

# Анализ однородности характеристик зимнего режима рек бассейна Южного Буга

Эльмира Рахматуллина,

Василий Гребень

*Киевский национальный университет  
имени Тараса Шевченко,  
проспект акад. Глушкова, д. 2,  
г. Киев – МСП-680, Украина  
Э-майл: elmera@ukr.net*

В связи с изменениями климата в последние десятилетия и их непосредственным влиянием на гидрологический режим рек, актуальным является анализ однородности рядов гидрометеорологических данных. В следствии выше указанных факторов, проведен анализ однородности гидрологических и метеорологических рядов наблюдений в бассейне Южного Буга за зимний период. Для оценки однородности использованы статистические критерии (Фишера, Стьюдента, Вилькоксона) и гидролого-генетический анализ (разностные интегральные кривые и суммарные интегральные кривые). Проведена оценка цикличности колебаний исследованных характеристик, и определены их закономерные изменения на протяжении последних десятилетий.

**Ключевые слова:** однородность, статистические критерии, гидролого-генетический анализ, зимний режим

## ВВЕДЕНИЕ

Режим рек в зимний период имеет специфический характер, связанный с переходом части водной массы в твердую фазу (лед). Формы и длительность существования, таяние и разрушение ледяного покрова в совокупности с изменениями уровней, расходов воды и тепловых запасов представляет собой сложный комплекс явлений, который резко выделяет зимний сезон среди других сезонов года. Поэтому особенности этих явлений издавна представляли научный и практический интерес.

Особенный интерес к изучению зимнего режима рек на сегодня проявляется вследствие климатических изменений, которые происходят на протяжении последних десятилетий. Они непосредственно влияют на гидрологические процессы. В связи с изме-

нениями климата и влиянием их на гидрологический режим рек, актуальным является анализ однородности существующих рядов наблюдений.

Исследованиям однородности гидрологических рядов наблюдений издавна уделялось много внимания. Особенно это стало актуально в последние десятилетия в связи с изменением окружающей среды под влиянием разных факторов (климатических, антропогенных и т. д.), что в свою очередь не могло не повлиять на однородность генеральных совокупностей исследуемых гидрометеорологических рядов данных.

В международной практике исследованиям временных гидрометеорологических рядов уделяется внимание ученых многих стран мира, особенно США, Великобритании, а также стран Азии [1–3].

На данный момент ученые большинства стран пользуются методами оценки однородности, которые изложены в руководстве по гидрологической практике ВМО [4]. Страны бывшего Советского Союза, в частности Украина, широко используют разработки Государственного гидрологического института (г. Санкт-Петербург, Россия) [5].

В Украине исследованиями однородности гидрологических рядов активно занимаются ученые Украинского гидрометеорологического института (УкрГМИ). В частности, последние статьи Л. А. Горбачёвой посвящены разработкам новых методических подходов к оценке однородности и стационарности гидрологических рядов наблюдений [6, 7]. Но в целом, изучению подходов к определению однородности гидрологических рядов наблюдений в Украине уделяется недостаточно внимания.

Целью нашего исследования является анализ однородности рядов гидрологических и метеорологических характеристик зимнего

периода: фаз ледового режима, температуры воздуха и температуры воды, скоростей течения (средних и максимальных), расходов и уровней воды.

Объектом исследования являются реки бассейна Южного Буга.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Южный Буг является самой большой рекой, бассейн которой полностью расположен в пределах Украины. Площадь бассейна реки – 63 700 км<sup>2</sup>, что составляет 10,6 % территории Украины. Длина Южного Буга – 806 км (рис. 1).

Река Южный Буг принадлежит к рекам бассейна Черного моря, берет свое начало на Подольской возвышенности вблизи с. Холодец Хмельницкой области, впадает в Бугский лиман. Средняя часть бассейна находится, преимущественно, в пределах Приднепровской

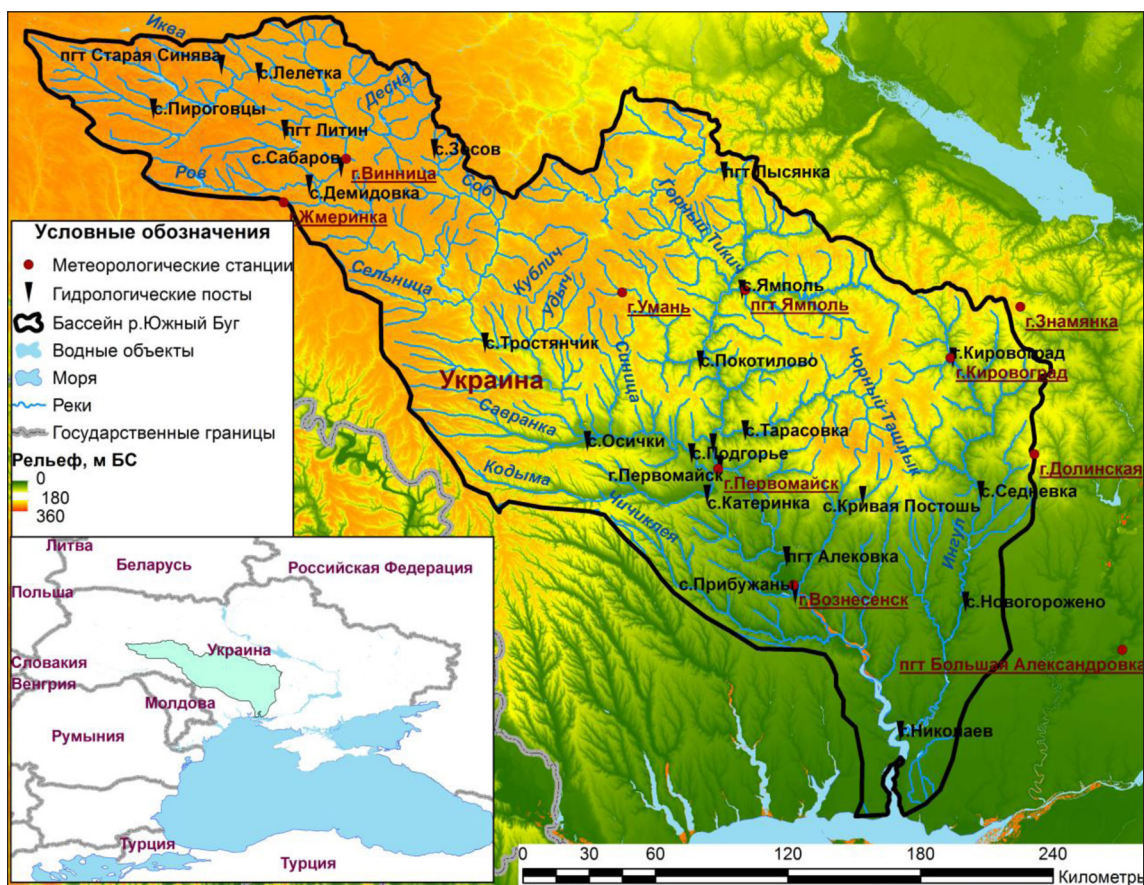


Рис. 1. Бассейн реки Южный Буг

возвышенности. Нижнее течение принадлежит к Причерноморской низменности.

Бассейн Южного Буга включает 6 638 рек общей длиной 20,1 тыс. км. Большую их часть (94,4 %) составляют очень маленькие водотоки (длиной менее 10 км). Средних рек в бассейне – 11, их общая длина – 1 619 км; 379 рек (5,7 %) имеют длину больше 10 км. Средняя густота речной сети составляет 0,35 км/км<sup>2</sup>. К основным притокам принадлежат: Соб, Кодыма, Синюха, Тикич с Гнилым и Горным Тикичами, Большая Высь, Ятрань, Черный Ташлык, Ингул (табл. 1).

Анализ однородности рядов наблюдений в бассейне р. Южный Буг выполнен по данным 24 гидрологических постов и 10 метеостанций, которые расположены в пределах бассейна (рис. 1). Сделан анализ данных по температуре воздуха за период с 1951 по 2011 год. Данные про характеристики гидрологического режима и продолжительность наблюдений приведены в таблице 2.

По определению Ф. И. Быдина [8], зимний сезон начинается с момента появления осеннего ледохода, а заканчивается – с момента очищения рек ото льда. По результатам наших

предыдущих исследований [9] для бассейна Южного Буга зимний сезон длится с ноября по апрель, что соответствует климатическому холодному полугодю. Ввиду этого, нами анализировались данные только за период с ноября по апрель месяц.

Оценка однородности эмпирических рядов проведена для исходных рядов наблюдений за температурой воздуха, температурой воды, средней и максимальной скоростью потока, расходами и уровнями воды, ледовыми явлениями (появление ледовых явлений, установление устойчивого ледостава, вскрытие, очищение рек, длительность периода с ледоставом и с ледовыми явлениями, средняя и максимальная толщина льда) для рек бассейна Южного Буга.

Ряды наблюдений за скоростями течения, расходами воды, уровнями, температурой воды и воздуха были поделены на три временных интервала в зависимости от внутригодового распределения стока рек бассейна, а именно от гидрологической фазы, которая полностью или частично попадает в пределы холодного полугодия (XI–IV месяцы): ноябрь – окончание летне-осенней межени;

Таблица 1. Основные гидрографические характеристики рек бассейна Южного Буга

Название реки	С какого берега впадает	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
Южный Буг	–	806	63 700
Бужок	л	75	703
Вовк	п	71	915
Иква	л	57	505
Снивода	л	58	906
Згар	п	95	1 160
Десна	л	80	1 400
Ров	п	104	1 160
Сильница	п	67	830
Соб	л	115	2 840
Удич	л	56	861
Дохна	п	68	1 280
Савранка	п	97	1 770
Синица	л	78	765
Кодыма	п	149	2 470
Синюха	л	111	16 700
Большая Корабельная	л	45	550
Бакшала	п	57	766
Мертвовод	л	114	1 820
Чичикля	п	156	2 120
Гнилой Еланец	л	103	1 204
Ингул	л	354	9 890

Таблица 2. Период наблюдений за отдельными характеристиками гидрологического режима

Река	Пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Период наблюдений за:				
			температурой воды	ледовым режимом	расходами воды	уровнями воды	скоростями течения
Южный Буг	с. Пироговцы	827	1964–2010	1964–2010	1964–2010	1964–2011	1964–2011
Южный Буг	с. Лелетка	4 000	1936–2010	1945–2010	1944–46, 1963–2010	1953, 1964–2011	1953, 1964–2011
Южный Буг	с. Сабаров	9 010	1936–2004	–	1929–85	1953–59, 1962–85, 1990–91	1953–59, 1962–85, 1990–91
Южный Буг	с. Тростяничик	17 400	1946–2010	1945–2010	1945–2010	1953–2011	1953–2011
Южный Буг	с. Подгорье	24 600	1946–2010	1945–2010	1926–45, 1958–2010	1957–2011	1957–2011
Южный Буг	г. Первомайск	44 000	1945–2010	1945–2010	1945–61, 1985–2010	1953–63, 1985–2011	1953–63, 1985–2011
Южный Буг	пгт Александровка	46 200	1945–2010	1945–2010	1914–2010	1953–2011	1953–2011
Южный Буг	с. Прибужаны	46 700	1944–2010	1945–2010	–	–	–
Южный Буг	г. Николаев	63 700	1965–2010	1945–2010	–	–	–
Иква	пгт Старая Синява	439	1945–2010	1946–2010	1946–2010	1952–59, 1962–2011	1952–59, 1962–2011
Згар	пгт Литин	692	1936–2010	1945–2010	1931–2010	1952–59, 1962–93, 1996–2011	1952–59, 1962–93, 1996–2011
Ров	с. Демидовка	1 130	1945–2010	1945–2010	1944–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Соб	с. Зосов	92,5	1945–2010	1945–2010	1945–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Савранка	с. Осички	1 740	1944–2010	1945–2010	1944–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Кодыма	с. Катеринка	2 390	1944–2010	1945–2010	1944–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Синюха	с. Синюхин Брод	16 700	1936–2010	1945–2010	1926–2010	1953–2011	1953–2011
Гнилой Тикич	пгт Лысянка	1 450	1946–2010	1945–2010	1944–2010	1952–53, 1958–2011	1952–53, 1958–2011
Большая Высь	с. Ямполь	2 820	1946–2010	1945–2010	1925–41, 1944–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Ятрань	с. Покотилово	2 140	1944–2010	1945–2010	1955–2010	1955–2011	1955–2011
Черный Ташлык	с. Тарасовка	2 230	1937–2010	1945–2010	1933–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Мертвовод	с. Кривая Пустошь	252	1948–2010	1945–2010	1948–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Ингул	г. Кировоград	840	1945–2010	1945–2010	1944–2010	1953–59, 1962–2011	1953–59, 1962–2011
Ингул	с. Седневка	4 770	1944–2010	1945–2010	1954–2010	1954–59, 1962–2011	1954–59, 1962–2011
Ингул	с. Новогорожено	6 670	1943–2010	1945–2010	1944–2010	1953, 1955–59, 1962–2011	1953, 1955–59, 1962–2011



декабрь–февраль – зимняя межень; март–апрель – весеннее половодье. Временные границы фаз определены по данным многолетних наблюдений на реках бассейна и литературным данным.

Также ряды наблюдений за скоростями (средними и максимальными) и уровнями воды (соответственно временным интервалам) были поделены на 4 подгруппы, в зависимости от состояния русла при измерениях расходов: при свободном русле, ледоставе, заберегах и зарастании русла.

Оценка однородности гидрологических характеристик предусматривает использование как гидролого-генетических, так и статистических методов анализа гидрометеорологической информации, которые взаимно дополняют друг друга. Найденные статистическими методами неоднородности, обычно дополнительно подлежат гидролого-генетическому анализу, который раскрывает физический смысл найденной ранее статистической неоднородности [5].

Как известно, критерии статистической оценки гипотез делятся на параметрические и непараметрические (1–3). Для наших расчетов использованы:

1) параметрический критерий однородности средних значений Стьюдента [5]:

$$t = \frac{y_{cpI} - y_{cpII}}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1 + n_2 + 2)}{n_1 + n_2}}; \quad (1)$$

где  $Y_{cpI}$ ,  $Y_{cpII}$ ,  $\sigma_1^2$ ,  $\sigma_2^2$  – средние значения и дисперсии двух последовательных выборок,  $n_1$  и  $n_2$  – объемы выборок;

2) параметрический критерий однородности дисперсий Фишера [5]:

$$F = \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{\sigma}_{j+1}^2}; \quad (2)$$

при  $\sigma_j^2 > \sigma_{j+1}^2$ , где  $\sigma_j^2$ ,  $\sigma_{j+1}^2$  – соответственно дисперсии двух следующих друг за другом частей выборок ( $j$  и  $j+1$ ) объемом  $n_1$  и  $n_2$ ;

3) непараметрический критерий Вилькоксона, критерий принадлежности двух выборок к одной и той же генеральной совокупности [5]:

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_x \cdot (n_x + 1)}{2} - T_x; \quad (3)$$

где,  $n_1$  – количество элементов в первой выборке, а  $n_2$  – количество элементов во второй выборке,  $T_x$  – ранговая сумма.

Не смотря на некоторые недостатки вышеуказанных характеристик [3], данные критерии являются наиболее распространенными статистическими критериями в практике гидрологических исследований.

Для гидролого-генетического анализа однородности рядов построены разностные интегральные кривые и суммарные интегральные кривые гидрологических и метеорологических характеристик [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Важным фактором, который определяет характеристики зимнего режима рек, является температура воздуха. Анализ однородности рядов температуры воздуха в холодный период года проведен нами по данным метеорологических станций, расположенных в пределах бассейна Южного Буга.

По результатам анализа для ноября (конец летне-осенней межени) определена 100 % однородность рядов наблюдений по всем выбранным статистическим критериям (табл. 3). Генетический анализ подтвердил однородность рядов, а построенные разностные интегральные кривые позволили выявить определенную цикличность колебаний с тенденцией

Таблица 3. Результаты оценки однородности рядов температуры воздуха в пределах бассейна реки Южный Буг

Месяцы	Результаты оценки однородности (%), по критериям:		
	Фишера	Стьюдента	Вилькоксона
XI	100	100	100
XII–II	100	70	70
III–IV	100	60	30

к повышению температуры воздуха в ноябре с конца 90-х годов прошлого столетия (рис. 2).

Для других временных интервалов (период зимней межени и весеннего половодья) обнаружены определенные нарушения однородности рядов температуры воздуха по критериям однородности средних значений и критериям принадлежности к одной генеральной совокупности (табл. 3). Проведенный генетический анализ для указанных временных интервалов выявил тенденцию к увеличению температуры воздуха зимнего сезона начиная с зимы 1987–1988 годов. В качестве примера на рис. 2 приведены разностные интегральные кривые колебаний температуры воздуха за отдельные временные интервалы по метеостанции Жмеринка (рис. 2).

Между температурой воздуха и температурой воды существует тесная связь, поэтому

была проанализирована однородность рядов температуры воды рек бассейна (табл. 4). Для анализа использованы среднемесячные значения температуры воды. По результатам оценки однородности значений температуры воды наблюдается тенденция, аналогичная оценке однородности температуры воздуха.

По результатам гидролого-генетического анализа для бассейна Южного Буга наблюдается повышение температуры воды: для ноября – с середины 90-х годов, для других временных интервалов – с конца 80-х годов прошлого столетия (для большинства гидрологических постов стойкое повышение температуры воды наблюдается с зимы 1987–1988 годов). В качестве примера на рис. 3 приведены разностные интегральные кривые колебаний температуры воды по отдельным временным интервалам по гидрологическому

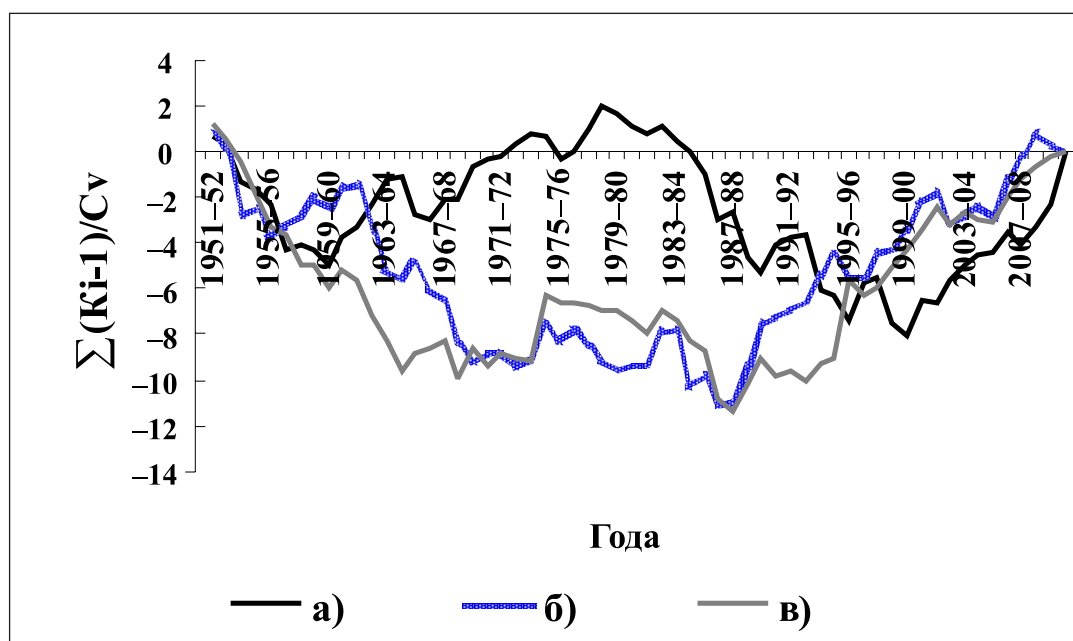


Рис. 2. Разностные интегральные кривые колебаний температуры воздуха по данным метеостанции Жмеринка за: а) ноябрь; б) декабрь–февраль; в) март–апрель

Таблица 4. Результаты оценки однородности рядов температуры воды по данным гидрологических постов в бассейне реки Южный Буг

Месяцы	Результаты оценки однородности (%), по критериям:		
	Фишера	Стьюдента	Вилькоксона
XI	88	88	92
XII-II	75	13	4
III-IV	100	21	21

посту р. Южный Буг – пгт Александровка (рис. 3).

Обнаруженные определенные закономерные изменения температуры воздуха и температуры воды не могли не повлиять на другие гидрологические характеристики, в частности на параметры ледового режима рек бассейна. Для анализа однородности этих характеристик проведены расчеты по отдельным фазам ледового режима (табл. 5).

Анализ таблицы свидетельствует, что для дат появления ледовых явлений по всем статистическим критериям ряды однородные

(значения оценок однородности изменяются в пределах 87–95 %). Наиболее однородными являются значения дисперсий указанной характеристики (табл. 5). По результатам гидрологического анализа с конца 70-х, начала 80-х годов прошлого столетия даты появления льда на реках смещаются на более поздние сроки.

Анализ однородности дат установления устойчивого ледостава показал, что по статистическому критерию Фишера ряды однородные, по данным других критериев – значения однородности несколько ниже (табл. 5). Это может быть обусловлено нестойкостью

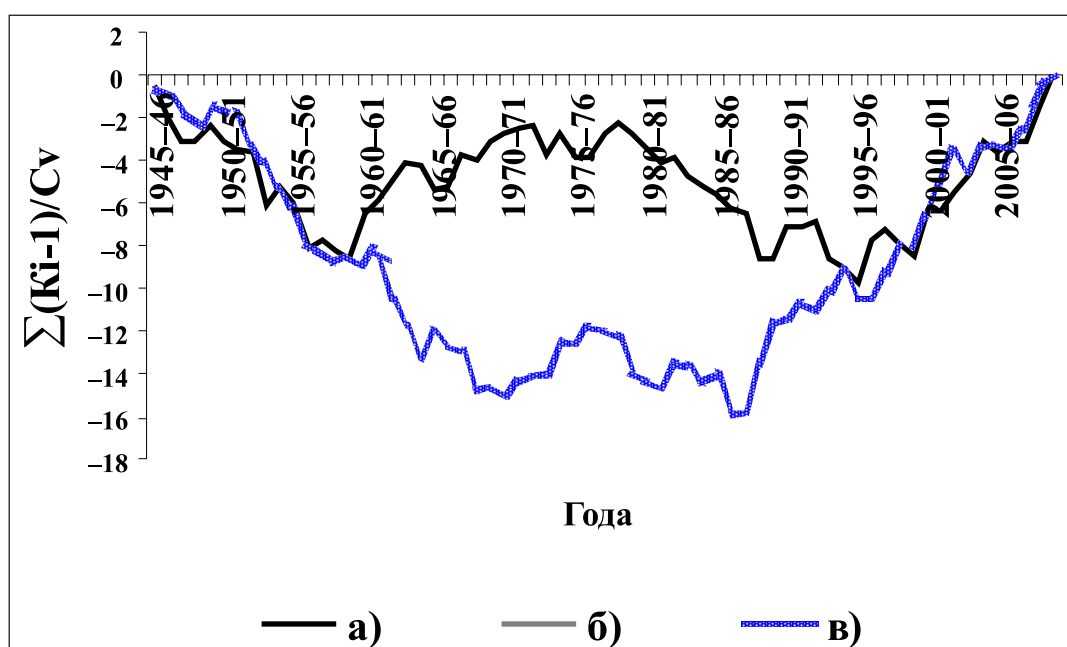


Рис. 3. Разностные интегральные кривые колебаний температуры воды по данным гидрологического поста р. Южный Буг – пгт Александровка за: а) ноябрь; б) декабрь–февраль; в) март–апрель

Таблица 5. Результаты оценки однородности рядов характеристик ледового режима по данным гидрологических постов бассейна реки Южный Буг

Характеристики	Результаты оценки однородности (%), по критериям:		
	Фишера	Стьюдента	Вилькоксона
Осенние ледовые явления:			
– появление льда	95	87	87
– установление устойчивого ледостава	100	70	70
Весенние ледовые явления:			
– вскрытие	76	76	48
– очищение рек ото льда	95	65	45
Средняя толщина льда	81	69	63
Максимальная толщина льда	87	38	25
Продолжительность ледостава	95	65	55
Продолжительность периода с ледовыми явлениями	96	48	48

ледовой фазы во времени или её отсутствием вообще в последние десятилетия. По результатам генетического анализа четко выраженной временной тенденции изменения дат установления устойчивого ледостава не наблюдается.

Результаты оценки однородности дат вскрытия рек показывают, что по параметрическим критериям оценки три четверти рядов однородные, а по непараметрическим, то есть по критерию принадлежности к одной генеральной совокупности – однородными являются только половина рядов (табл. 3). Как правило, однородными остаются ряды наблюдений тех постов, которые расположены на зарегулированных участках рек. По данным генетического анализа, практически по всем гидрологическим постам прослеживается четкая закономерность смещения на более ранние сроки дат вскрытия ледового покрова, начиная с зимы 1987–1988 годов (рис. 4).

Анализ однородности рядов дат очищения рек бассейна Южного Буга ото льда пока-

зывает, что практически все ряды однородные по критерию однородности дисперсий Фишера (табл. 5). По результатам генетического анализа, также как и для дат вскрытия, даты очищения рек ото льда смещаются на более ранние сроки, начиная с зимы 1987–1888 годов (рис. 4).

В качестве примера на рис. 4 приведены интегральные кривые колебаний сроков вскрытия и очищения рек по гидрологическому посту р. Южный Буг – с. Прибужаны.

Одной из важных характеристик ледового режима является средняя и максимальная толщина льда. Однородность рядов средней толщины льда немного выше, чем однородность максимальной толщины льда (табл. 5). Нарушения однородности рядов максимальной толщины обусловлены более теплыми зимами последних десятилетий. По данным генетического анализа прослеживается уменьшение отмеченных величин для рек бассейна, но четкие временные границы начала этого уменьшения определить сложно.

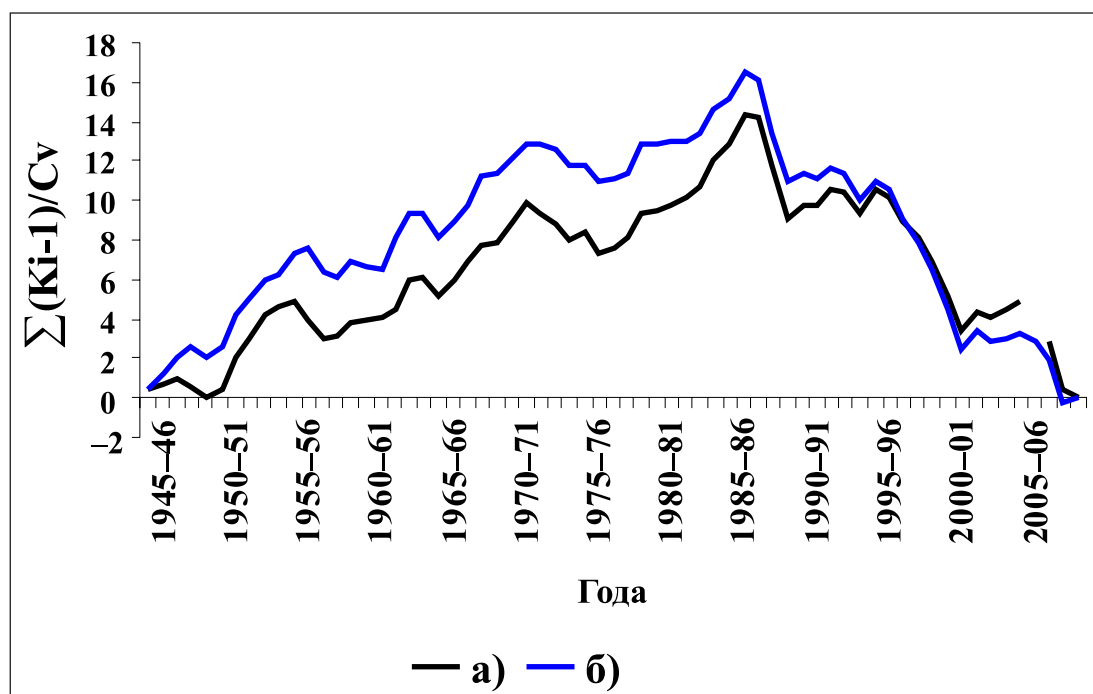


Рис. 4. Разностные интегральные кривые колебаний фаз ледового режима по данным гидрологического поста р. Южный Буг – с. Прибужаны: а) вскрытие рек; б) очищение рек ото льда



Анализ однородности продолжительности периода с устойчивым ледоставом показал, что по критерию Фишера только для одного гидрологического поста (р. Гнилой Тикич – пгт Лысянка) ряд неоднородный. По другим критериям немногим более половины рядов являются однородными. Для продолжительности периода с ледовыми явлениями по критерию Фишера неоднородные только данные по гидрологическому посту р. Южный Буг – с. Тростянчик, по другим статистическим критериям ряды однородны менее чем в половине случаев (табл. 5). Результаты генетического анализа показывают, что начиная с зимы 1987–1988 годов уменьшается продолжительность как периода с устойчивым ледоставом, так и периода с ледовыми явлениями.

Следовательно, для характеристик ледового режима в бассейне Южного Буга произошли определенные изменения, которые более четко проявляются в сроках наступления весенних ледовых явлений, чем осенних. Наиболее однородными данными являются дисперсии указанных выше характеристик, при этом их средние значения в последние десятилетия изменяются.

По данным таблицы 5 прослеживаются большие колебания значений критериальной оценки. Наиболее стабильными являются результаты оценки по критерию Фишера, а наиболее изменчивыми – результаты оценки по критерию Вилькоксона. Это объясняется тем, что величины отклонений от среднего значения за многолетний период (которые определяются критерием Фишера) практически не изменилась в отличие от самых средних значений (критерий Стьюдента). Что касается критерия Вилькоксона, то низкий процент однородности характеристик гидрологического режима объясняется климатическими, а соответственно гидрологи-

ческими изменениями, которые произошли на протяжении последних десятилетий в бассейне Южного Буга, что в свою очередь, влияет на значения двух зависимых выборок.

Поскольку изменения характеристик ледового режима могут быть обусловлены (кроме изменения температуры воздуха) изменениями водности рек, то нами были проанализированы ряды среднемесячных расходов воды за зимний сезон с использованием указанных выше критериев однородности. Результаты анализа приведены в табл. 6.

Анализ таблиц показывает, что однородность рядов среднемесячных расходов воды сохраняется, приблизительно, в половине случаев для всех временных интервалов и всех статистических критериев взятых для исследования. По результатам гидролого-генетического анализа для ноября прослеживается общая тенденция к увеличению водности. На протяжении последних десятилетий для периода зимней межени в верхней части бассейна (до впадения р. Синюхи, включительно) наблюдается увеличение водности зимней межени с начала 90-х годов; для нижней части бассейна – уменьшение водности зимней межени с первой половины 80-х годов прошлого столетия. Для периода весеннего половодья наблюдается общая для бассейна тенденция к уменьшению его водности с конца 80-х годов прошлого столетия (рис. 5).

Нами определена также однородность рядов измеренных уровней воды. Результаты оценки однородности приведены в табл. 7. Для периода свободного русла во время весеннего половодья (март–апрель), ряды имеют существенную внутрирядную связь, поэтому оценка по статистическим критериям не проводилась. Для рек бассейна наличие устойчивого ледостава в ноябре месяце

Таблица 6. Результаты оценки однородности рядов среднемесячных расходов воды по данным гидрологических постов бассейна реки Южный Буг

Месяцы	Результаты оценки однородности (%), по критериям:		
	Фишера	Стьюдента	Вилькоксона
XI	64	41	32
XII–II	50	55	55
III–IV	64	55	45

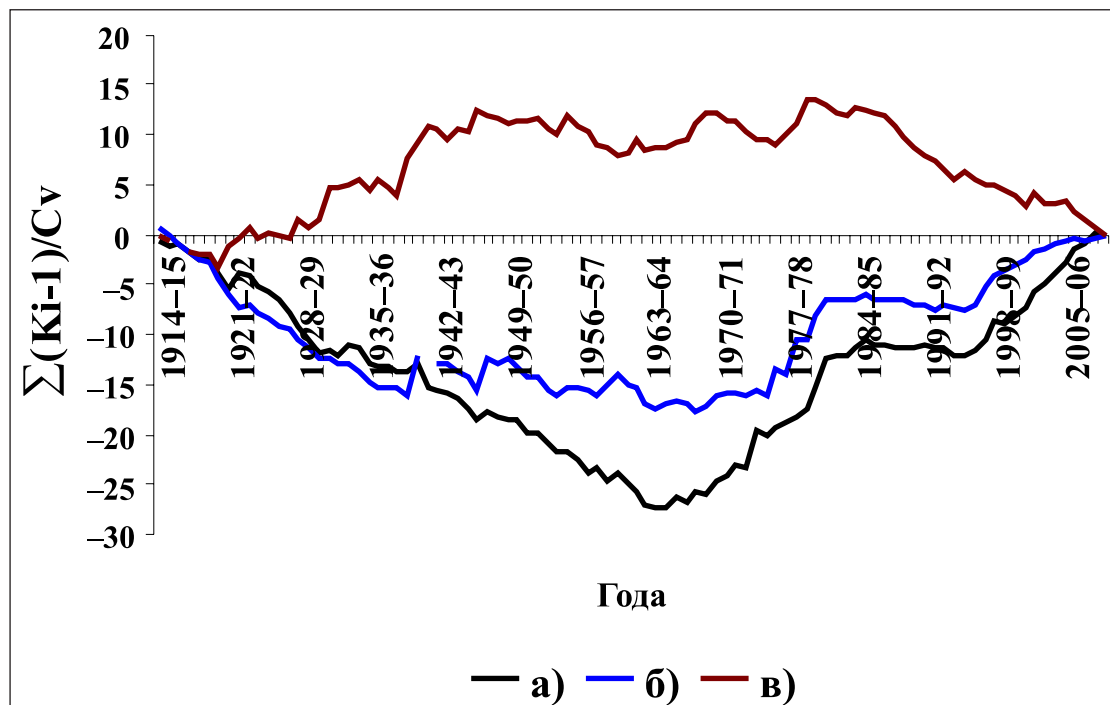


Рис. 5. Разностные интегральные кривые колебаний среднемесячных расходов воды по данным гидрологического поста р. Южный Буг – пгт Александровка: а) ноябрь; б) декабрь–февраль; в) март–апрель

не характерно, поэтому значения в таблице не приведены. Только на двух гидрологических постах наблюдались длительные периоды с заберегами (р. Соб – с. Зозов и р. Кодима – с. Катеринка), поэтому результаты оценки для этого периода также не приведены в табл. 7. В зимние и весенние месяцы зарастание русла (трава) наблюдается меньше

чем на 50 % постов. Поэтому оценка однородности по стационарным критериям так же не проводилась.

На большинстве постов при расчетах однородности отдельных характеристик получены большие значения коэффициента автокорреляции, то есть присутствует высокая внутрирядная корреляционная связь.

Таблица 7. Результаты оценки однородности рядов измеренных уровней воды по данным гидрологических постов бассейна реки Южный Буг

Состояние русла	Месяцы	Результаты оценки однородности (%), по критериям:		
		Фишера	Стьюдента	Вилькоксона
Свободное русло	XI	52	67	67
	XII–II	23	46	54
	III–IV	н.о.	н.о.	н.о.
Ледостав	XI	–	–	–
	XII–II	85	62	46
	III–IV	–	–	–
Забереги	XI	–	–	–
	XII–II	79	71	71
	III–IV	75	88	88
Трава	XI	89	78	67
	XII–II	–	–	–
	III–IV	–	–	–

„н.о.“ – оценка однородности не проводилась из-за высокого коэффициента автокорреляции;

„–“ – оценка не проводилась вследствие отсутствия данных для указанного состояния русла.

Использование статистических критериев однородности, которые были разработаны для внутрирядных некоррелированных последовательностей, для оценки коррелированных последовательностей приводит к тому, что заведомо однородные данные наблюдений могут быть признаны неоднородными. Критерии однородности в подобных случаях слишком чувствительны при проведении оценки однородности. По результатам гидролого-генетического анализа установлены некоторые отклонения от нормы, но четкой тенденции к изменениям отдельных характеристик не наблюдается.

Также нами был осуществлен анализ однородности средней и максимальной измеренной скорости потока, поскольку изменение гидравлических параметров также может повлиять на характеристики ледового режима.

Результаты оценки однородности средней и максимальной скорости потока приведены в табл. 8. Аналогично измеренным уровням воды, отсутствуют и данные в указанной таблице.

В некоторых случаях встречается высокая внутрирядная связь. По данным гидролого-генетического анализа ряды однородные, так же, как и для измеренных расходов, нет четкой тенденции к изменениям. По анализу

разностных интегральных кривых прослеживаются разнонаправленные тенденции к изменениям скоростей течения по отдельным гидрологическим постам, что обусловлено влиянием антропогенных факторов. В частности, для тех гидрологических постов, которые находятся в зоне влияния регулирующих сооружений, однородность скоростного режима сохраняется. Для других постов увеличение водности зимней межени обуславливает определенное увеличение скоростей. Обратная тенденция проявляется для периода весеннего половодья.

## ВЫВОДЫ

1. Актуальность анализа однородности рядов наблюдений на гидрологических постах обусловлена изменениями климатических характеристик и их влиянием на характеристики гидрологического режима. Особенно это касается зимнего периода, поскольку именно на него приходятся наибольшие изменения характеристик водно-теплового баланса.

2. Результаты проведенного анализа однородности характеристик зимнего режима рек бассейна Южного Буга свидетельствуют, что для термических характеристик прослеживается определенная тенденция к их возрастанию в зимние и весенние месяцы с конца

Таблица 8. Результаты оценки однородности рядов средней и максимальной измеренной скорости потока по данным гидрологических постов в бассейне реки Южный Буг

Состояние русла	Месяцы	Результаты оценки однородности (%), по критериям:		
		Фишера	Стьюдента	Вилькоксона
Свободное русло	XI	53(59)*	88(71)	65(71)
	XII-II	13(38)	47(50)	60(56)
	III-IV	н.о.	н.о.	н.о.
Ледостав	XI	-	-	-
	XII-II	67(67)	67(87)	40(47)
	III-IV	-	-	-
Забереги	XI	-	-	-
	XII-II	61(56)	61(67)	50(50)
	III-IV	75(64)	100(55)	100(55)
Трава	XI	77(90)	62(90)	54(90)
	XII-II	-	-	-
	III-IV	-	-	-

„н.о.“ – оценка однородности не проводилась из-за высокого коэффициента автокорреляции;

„-“ – оценка не проводилась вследствие отсутствия данных для указанного состояния русла;

„\*“ – средняя и максимальная (в скобках) измеренная скорость.

80-х годов прошлого столетия. Определенные изменения проявляются и в характеристиках ледового режима, особенно в сроках наступления весенних ледовых явлений.

3. Произошло определенное увеличение водности зимней межени на реках бассейна при одновременном уменьшении водности весеннего половодья.

4. Однородность измеренных уровней и скоростей течения в значительной мере зависит от места расположения поста. Для тех гидрологических постов, которые находятся в зоне влияния регулирующих сооружений (несмотря на общее для бассейна увеличение водности зимней межени) сохраняется однородность рядов гидрологических характеристик.

Получено 24 07 2014

Принято 22 09 2014

#### Литература

1. Dahmen E. R., Hall M. J. *Screening of Hydrological Data: Tests for Stationarity and Relative Consistency*. Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1990. P. 57.
2. Hall M. J. The interpretation of non-homogeneous hydrometeorological time series: a case study. *Meteorological Applications*. 2003. Vol. 10. P. 61–67.
3. Machiwal D., Jha M. K. *Hydrologic Time Series Analysis. Theory and Practice*. 2012. 280 p.
4. Руководство по гидрологической практике. Т. 2. *Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов*. Женева: ВМО. 2012. №. 168. 321 с.
5. *Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным*. ГУ „ГГИ“, 2010. 103 с.
6. Горбачова Л. О. Часова однорідність характеристик водного стоку в басейні річки Боржава. Л. О. Горбачова, В. В. Бібік. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2012. Вип. 262. С. 177–188.
7. Горбачова Л. О. Методичні підходи щодо оцінки однорідності і стаціонарності гідрологічних рядів спостережень. Л. О. Горбачова. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т. 1(32). С. 22–30.
8. *Быдин Ф. И.* Зимний режим рек и методы его изучения. Исследования рек СССР. Ф. И. Быдин. Л.: Изд. ГГИ, 1933. 237 с.
9. Рахматулліна Е. Р. Оцінка сучасного льодового режиму басейну річки Південний Буг. Е. Р. Рахматулліна, В. В. Гребінь. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Т. 3(20). С. 89–95.

Elmira Rachmatullina, Vasiliy Grebin

#### PIETŲ BUGO BASEINO UPIŲ ŽIEMOS SEZONO HIDROMETEOROLOGINIŲ CHARAKTERISTIKŲ DUOMENŲ HOMOGENIŠKUMO ANALIZĖ

##### Santrauka

Vykstant klimato kaitai, ypač paskutiniais dešimtmečiais, jaučiama įtaka upių hidrologiniam režimui, todėl vis aktualesnė tampa hidrometeorologinių duomenų homogeniškumo analizė. Straipsnyje aptartas Pietinio Bugo baseino upių hidrologinių ir meteorologinių duomenų eilučių homogeniškumas žiemos periodu. Kad būtų įvertintas duomenų homogeniškumas, naudoti statistiniai kriterijai (Fišerio, Stjudento, Vilkoksono) ir skirtuminės bei suminės integralinės kreivės, analizuoti tiriamų charakteristikų cikliniai svyravimai ir integralinės kreivės. Įvertintas tiriamų charakteristikų svyravimų cikliškumas ir nustatyti jų pokyčių dėsningumai paskutiniais dešimtmečiais.

**Raktažodžiai:** duomenų homogeniškumas, statistiniai kriterijai, hidrometeorologinė analizė, žiemos periodas

Elmira Rachmatullina, Vasilij Grebin

**HOMOGENEITY ANALYSIS OF WINTER  
REGIME CHARACTERISTICS FOR THE  
SOUTHERN BUG RIVER BASIN**

*Summary*

The homogeneity analysis of hydrometeorological data is an urgent procedure due to climate changes in the last decade and their direct influence on the hydrological regime of rivers. In consequence of the above factors, an analysis of the homogeneity of the hydrological and meteorological observations data of the winter period in the Southern Bug River basin has been carried out. Statistical criteria (Fisher, Student, Wilcoxon) and hydrological-genetic analysis (differential integral curves and summarized integral curves) have been used to assess the homogeneity. The estimation of the cyclical fluctuation of the researched characteristics has been done, and their natural changes in recent decades have been identified.

**Key words:** homogeneity, statistical criteria, hydrological-genetic analysis, winter regime