 1965	2,034	2,739	0,324	2,046	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Жабинка – с. М. Жабинка	1945 – 1965	2,034	2,739	1,444	1,445	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Жегулянка – с. Нехацево	1945 – 1965	2,046	2,974	3,582	1,595	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Да
Каменка – пос. Мухавец	1945 – 1965	2,034	2,739	0,501	1,060	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
кан. Винец – с. Рыгали	1945 – 1965	2,034	2,739	3,167	1,367	Нет	Да
	1966 – 2000	1,998	2,078			Нет	Да
Копаявка – с. Черск	1945 – 1965	2,034	2,739	4,139	3,482	Нет	Нет
	1966 – 2000	1,998	2,078			Нет	Нет
Лесная – с. Замосты	1945 – 1965	2,034	2,739	1,371	1,168	Да	Да
	1966 – 2000	1,998	2,078			Да	Да
Лесная – с. Тюхиничи	1945 – 1965	2,040	2,857	1,290	1,139	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Малорыга – г. Малорита	1945 – 1965	2,034	2,739	1,360	1,130	Да	Да
	1966 – 2000	1,998	2,078			Да	Да
Мерчанка – с. Ставок	1945 – 1965	2,034	2,739	1,658	1,239	Да	Да
	1966 – 2000	2,011	2,289			Да	Да
Мерчанка – с. Красеево	1945 – 1965	2,034	2,739	1,905	1,329	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Мухавец – г. Брест	1945 – 1965	2,046	2,974	1,162	2,753	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Нет
Мухавец – г. Пружаны	1945 – 1965	2,034	2,739	4,002	1,397	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Да
Мышанка – с. Березки	1945 – 1965	2,034	2,739	5,402	3,530	Нет	Нет
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Нет

1	2	3	4	5	6	7	8
Неслуха – с. Рудск	1945 – 1965	2,034	2,739	0,517	3,058	Да	Нет
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Нет
Припять – с. Коробы	1945 – 1965	2,034	2,739	3,408	1,789	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Да
Припять – пгт. Туров	1945 – 1965	2,034	2,739	3,592	2,026	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Да
Припять – г. Пинск	1945 – 1965	2,034	2,739	3,491	1,403	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Да
Пульва – г. Высокое	1945 – 1965	2,040	2,857	1,377	1,008	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Рудава – с. Рудня	1945 – 1965	2,034	2,739	1,783	1,008	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Ружанка – г. Ружаны	1945 – 1965	2,034	2,739	0,314	2,299	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Рыга – с. М. Радваничи	1945 – 1965	2,034	2,739	0,914	1,070	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Цна – с. Дятловичи	1945 – 1965	2,034	2,739	4,379	2,507	Нет	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Нет	Нет
Щара – с. Доманово	1945 – 1965	2,034	2,739	2,344	1,337	Нет	Да
	1966 – 2000	1,998	2,078			Нет	Да
Щара – с. Залужье	1945 – 1965	2,046	2,974	0,357	1,998	Да	Да
	1966 – 2000	1,999	2,097			Да	Да
Ясельда – г. Береза	1945 – 1965	2,034	2,739	2,964	1,117	Нет	Да
	1966 – 2000	1,998	2,078			Нет	Да
Ясельда – с. Сенин	1945 – 1965	2,034	2,739	3,608	1,032	Нет	Да
	1966 – 2000	1,998	2,078			Нет	Да

Частично ненарушенный режим рек (гипотеза однородности принимается по критерию Стьюдента, отвергается по критерию Фишера, или, наоборот) наблюдается для 14 исследуемых рек-створов, что можно объяснить естественными колебаниями водности или сопоставимыми с ним незначительными антропогенными воздействиями на водный режим рек.

Полностью однородные ряды годового стока для 14 из проверенных рек-створов свидетельствуют о ненарушенном водном режиме или его сглаживанием гидромелиоративными мероприятиями. Также возможна гипотеза о синхронности антропогенных воздействий и колебаниях водного режима, т. е. при одновременном увеличении водности рек и интенсивности осушительных мелиоративных мероприятий и одновременном спаде этих двух процессов водность реки практически не изменилась, и ряд остался однородным.

Из всех проанализированных рек-створов минимальным нарушением однородности выделяются рр. Каменка – пос. Мухавец, Пульва – г. Высокое и Рыга – с. Малые Радваничи. Значения критериев Стьюдента и Фишера для этих рек значительно меньше критических.