

балок та улоговин невеликих запруд з сезонною затримкою стоку (на прикладі Юницького заказнику – досліди В.Докучаєва) з обов'язковим проведенням лісомеріоративних заходів для створення сприятливого мікроклімату (зменшення швидкості вітру, температури, випаровування). Підвищення випаровування також визначає й підвищення кількості опадів. Проблему зменшення води в Дніпрі також можна вирішити шляхом регулювання шлюзами скиду води до Чорного моря. Сучасна трансгресія рівнів Чорного моря дозволяє регулювати приток води річок до нього без суттєвих наслідків.

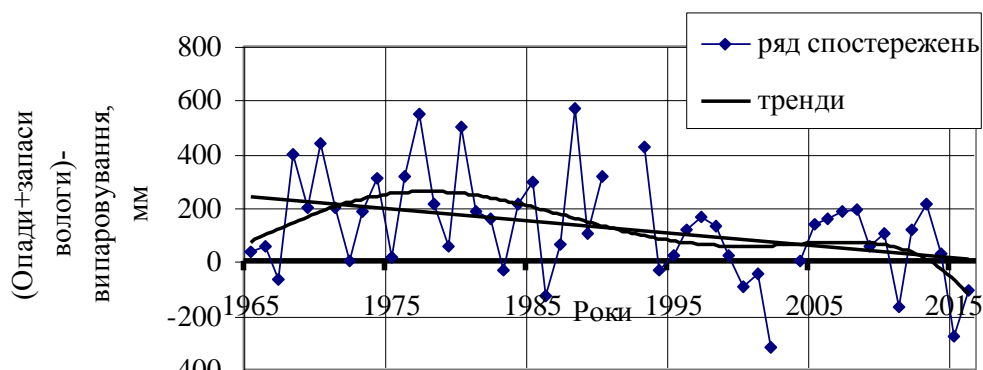


Рис.4. Зміна в часі різниці між прибутковою частиною водного балансу (опаді + запаси вологи в шарі ґрунту 0-100 см) та випаровуванням з водної поверхні р.Случ - м.Сарни

#### Література

1. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Кричевец Г.Н., Сафронова Т.И., Киреева М.Б., Игонина М.И. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России. //Водные ресурсы, 2012, Т.39, №6, С.571-589.
2. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Высотно-пространственный и пространственно-временной анализ водного баланса Европейской части России. Водные ресурсы. 2010. Том 37. №2. С.134-149.
3. Budnik S.V. Spatio-Temporal Change of Atmospheric Precipitation on Territory of North-West of Ukraine. // Journal of Atmospheric Science Research. Vol 2, No 4 (2019). P.4. DOI: <https://doi.org/10.30564/jasr.v2i4.1564>
4. Arnold J.G et all Large area hydrologic modeling and assesment - part 1: model developoment. Journal of the american water resources association. 1998. V.34. N1. P.73-89.
5. Hotchkiss R.H. et all Regulated river modeling for climate change impact assessment: the Missouri river. Journal of the american water resources association. 2000. V.36. N2. p.375-386.
6. Kaczmarek Z. Water balance model for climate impact analysis. Asta geophysica polonica. 1993. Vol.XLI. N4. C.423-437. Kaczmarek Z. Water balance model for climate impact analysis. Asta geophysica polonica. 1993. Vol.XLI. N4. C.423-437.

## СТАТИСТИЧЕСКИ-ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НАРЕЧНОЙ СТОК

*А.А.Волчек, Ан. Волчек, Н.Н.Шешко, И.Н. Шпока*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь*

## STATISTICAL-PROBABILTY EVALUATION IMPACT TECHNOLOGICALLY LOADED TERRITORIES ON RIVER FLOW

*A.A. Volchak, An.A. Volchek, N.N. Sheshko, I.N. Shpoka*

*Brest State Technical University, Brest, Belarus*

The article sets out a methodology for assessing the impact of various

technogenic-disturbed territories on river runoff, which allows one to isolate a number of typical drainage complexes within the catchment area and calculate hydrological characteristics for a given settlement.

The results of a comparative analysis of the formation of surface runoff under natural conditions and under the influence of anthropogenic factors within the catchment of the Mukhavets, Lesnaya, Gaynarivers are presented. The regularity of the decrease in runoff after carrying out construction work on the site is revealed.

Стремительный рост мирового населения влечет за собой расширение городских районов, строительство инженерных объектов, освоение новых территория для сельскохозяйственного использования, разработки новых месторождения полезных ископаемых и т.д., что, без должной научной проработки, представляет серьезную угрозу для естественных процессов, доступности и наличия ресурсов, а также качества окружающей среды.

В этих условиях знания о процессах трансформации режима стока в результате роста техногенно-нарушенных территорий (ТНТ) становятся все более приоритетной задачей в области гидрологических наук [1, 2].

Одним из ключевых факторов антропогенных преобразований стока является трансформация подстилающих поверхностей [3, 4]. Влияние морфометрических характеристик русла и параметров водосбора на подземный сток принято учитывать коэффициентом неполноты дренирования подземных вод. Данный коэффициент показывает насколько полно река вскрывает водоносный горизонт грунтовых вод. Коэффициент при полном дренировании приближается к единице. Как показали исследования, приближение площади к критической, происходит незначительное уменьшение подземного стока. Аналогичные подходы применимы при учете антропогенных трансформации подстилающих поверхностей.

Целью данной работы является разработка и апробация методики оценки влияния ТНТ на речной сток рек Беларуси с помощью средневзвешенных коэффициентов поверхностного стока.

Методика исследования. Среднее значение коэффициента поверхностного стока с водосбора определяется по формуле

$$\alpha_{cp}, \quad (1)$$

где  $y$  – слой среднего поверхностного стока с водосбора, мм;  $P$  – средняя сумма осадков, выпавшая на водосбор, мм.

Имея экспертно назначенные коэффициенты стока можно вычислить действительное значение модуля поверхностного стока вводя коэффициент трансформации поверхностного стока. Величину коэффициента трансформации поверхностного стока для  $i$ -го ландшафта определяется по соотношению

$$\beta_i = \alpha_i / \alpha_{cp}, \quad (2)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент стока  $i$ -го ландшафта.

Среднее значение коэффициента поверхностного стока с водосбора (части водосбора), включающего в себя НТН рассчитывается по формуле

$$\beta_{cp} = (\beta_1 \cdot A_1 + \beta_2 \cdot A_2 + \dots + \beta_i \cdot A_i + \beta_n \cdot A_n) / A, \quad (3)$$

где  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  – коэффициенты поверхностного стока с различных видов поверхностей территории;  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – площади различных видов поверхностей (стокоформирующих комплексов) рассматриваемой территории, км<sup>2</sup>, которые определяются по плану местности масштабом от 1:500 до 1:5000;  $A$  – общая площадь водосбора или всей ТНТ, км<sup>2</sup>.

Тогда для небольших водотоков (площадь водосбора менее  $A_{кр}$ ) норма модуля стока, м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>, определяется с учетом трансформации подстилающих поверхностей [5]

$$\bar{q}_T = \beta_{cp} \cdot q_{пов} + K_{др} \cdot q_{подз}, \quad (4)$$

где  $q_{пов}$  – норма модуля поверхностного стока;  $\beta_{cp}$  – средневзвешенный коэффициент трансформации подстилающих поверхностей;  $K_{др}$  – коэффициент, учитывающий неполное дренирование подземных вод;  $q_{подз}$  – подземная составляющая зональных значений нормы модуля стока, определяемая по разности общего и поверхностного стока, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>).

В зависимости от площади водосбора влияние застроенных (преобразованных) ландшафтов может, как значимо влиять на поверхностный сток, так влияние может не превышать стандартную ошибку или точность оценок. Для количественной оценки степени преобразованности ландшафта введем понятие коэффициента трансформации подстилающих поверхностей, который будет представлять собой отношение площади нарушенных земель на водосборе к общей площади водосбора. К нарушенным будем относить все ландшафты кроме естественных (лесных, болотных, луговых и пахотных земель). При неким критическом отношении площади трансформации  $A_T$  к площади водосбора  $A$  будем наблюдать статистически значимые изменения величины речного стока, данное отношение обозначим как  $\mu = A_T/A$ . Площадь водосбора, при которой наблюдаются значимые отклонения в величине стока, назовем критической площадью поверхностного стока  $A_{кр}$ . При различных уровнях трансформации подстилающих поверхностей  $A_{кр}$  будет меняться. Размер критической площади поверхностного стока определим исходя из допустимой ошибки среднесезонного стока. Функционально предполагаем, что  $A_{кр}$  будет зависеть от следующих факторов: соотношения трансформированной площади водосбора к площади в естественном состоянии  $\mu$ ; средневзвешенного коэффициента трансформации поверхностного стока  $\beta_{cp}$ ; изменчивости среднегодового стока (в качестве изменчивости принимаем среднеквадратическое отклонение)  $\sigma_{\bar{Q}}$ . Тогда получаем:

$$A_{кр} = f(\mu, \beta_{cp}, \sigma_{\bar{Q}}) \quad (5)$$

Рассмотрим модельный водосбор  $A$ , на котором присутствует суммарная трансформированная водосборная площадь  $A_T$ , тогда изменения величины стока  $\Delta Q$  для данной площади могут быть определены:

$$\Delta Q = Q'_T - Q_T, \quad (6)$$

где  $Q_T$  – величина стока, образующаяся на участке площадью  $A_T$  без учета влияния изменений в характеристиках подстилающей поверхности, м<sup>3</sup>/с;  $Q'_T$  – тоже, только с учетом изменений в характеристиках подстилающей поверхности, м<sup>3</sup>/с.

Учитывая уравнения (6) и (4) запишем

$$\Delta Q = Q'_T - Q_T = (A_T \cdot q'_{пов} + A_T \cdot K_{др} \cdot q_{подз}) - (A_T \cdot q_{пов} + A_T \cdot K_{др} \cdot q_{подз}), \quad (7)$$

сокращая и вынося за скобки получим

$$\Delta Q = Q'_T - Q_T = A_T (q'_{пов} - q_{пов}), \quad (8)$$

заменим  $q'_{пов} = q_{пов} \cdot \beta_{cp}$ , тогда имеем

$$\pm \Delta Q = A_T \cdot q_{пов} (\beta_{cp} - 1). \quad (9)$$

Выдвигаем нулевую статистическую гипотезу: естественная изменчивость стока меньше изменений обусловленных трансформацией подстилающих поверхностей. Тогда запишем условие:

$$H_0 : F_{v_1, v_2, \alpha} = \frac{\sigma_{\bar{Q}}^2}{(\Delta Q)^2} \quad (10)$$

Таким образом, критическую площадь  $A_{кр}$  будем определять из условия соблюдения равенства

$$F_{v_1, v_2, \alpha} = \frac{\sigma_{\bar{Q}}^2}{(\Delta Q)^2} \quad (11)$$

Выразим среднеквадратическую ошибку следующим уравнением

$$\sigma_{\bar{Q}}^2 = A^2 \cdot \sigma_{\bar{q}}^2. \quad (12)$$

Подставим уравнения (12) и (9) в (11)

$$F_{v_1, v_2, \alpha} = \frac{A^2 \cdot \sigma_{\bar{q}}^2}{(A_T \cdot q_{пов} (\beta_{cp} - 1))^2} = \frac{A^2 \cdot \sigma_{\bar{q}}^2}{A_T^2 \cdot q_{пов}^2 \cdot (\beta_{cp} - 1)^2} \quad (13)$$

Заменим отношение площадей и выразим его из уравнения (13).

$$\mu = \frac{\sigma_{\bar{q}}}{q_{\text{пов}} \cdot |\beta_{cp} - 1| \sqrt{F_{v_1, v_2, \alpha}}} \quad (14)$$

Рассматривая отдельные участки водосбора относительная площадь будет зависеть от уровня осреднения (элементарной фигурой), поэтому ее величину определим как средневзвешенную. При этом размер элементарной фигуры и будет равен искомой  $A_{1\text{кр}}$

$$\mu_{cp} = \frac{A_{1\text{кр}} \sum_{i=0}^n \mu_i}{A} \Rightarrow A_{1\text{кр}} = \frac{A \cdot \mu_{cp}}{\sum_{i=0}^n \mu_i} \quad (15)$$

Принимая с определенным уровнем допущений равными между собой  $\mu$  и  $\mu_{cp}$ , подставим уравнение (15) в (14), откуда получим

$$A_{\text{кп}} = \frac{A \cdot \sigma_{\bar{q}}}{q_{\text{пов}} \cdot |\beta_{cp} - 1| \sqrt{F_{v_1, v_2, \alpha}} \cdot \sum_{i=0}^n \mu_i} = \frac{\sigma_{\bar{q}}}{q_{\text{пов}} \cdot |\beta_{cp} - 1| \sqrt{F_{v_1, v_2, \alpha}} \cdot \sum_{i=0}^n \mu_i} \quad (16)$$

Окончательно получаем

$$A_{\text{кп}} = \frac{\sigma_{\bar{q}}}{q_{\text{пов}} \cdot |\beta_{cp} - 1| \sqrt{F_{v_1, v_2, \alpha}} \cdot \sum_{i=0}^n \left( \frac{A_{r_i}}{A_{1\text{кр}}} \right)} \quad (17)$$

Уравнение (17) решается методом подбора с применением ГИС. Сопоставляя полученное уравнение с первичной функциональной зависимостью (5) видно, что в вычислении  $A_{1\text{кр}}$  участвуют все предполагаемые параметры, а качестве статистического критерия значимости используется  $F$  критерий Фишера при заданном уровне значимости.

По приведенной выше методике проведен численный эксперимент по влиянию ТНТ на речной сток в границах водосбора рек Мухавец, Лесная, Гайна [6]. Градостроительство один из факторов воздействия на формирование стока на примере застройки одного из микрорайонов в г. Бресте. По расчетным данным, можно сделать вывод, что теоретически поверхностный сток сократиться на 11,68 % при возведении на данном участке зданий и сооружений, прокладке автодорог и пешеходных дорожек. Промышленность как фактор воздействия на формирование стока. Участок расположен в пределах водосбора р. Лесная и занимает площадь 2061,12 м<sup>2</sup>. Строительство промышленных зданий и сооружений, в данном случае сокращает объемы поверхностного стока на 9,87 % Сельское хозяйство как фактор воздействия на формирование стока. Для участка, площадью 91614 м<sup>2</sup> норма годового стока равна 3,71 дм<sup>3</sup>/с, после проведения строительных работ по возведению зданий по содержанию животных и складских помещений, навесов для выгула животных среднегодовой объем поверхностного стока сократится на 64,48 %. На примере застройки жилого микрорайона в г. Бресте, промышленного предприятия СП «Санта Бремор» в г. Бресте, планируемой к застройке молочно-товарной фермы в Минской области, вблизи д. Гайна, прослеживается тенденция к уменьшению количества среднегодового объема поверхностного стока после ввода в эксплуатацию каждого объекта. На сегодняшний день развитие градостроительной деятельности, промышленности и сельского хозяйства неизбежно. Сокращение среднегодовой объемов поверхностного стока с дальнейшими последствиями характерно для всех областей страны.

#### Литература

1. Волчек, А.А. Сток с урбанизированных территорий и его очистка / А.А. Волчек, И.В. Бульская // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2013. — Vol. 2. — P. 88–92.
2. Niemczynowicz, J. Urban hydrology and water management – present and

*future challenges / J. Niemczynowicz // Urban Water. – 1999. – Vol. 1, No. 1. – P. 1–14.*

3. Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий. СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05. – Введ. 01.01.05. – Санкт-Петербург: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2005. – 75 с.

4. Крашенинникова, С.В. Влияние урбанизированных территорий на формирование поверхностного стока / С.В. Крашенинникова // Известия Пензенского государственного педагогического университета. — 2008. — Vol. 10(14). — С. 119–121.

5. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.04-168-2009(02250) // Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. – 55 с.

6. Оценка влияния техногенно нарушенных территорий на речной сток / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек, Н.Н. Шешко, И.Н. Шпока // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – №2(120) : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 87 – 92.

## **ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТУРИСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ТРАНСКОРДОННИХ ВОДНИХ БАСЕЙНІВ (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ДНІСТЕР)**

**Грицьку В.С.**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,  
м. Чернівці*

## **ECOLOGIZATION OF TOURIST ACTIVITY IN THE CONDITIONS OF CROSS-BORDER WATER BASINS (ON THE EXAMPLE OF THE DNIESTER RIVER)**

**Hrytsku Veronika S.**

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,  
Chernivtsi*

The proposed article analyzes the data on the ecological status of the Dniester River, which could potentially become one of the most popular in the formation and development of cross-border tourism. According to ecological indicators, the river belongs to the category of "slightly polluted", hydrobiological, microbiological, biogenic pollution, as well as indicators of pesticides and heavy metals did not exceed the norm, and in some cases have a slight downward trend. All these data give optimistic forecasts for further intensification of tourism activities, including cross-border.

Активізація транскордонного співробітництва у напрямі туристичної діяльності повинна стати справжнім поштовхом розвитку прикордонних територій, які на теперішній час характеризуються невисокими показниками соціально-економічного розвитку. Проте такий напрям співпраці між сусідніми країнами має відбуватися за умов розвитку туристичної діяльності в межах дотримання сучасних екологічно допустимих параметрів. Для забезпечення умов сталого (екологічно збалансованого) розвитку туризму і рекреації у транскордонних регіонах найбільш доцільними вбачаються: реалізація спільних проектів по екологічно збалансованому туризму на об'єктах природно-заповідного фонду, туристичних водних об'єктах, перш за все тих, що розміщені по обох сторонах кордону.

Найбільш привабливою річкою для активного розвитку туристичної діяльності в Чернівецькій області вважається Дністер. Це річка у Східній Європі, по якій проходить державний кордон між Республікою Молдова та Україною. Довжина Дністра складає 1362 км, площа басейну - 72,1 тис. км<sup>2</sup>. Від Галича до Хотина річка утворює Дністровський каньйон, який з 2008 року