

2015 гг. представлена на рисунок 5. Основную долю в структуре водопотребления имеет хозяйствственно-питьевое водоснабжение (почти 50 %), хотя за рассматриваемый период уменьшилось в 1,8 раза. Использование воды на промышленное производство сократилось в 1,24 раза.

Водопотребление для целей сельскохозяйственного производства и орошения не имеет ярко выраженной тенденции и в среднем за 2000-2015 гг. равно 7,5 млн. м<sup>3</sup> и 1,7 млн.м<sup>3</sup> соответственно. Использования воды на рыбное прудовое хозяйство в бассейне реки Западный Буг к 2015 году увеличилось в 1,66 раза по сравнению с 2000 г. и занимает 17 % общего водопотребления.

Водоотведение сократилось в 1,4 раза (рисунок 5б). Сброс воды в поверхностные источники уменьшился в 1,03 раза и в среднем за 16 лет равно 59,6 млн. м<sup>3</sup>. Более 80 % сбросных вод попадает в поверхностные водные источники, из них 76 % – нормативно-очищенных, 23 % – вод без очистки и 1 % – загрязненных вод.

Безвозвратное водопотребление уменьшилось почти в 1,2 раза (с 26,2 млн. м<sup>3</sup> в 2000 г. до 22 млн. м<sup>3</sup>).

### **Заключение**

Современный этап использования водных ресурсов в Республике Беларусь характеризуется стабилизацией их потребления. В обозримом будущем в стране не следует ожидать значительного роста или падения водопотребления и существующие водные ресурсы в полной мере будут удовлетворять потребности всех отраслей экономики и требованиям экологического стока. Во всех крупных городах Республики Беларусь имеются очистные сооружения, однако, до сих пор существует проблема их реконструкции и углублении степени очистки биогенных элементов сбрасываемых сточных вод.

Водная стратегия Республики Беларусь разработанная на период до 2020 года позволит улучшить состояние поверхностных и подземных вод; обеспечить население, промышленность и сельское хозяйство водой надлежащего качества; уменьшить негативные последствия наводнений и засух; расширить использование водных объектов для рекреационных целей, ограничить трансграничный перенос загрязняющих веществ [5].

### *Список использованных источников*

- 1 Природная среда Беларуси /под ред. В. Ф. Логинова Мн.: ООО «БИП-С», 2002.
- 2 Окружающая среда и природные ресурсы Республики Беларусь: Статистический сб. Минстат Республики Беларусь, НИИ статистики. Минск, 1995-2015 гг.
- 3 Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод. Минск: Минприроды Республики Беларусь, 1994-2015 гг.
- 4 Водные ресурсы, их использование и качество вод за 2000-2015 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cricuwr.by/gvk/>. – Дата доступа: 14.01.2014.
- 5 Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://minpriroda.gov.by/ru/new\\_url\\_1649710582-ru](http://minpriroda.gov.by/ru/new_url_1649710582-ru).

УДК 556.5

Б.С. Холоденко, доц., канд. геогр. наук; Косяк Д.С., доц., канд. геогр. наук,  
Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина

### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОГО СТОКА РЕК**

Изменения, происходящие в естественной среде и общественной сфере, влияют на водный сток рек. В случае уменьшения водных ресурсов под влиянием климатических изменений проблема водоснабжения хозяйственной сферы существенно обостряется. Также неверные стратегические концепции, принципы, методы и технологии расчетов приводят к ошибкам в сфере хозяйственного использования водных ресурсов, ухудшая экологическое, экономическое положение в стране, регионе и мире в целом.

Поэтому, важным вопросом исследования становится выбор метода обработки имеющейся гидрологической информации. Сегодня как в мире, так и в Украине почти не существует четких методических рекомендаций по получению обоснованных и достоверных оценок современных изменений водных ресурсов в условиях климатических изменений. Поэтому, наряду с вопросом, необходимости получения количественных величин изменений водного стока рек, предстает не менее важная задача по получению именно достоверных оценок таких изменений. Понятно, что, несмотря на то, что в мире применяется достаточно большое количество методов, достоверные оценки можно получить путем разработки унифицированных и обоснованных методов и методик.

Исследованием изменений речного стока в Украине в контексте глобальных и региональных изменений климата посвящено достаточно большое количество публикаций. В работах Одесских гидрологов Гопченка Е.Д., Лободы Н.С. [1, 2] были исследованы многолетние колебания водного стока рек Украины. Констатируется наличие в рядах наблюдений временных трендов, которые следует учитывать при гидрологических расчетах и прогнозах. Тренды анализировались на основе их статистической значимости.

Влияние изменений климатических условий на максимальный сток весеннего половодья рек Украинского Полесья рассмотрен в работах Войцеховича В.О., здесь выявлены нарушения однородности рядов наблюдений с начала 80-х годов XX века.

Изменения климатических показателей и их влияние на водный сток, термический и ледовый режим рек оценены в работах Вишневского В.И. Здесь изменения водного стока рек Украины проведены по оценке значимости линейных трендов рядов наблюдений. Выявленные положительные тренды речного стока, которые обусловлены увеличением количества осадков и уменьшением испарения. Априорно, при исследовании влияния климатических изменений на температуру воды и ледовый режим рек, ряды наблюдений разделены на две части: до 1980 года и после 1981 г. и включительно, температуры воды выросли в марте-апреле на 0,5 °C, толщина льда уменьшилась почти вдвое, уменьшилась продолжительность периода с ледовыми явлениями и ледоставом.

Обобщенный анализ влияния климатических изменений на современный водный режим рек Украины выполнено в работах Гребеня В.В. [3]. Здесь применен ландшафтно-гидрологический анализ. Выделенный единственный момент (точка) для всей Украины с которого началось современное потепление в Украине – 1989 год. С этого года, температуры воздуха постоянно растут. Изменения водного режима рек выполнялись для двух периодов от начала наблюдений по 1988 г. и с 1989 г. до 2008 г.

По исследованиям российских ученых Георгиевского В.Ю., Шикломанова И.А. изменения водности рек в условиях потепления климата наблюдаются с конца 70-х гг. ХХ в.

Влияние современных климатических колебаний на характеристики максимального дождевого стока в Карпатах исследовано, в работе Киндука Б.В. Анализ тенденций выполнено с использованием статистических критериев Диксона и Смирнова-Граббса и оценке значимости линейных трендов. Выявлено наличие положительных тенденций в колебаниях водности рек.

Результаты исследования изменений водного стока и показателей гидрологического режима в зависимости от климатических изменений с применением параметрических и непараметрических критериев показаны в работах многих исследователей (Снежка С.И., Струтинской В.М, Василенко Е.В., Дутко О.В., Холоденко В.С., Галика О.И.). Показано, что ряды наблюдений за среднегодовым стоком являются однородными и стационарными.

Исследования, направленные на разработку методических рекомендаций, относительно получения обоснованных оценок современных и возможных изменений водных ресурсов, проводятся в УкрНИ ГМИ Горбачевой Л.А. [4]. Показано, что применение только статистических критериев, по оценке стационарности и однородности рядов наблюдений могут давать противоположные результаты. Так, при применении двух-трех статистических методов, которые идентичны по своим характеристикам, были получены противоположные результаты. В то же время, за гидролого-генетическими методами ря-

ды наблюдений оказались однородными и стационарными. Например, для рек Закарпатья за параметрическими критериями ряды однородные и стационарные, а по оценке значимости линейных трендов ряды нестационарные. При исследовании рядов среднего за год стока воды на 16 реках Закарпатской водно-балансовой станции обнаружены противоречия в оценках между статистическими и гидролого-генетическими методами. Было показано, что статистически значимые тренды связаны с цикличностью стока воды. Была выполнена оценка стока и однородности сезонных гидрологических и метеорологических данных и выявлено, что изменения во времени, средних значений сезонного стока для водотоков р. Река, значений максимального стока холодного и теплого периодов года, обусловлены циклическими колебаниями и синфазно или противофазно меняются с изменением средних значений сезонных атмосферных осадков и температуры воздуха. Также отмечено, что при оценке однородности и стационарности стока предпочтение необходимо предоставлять гидролого-генетическим методам, так как они в отличие от статистических методов, учитывают условия формирования гидрологических характеристик стока. Комплексное применение статистических и гидролого-генетических методов для анализа временной однородности основных гидрометеорологических факторов весеннего половодья в бассейне р. Десна показало, что статистически значимые тренды носят периодический характер. Ряды максимальных расходов, максимальных запасов воды в снеге, сумм отрицательных и положительных температур воздуха за зимний период, сумм осадков за период весеннего половодья, дат начала и окончания половодья, дат наступления максимальных расходов и максимальных запасов, продолжительности половодья за гидролого-генетическими методами выявили однородность и стационарность. При применении генетического анализа в исследованиях необходимо уточнять такие понятия как однородность и стационарность гидрологической характеристики. Также было высказано мнение, что статистические критерии Фишера и Стьюдента используют для оценки рядов наблюдений только благодаря действующим нормативным документам. Указанные критерии имеют определенные недостатки при применении для гидрологических рядов: не учитывают существенный рост продолжительности рядов, что приводит к изменению их параметров; учитывают только корреляцию смежных лет, и не учитывают междурядные корреляционные связи.

В результате обобщений был сделан ряд выводов, полученные разными авторами оценки изменений водных ресурсов Украины существенно различаются по тенденциям, по значениям, за периодом наступления изменений. Нарушение стационарности и однородности рядов гидрологических характеристик – это критерий выявления изменений. Оценка однородности рядов выполняется с применением одного или двух методов. Используют в большинстве случаев только статистические параметрические критерии Стьюдента и Фишера, хотя последнее руководство по гидрологической практике Всемирной метеорологической организации не рекомендует их использовать в гидрологических исследованиях. Статистические методы упрощают природу водного стока, привязывая его в зависимость от одного, иногда двух-трех факторов. Циклические же колебания водного стока не учитываются при оценке современных изменений водных ресурсов.

Кроме этого были разработаны методические рекомендации для получения достоверных и обоснованных оценок современных изменений водного стока рек. Необходимо одновременно применять статистические и гидролого-генетические методы оценки однородности и стационарности рядов наблюдений. Для уменьшения погрешностей при расчетах статистических критериев необходимо приводить ряды к многолетнему периоду. Гидролого-генетические методы учитывают физические условия формирования стока рек, поэтому им следует отдавать предпочтение, когда возникают разногласия в оценках однородности рядов по сравнению со статистическими методами. При применении методов необходимо обязательно анализировать циклические колебания стока с помощью:

- разностных интегральных кривых гидрологических и климатических характеристик;
- построения и анализа суммарных кривых;

- построения и анализа, двойных разностно-интегральных кривых гидрологических и климатических характеристик;
- построения и анализа совмещенных хронологических графиков гидрологических характеристик для нескольких пунктов, расположенных в пределах однородного гидрологического района;
- построения и анализа графиков связи гидрологических характеристик для нескольких пунктов, расположенных в пределах однородного гидрологического района;
- построения и анализа графиков связи гидрологических характеристик и метеорологических факторов стока;
- построения и анализа кривых расходов воды;
- построения и анализа комплексных графиков хронологических колебаний различных гидрометеорологических характеристик и их факторов.

Оценка значимости линейных трендов может быть использована только как дополнительный показатель. А также желательно применять современные геоинформационные методы исследования изменений водного стока рек. Так как это сделала в своем исследовании Горбачева Л.А. [4]. Она провела классификацию основных методов и подходов, применяемых в гидрологических исследованиях. Положительной стороной ее исследования - является разработка методологии по применению гидролого-генетических методов, которые в совокупности с другими методами исследований позволили автору сформулировать концепцию гидролого-генетического анализа водного стока рек Украины. Также необходимо отметить, что в контексте проблемы оценки территориальной однородности данных наблюдений относительно применения критерия Эндрюса целесообразно. Необходимо, как позитив, также отметить применение для оценки возможных изменений водного стока Украина программного гидрологического комплекса Mike 11; статистической реализации методов водного баланса для речных бассейнов; применение взаимосвязей основных элементов водного баланса речных водосборов за многолетний период, которые расположены в разных географических зонах.

В научном исследовании кафедры водохозяйственной экологии, гидрологии и гидравлики Национального университета водного хозяйства и природопользования [5] авторами проведен анализ многолетней динамики среднего за год стока воды рек 87 бассейнов индикаторов, ряды которых были продлены до многолетнего периода с использованием уравнений регрессии, который показал, что несмотря на проявления антропогенных глобальных и региональных изменений климата в последние 20-30 лет, ряды наблюдений среднего годового стока воды рек Украины, как постатистичным критериям, так и по гидролого-генетическим методам оказались однородными и стационарными. Для половины рек бассейнов Южного Буга, Днепра, Северского Донца и Крыма, а также на реках Причерноморья и Приазовья продолжается маловодная фаза цикла водности. На остальных бассейнах индикаторов наблюдается или многоводная фаза, или фаза стабилизации водности. В хронологических рядах среднего за год стока воды рек Украины, наличие статистически значимых и не значимых, положительных и отрицательных трендов имеет временный характер, так как само существование трендов зависит и от продолжительности и от фаз водности, к которым относятся начальные и конечные части рядов наблюдений.

#### *Список использованных источников*

- 1 Гопченко, Є.Д. Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля на річках Полісся / Є.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Ж.Р. Шакірзанова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3 (20). – С. 50-59.
- 2 Лобода, Н.С. Многолетняя изменчивость климата и водного режима рек Подолья / Н.С. Лобода, С.В. Мельник // Український гідрометеорологічний журнал. – 2009. – № 5. – С. 184-191.
- 3 Гребінь, В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / Гребінь В.В. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.

4 Горбачова, Л.О. Методичні підходи щодо оцінки однорідності і стаціонарності гідрологічних рядів спостережень // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.1(32). – С. 22-31.

5 Гідрометеорологічні дослідження басейнів річок Західного Полісся та Українських Карпат. № держ. реєстр. 0114U001138, від 23.01.2014 р./Науково-дослідна робота/ О.І. Галік, О.П. Будз, Д.С. Косяк, В.С. Холodenko. – НУВГП, 2014-2016. – 94 с.

УДК 628.3

С.В. Сушко

Міністерство природних ресурсів і охорони оточуючої середовища Республіки Білорусь, м. Мінськ

## **УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА МАЛЫХ РЕК В ЧЕРТЕ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТОВ**

Территория Республики Беларусь является водоразделом бассейнов Балтийского и Черного морей. Примерно 55 процентов речного стока приходится на реки бассейна Черного моря и 45 процентов – Балтийского. По территории республики протекает семь больших рек (Западная Двина, Западный Буг, Неман, Днепр, Припять, Вилия, Березина) и 41 средняя. Всего по территории Беларуси протекает 20,8 тыс. рек и ручьев суммарной длиной 90,6 тыс. километров.

Основным источником водных ресурсов Беларуси являются крупные и средние реки, вдоль которых концентрируется население и промышленность. Немаловажное значение имеют также ресурсы малых рек, которые в связи с рассредоточенностью по территории доступны для повсеместного использования.

Ресурсы поверхностных вод включают речной сток и запасы воды в водоемах. В свою очередь речной сток подразделяется на местный (формирующийся в пределах республики) и общий (с учетом поступления транзитного стока из соседних стран) [6].

Основной объем местного речного стока (65 процентов) формируется в водосборах рек Западная Двина, Неман, Вилия и Припять. Преобладающая часть транзитного стока поступает по рекам Западная Двина (35 процентов) и Припять (28 процентов). Распределение местного стока внутри года неравномерно. За три весенних месяца по рекам западной и центральной частей республики (бассейны рек Неман, Вилия, Березина) протекает в среднем 42-47 процентов годового стока [7].

В настоящее время в Республике Беларусь создано 153 водохранилища. Полезный объем водохранилищ – 1,2 куб. километра. Полный объем водохранилищ составляет 2,95 куб. километра, их суммарная площадь – 797 кв. километров, или 0,5 процента площади республики. По месту расположения преобладают водохранилища руслового типа (50 процентов от общего числа водохранилищ республики). На севере широко представлены водохранилища, созданные в результате подпора плотинами уровня воды в озерах [1, 6]. Непосредственно в данном формате необходимо начать говорить о значении и использовании малых водотоков в общем контексте поверхностных вод страны.

Малые водотоки вместе с прилегающими территориями имеют высокое экологическое, градостроительное и рекреационное значение для населенных пунктов, а также велика и их санитарно-гигиеническая роль. Многие малые водотоки и прилегающие к ним территории, являющиеся местом обитания редких животных и растений, входят в состав объявленных государственными заповедниками и заказниками.

Количество и качество водных ресурсов определяют устойчивое развитие любого государства, от них зависит уровень жизни и здоровье населения.

В мировой практике для оценки водообеспеченности чаще используются удельные показатели объема среднегодового речного стока, отнесенные к количеству населения. Водообеспеченность на душу населения в республике близка к среднеевропейской, а по сравнению с соседними странами – выше, чем в Польше и Украине, ниже, чем в Латвии и Литве [1].