

УДК 556.531.504.4.062(477)

Холоденко В.С.

**СУЧАСНІ МЕТОДИКИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ДОПУСТИМИХ
МІНІМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ НА РІЧКАХ ПРИП'ЯТСЬКОГО
ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

Встановлення екологічно допустимих мінімальних витрат води на річках Прип'ятського Полісся України за різними сучасними методиками та їх обґрунтування.

Ключові слова: витрата води, водозабір, водність річки, повінь, швидкість течії води, самовідновлення.

Установление экологически допустимых минимальных расходов воды на реках Припятского Полесья Украины по разным современным методикам и их обоснование.

Ключевые слова: расход воды, водозабор, водность реки, половодье, скорость

течения воды, самовосстановление.

Installing environmentally acceptable minimum water flow in the rivers Pripjat Polissya of Ukraine by various modern techniques and their rationale.

Key words: water consumption, water intake, water content of rivers, flood, flow rate of water self-healing.

Вступ. Сезонна і багатолітня нерівномірність поверхневого стоку, особливо в долинах малих річок і середніх річок, обмежує можливості раціонального, безперервного і екологічно безпечного використання водних ресурсів. Разом з тим в маловодні періоди нерідко виникають дефіцити води, які створюють кризові ситуації в водопостачанні населення і галузей економіки. Тому, особливо на малих та середніх річках, спостерігається зменшення водності та порушення їх природної рівноваги. Отже, за таких обставин виникає нагальна потреба у встановленні екологічно допустимих мінімальних витрат води на річках.

Аналіз останніх досліджень. Єдиних екологічних нормативів для визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води на річках України немає. Значна частина публікацій, вітчизняних і зарубіжних, базується в основному на окремих аспектах проблеми. Дослідженнями в напрямку визначення екологічних витрат води в річках займалися С.Л. Вендров, В.Н. Дерябін, А.М. Черняєв (Росія), П.Д.Гатило, І.М. Філіпович, Ф.Ф. Кефалі, Б.В. Фащевський (Білорусь), М.В. Лаликін (Молдова), А.Г. Каск, Т.Б. Маллінт, Х.А. Кельнер (Естонія) та багато інших вчених з різних країн світу. Зокрема, в Україні вагомий внесок у визначення екологічних витрат води зробили Й.В. Гриб, О.Г. Ободовський, А.В. Яцик, В.І. Мокляк, М.В. Цепенда, В. С. Холоденко та інші [1,2].

Методика дослідження. При визначенні екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок необхідно виходити з основної умови – збереження екологічно безпечного стану водної екосистеми, коли не підривається здатність природних комплексів екосистеми до саморегуляції, самоочищення і самовідновлення.

Для визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води у річках взято сучасні методики [3,4,6] для конкретних річок і створів (рр. Тур'я біля м. Ковель, Уборть біля с. Перга та Ірша біля с. Українка), для різних фаз водного режиму річки.

Постановка завдання. Для визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води на досліджуваних річках (період дослідження з 1945-1974 рр. і 1994-2004 рр.), були виконані наступні завдання:

- встановлено екологічно допустимі мінімальні витрати води за методикою Й.В. Гриба;
- встановлено екологічно допустимі мінімальні витрати води за методикою О.Г. Ободовського;
- встановлено екологічно допустимі мінімальні витрати води за методикою А.В. Яцика.

Результати дослідження. 1. Необхідно відмітити, що під поняттям *екологічно допустимі витрати води* необхідно розуміти такі витрати води, які повинні зберігатися в річці при будь-яких видах господарської діяльності і забезпечувати процеси руслоформування, стік завислих і рухомих наносів, відтворення біологічних ресурсів, задовільний санітарний стан і самоочищення річки. А *екологічно допустимі мінімальні витрати води* – це нижня межа екологічно допустимих витрат води, яка визначає умови існування організмів, тобто є лімітуючим чинником функціонування річкової системи [3].

Дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених значно відрізняються при визначенні у водотоках екологічно допустимих мінімальних витрат води (природоохоронних, санітарних, лімітуючих та інших). В якості критеріїв виступають економічні, гідрологічні, гідробіологічні та інші фактори.

Так, *Й.В. Гриб* [6,7] пропонує визначати екологічно допустимі мінімальні витрати води у річках за окислювальною здатністю водотоку для різних фаз водного режиму. Отже, розрахунок проводимо за формулами:

1) для зимової межені

$$Q_{\min} = \frac{K \cdot L \cdot q \cdot Z \cdot |t^0| \cdot \Delta}{K_2' \cdot (\theta - 4)}. \quad (1)$$

Для річок із значним впливом болотного стоку (р. Прип'ять, верхів'я р. Тур'я, р. Стохід) необхідно враховувати окислювально-відновні процеси природних вод з високим вмістом закисного заліза і розрахунок мінімуму витрат води ведемо за формулою:

$$Q_{\min} = \frac{(KLq + K_2 L_0 Q_p) Z |t^0| \Delta}{K_2' (\theta - 4)n}, \quad (2)$$

де K – константа біохімічного споживання розчиненого кисню стічними водами (для зимової межені $K = 0,2$); L – величина БСК₅ річкових вод, мгО₂/л; q – об'єм стічних вод, м³/с; Z – коефіцієнт замору (коефіцієнт інтенсивності продукційно-деструкційних процесів) (прийнято $Z = 0,3$); $|t^0|$ – середньомісячна температура повітря зимової межені по абсолютних значеннях (в окремих випадках може прийматися по максимальних значеннях), °С; Δ – вирівнюючий коефіцієнт, що приводить відношення $\frac{|t^0|}{n}$ в безрозмірну величину, який приблизно дорівнює $\Delta = 1$; K_2' – коефіцієнт реаерації в підлідний період. Якщо льодостав – він приблизно рівний 0,1, якщо немає льоду – приблизно рівний 1,0 і більше; K_2 – константа споживання кисню водами з високим вмістом заліза ($K_2 = 0,5$); θ – фактичний вміст розчиненого кисню, мгО₂/л; 4 – допустимий мінімум

розчиненого кисню у воді, що забезпечує збереження біоти, мгО₂/л; L_0 – величина БСК₅ річкових вод, мгО₂/л, р. Прип'ять, Тур'я, Стохід; Q_p – витрата річкових вод, м³/с; n – сумарна кількість атмосферних опадів у зимову межень, см або мм.

2) для літньої межени

$$Q_{\min} = \frac{K \cdot L \cdot q}{K_2' \cdot (\theta - 4)} \quad (3)$$

Коли річка у створі спостережень значно заростає вищою водною рослинністю (верхів'я водосховищ), то формула (3) матиме вигляд:

$$Q_{\min} = \frac{KLq + K_0B}{K_2'(\theta - 4)} \quad (4)$$

де K_0 – інтенсивність споживання біомасою водоростей розчиненого кисню у ранкові часи ($K_0 = 0,8$ мгО₂/кг с); B – біомаса водоростей у поперечному перерізі русла та ширині річки, рівна швидкості проходження води за 1 с (визначається за натурними даними), кг/сек. Інші умовні позначення ті ж, що й у попередніх формулах.

Результати встановлення екологічно допустимих мінімальних витрат води за методикою Й.В. Гриба на досліджуваних річках представлені у таблиці 1.

2. Методика *О.Г. Ободовського* [4,5] має дещо схожі моменти з методикою [3], але більше уваги приділено гідравлічним особливостям водотоку і процесам взаємодії потоку і русла, а отже, визначення екологічно допустимих витрат води залежить від прояву руслових процесів в річках.

Зокрема, *О.Г. Ободовський* [4] під екологічно допустимими витратами води розуміє витрати, які не порушують саморегулюючої системи «потік-русло». У більш широкому розумінні це витрати, які відповідають при проходженні водопілля і високих паводків руслоформуючим витратам води і визначають основний стік завислих і донних наносів, а в межений період – витратам з незамулюючими швидкостями, за яких спостерігається тільки стік завислих наносів.

Таким чином, з одного боку, екологічно допустимі витрати виконують «промивання» русла в період високих вод і не дозволяють йому розмиватися або замулюватися в межень. З іншого – екологічно допустимі витрати практично не порушують гідрологічного режиму водотоку і не потребують додаткових водних ресурсів для підтримання оптимальних екологічних умов в річці. Автор пропонує визначати екологічно допустимі витрати для різних фаз водності: водопілля, межень, паводки. Вони мають чітко обмежені (включаючи руслоформуючі витрати) допустимі межі свого проходження. Їх верхня межа визначається витратами з

максимальними нерозмивними швидкостями V_{np} , а нижня – витратами з мінімальними незамулюючими швидкостями течії $V_{нз}$. Отже, при проходженні необхідно виконувати умову:

$$V_{нз} < V_{ЕДВ} < V_{np},$$

(5)

де $V_{ЕДВ}$ - швидкість, яка відповідає проходженню екологічно допустимих витрат води у меженний період. Розрахунок екологічно-допустимих витрат виконується для конкретного гідрологічного поста за відповідною схемою.

У монографії [4] автор відмічає, що зв'язок між екологічно допустимими витратами та екологічно допустимими мінімальними витратами і у літню межень можна зобразити рівнянням регресії:

$$Q_{ЕДВ} = 2,132 Q_{minЕДВ} - 3,06.$$

(6)

У зимову межень рівняння регресії має вигляд:

$$Q_{ЕДВ} = 6,29 + 1,80 Q_{minЕДВ}.$$

(7)

Результати встановлення екологічно допустимих мінімальних витрат води за методикою О.Г. Ободовського на досліджуваних річках представлені у таблиці 1.

3. В Керівництві по проектуванню заходів по покращенню екологічного стану малих річок України [8] відносно водоохоронного стоку (в «Керівництві» він називається екологічним) сказано, що такий стік повинен забезпечувати дотримання самоочисної здатності водотоку, не замулення і не заростання русла, обводнення прируслових територій, задоволення потреб водокористувачів по об'єму і якості води, а також задовольняти потреби, які пред'являють природоохоронні організації як до самої річки, так і до водоприймача. Мінімальна екологічна витрата враховується як водокористувач без вилучення води з джерел. Багато з цих положень вірні, деякі не розкриті і на наш погляд хибні, а саме головне в «Керівництві» відсутня розрахункова основа, без якої все вище сказане можна віднести до переліку факторів, які обумовлюють екологічний стік.

Тому для збереження річок від виснаження і запобігання шкідливих змін необхідно в руслах річок резервувати частину водних ресурсів, яка повинна забезпечувати стійкий стан водної екосистеми. І, враховуючи наявну вихідну інформацію, для встановлення екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок Прип'ятського Полісся України, використано найбільш повну і достовірну розробку, яка відповідає вимогам сьогодення, «Методику» [3], яка розроблена під керівництвом А.В. Яцика.

Методика включає дві моделі розрахунків, які доповнюють одна одну: еколого-гідрологічну та деструкційно – продукційну.

Деструкційно-продукційна модель включає в себе розрахункові показники (біомасу фітопланктону, вміст розчиненого кисню у воді,

біологічно-м'які органічні сполуки за інтегральним показником БСК_{пов}), які враховують як аллохтонні, так і автохтонні складові формування обраних показників, при чому останні складові залежать від цілого комплексу як природних, так і антропогенних чинників.

Отже, для розрахунків екологічно допустимих мінімальних витрат води, які необхідно залишити у річці, щоб забезпечити кисневий режим у водному потоці для дихання риби і окислення органічних речовин, які надходять у русло річки в об'ємі стічних вод, використовується формула Фелпса-Стриттера в модифікації І.В.Гриба [7]:

а) для зимової межені

$$Q_{\min} = \frac{(KL_{cm}Q_p + KL_p q_{cm})Z}{K_1(\theta - \theta_0)} * \frac{|t^0| \Delta}{n} \quad (8)$$

б) для літньої межені

$$Q_{\min} = \frac{KL_{cm}Q_p + KL_p q_{cm} + K_0 B}{K_1(\theta - \theta_0)} \quad (9)$$

де q_{cm} - об'єм стічних вод, що надходить в русло річки вище розрахункового

створу від локальних джерел забруднення, м³/с; Q_p - середня за період витрата води у створі річки, м³/с; L_{cm} - величина БСК₅ стічних вод, мгО₂/дм³; L_p – величина БСК₅ річкових вод, мгО₂/дм³; K – коефіцієнт біохімічного споживання розчиненого у воді кисню у річкових та стічних водах (для зимової межені $K = 0,2$, для періоду відкритого русла $K = 0,4$); Z – поправочний коефіцієнт, що враховує інтенсивність окислювальних процесів у зимовий період (за натурними дослідженнями, $Z = 0,3$); K_1 - коефіцієнт реаерації (для зимової межені $K_1 = 0,1$, для періоду відкритого русла $K_1 = 0,3$); θ - фактичний вміст у річковій воді розчиненого кисню, мг/дм³; θ_0 - допустимий мінімум розчиненого у воді кисню ($\theta_0 = 4,0$ мг/дм³); $|t^0|$ - середньомісячна температура повітря (модуль) у зимову межень, °С; n - кількість атмосферних опадів у цей період або товщина снігового покриву, см; Δ - поправочний коефіцієнт розмірності, $\Delta = 1$ см/°С; K_0 - коефіцієнт споживання розчиненого кисню біомасою водоростей у темний період доби ($K_0 = 0,8$ мгО₂/кг с); B - біомаса водоростей у поперечному перерізі русла при певній ширині річки і швидкості течії (визначається за натурними даними), кг/м².

Встановлені таким чином мінімальні витрати води для зимової і літньої межені орієнтовно можна прийняти за екологічно допустимі мінімальні витрати води в розрахунковому створі річки (таблиця 1), забезпечують кисневий режим у водоймі для дихання риби і окислення органічних речовин, які потрапляють у русло річки із стічними водами.

Показниками, за якими у еколого-гідрологічній моделі оцінюються процеси руслоформування і формування сприятливого гідрологічного

режиму, що лімітують величини екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок у різні фази водного режиму, визначено такі:

- рівні і витрати води у весняну повінь, дотримання яких забезпечує у річках переміщення донних і завислих наносів та можливість руслоформування, затоплення заплав і вологозарядку ґрунтів прируслової території для забезпечення росту лучних трав, міграції риби на нерест та відновленню кормів для всіх видів гідробіонтів;

- режим швидкості течії руслового потоку на початку вегетації макрофітів, розвитку фіто- і зоопланктону, який сприяє створенню оптимальних умов формування гідробіоценозів та пригнічує розвиток синьо-зелених водоростей (середня швидкість руслового потоку $V_{\text{ц}}=0,5$ м/с);

- критичні незамулюючі середні швидкості течії руслового потоку, дотримання яких забезпечує рухомість ґрунту по дну і запобігає замуленню річища (для річок Полісся України $V_{\text{нв}} = 0,25$ м/с і тільки в річках глибиною 0,7...1,0 м можна допустити швидкість 0,1...0,2 м/с);

- критичні середні швидкості течії руслового потоку в період інтенсивного розвитку макрофітів, величини яких перешкоджають заростанню водного дзеркала (середня швидкість течії руслового потоку $V_{\text{зар}}=0,3$ м/с).

Перші два критерії визначають екологічно допустимі мінімальні втрати води в екстремальний період повені, коли створюються умови для затоплення заплав і транспортування наносів.

Останні два показники є нормованими для всіх категорій водних об'єктів України та всіх видів стічних вод.

Результати встановлення екологічно допустимих мінімальних витрат води на досліджуваних річках за даною методикою А.В.Яцика представлено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати встановлених екологічно допустимих мінімальних витрат води

Річка - пункт	Значення екологічно допустимих мінімальних витрат води							
	За методикою Й.В. Гриба		За методикою О.Г. Ободовського		За методикою А.В. Яцика			
					Еколого-гідрологічна модель		Деструкційно-продукційна модель	
	Зимова межень	Літня межень	Зимова межень	Літня межень	Зимова межень	Літня межень	Зимова межень	Літня межень
Тур'я – м. Ковель	1,72	3,82	-	-	1,72	3,05	1,74	3,3
Уборть – с. Перга	-	-	2,70	2,04	2,20	1,16	2,30	1,2
Ірша – с. Українка	-	-	-	2,55	1,48	0,87	1,48	1,37

Під час вибору об'єктів дослідження та їх гідрологічних постів, враховували період дослідження, зорієнтований на природний статус річок, властивий їм за умов відсутності чи незначного впливу людської діяльності, тобто найбільш наближеним до природного екологічного стану.

Аналіз результатів таблиці 1, свідчить, що розрахунки екологічно допустимих мінімальних витрат води з річок за еколого-гідрологічними критеріями та за балансом процесів продукції і деструкції в екосистемі показують, що вони дуже близькі за значенням. Це свідчить про їх достовірність і екологічну обґрунтованість. Також це стосується встановлених витрат за іншими методиками.

Висновок. За методикою Й.В. Гриба при визначенні екологічно допустимих мінімальних витрат води в річках особлива увага приділяється навантаженню по органічних речовинах і окислювальну здатність водотоку, споживання розчиненого кисню біотою (зимовий період) та споживання розчиненого кисню рибою для дихання (літній період).

Методика О.Г. Ободовського більше уваги приділяє гідравлічним особливостям водотоку і процесам взаємодії потоку і русла, а отже, визначення екологічно допустимих мінімальних витрат води залежить від прояву руслових процесів в річках.

А методика А.В. Яцика при визначенні екологічно допустимих мінімальних витрат води більше уваги приділено критеріям функціонування екосистеми річки, нейтралізації впливу стічних вод на кисневий режим водного потоку, який розраховується за формулами Фелпса-Стриттера в модифікації Й.В. Гриба, окремо для зимової і літньої межени, а також еколого-гідрологічним критеріям потоку. Тобто ця методика є більш комплексною і поєднує у собі як еколого-гідрологічні критерії, так і гідробіологічні та гідрохімічні.

Вибір методики розрахунку екологічно допустимих мінімальних витрат води повинен бути комплексним і враховувати якомога більше критеріїв стану річки – еколого-гідрологічних, руслоформуєчих, гідробіологічних, гідрохімічних тощо, це дає змогу виявити критерії, які найгірше впливають на стан річки.

Використані джерела:

1. Яцик А.В., Холоденко В.С. Оцінка екологічно допустимого рівня відбору води з річок у різну їхню водність // Водне господарство України. – 2007. - № 5. – с. 29-34.
2. Холоденко В.С. До визначення екологічно допустимого рівня відбору води з річок // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник/ Відп. редактор – В.К.Хільчевський. – К.: ВГЛ “Обрії”, 2008. – Том.14. – с. 138-144.
3. Методика визначення екологічно допустимих рівнів відбору води з річок з метою збереження сталого функціонування їх екосистем / [Яцик А. В., Бишовець Л. Б., Кириченко С. М., Кудріна А. В., Аніщенко Л. Г., Чураєвська Н. М., Свердлов Б. С., Холоденко В. С.]; під наук. кер. А. В. Яцика, друк. в автор. ред. – К. : Оріяни, 2002. – 48 с.
4. Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). – К.: Ніка-Центр, 2001. – 274с.
5. Ободовський О. Г. Руслові процеси: [навчальний посібник] / О. Г. Ободовський. – К. : РВЦ “Київський університет”, 1998. – 134 с.
6. Гриб И.В. Анализ заморных явлений в малых реках Западного Полесья// Гидробиологический журнал. – 1972. - № 2. – с.42-48.

7. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем: (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління) [Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В., Волкова Л.А.]; навчальний посібник. – Рівне, ППФ “Волинські береги”. 1999. – Т.2. – 198 с.

8. Проектирование мероприятий по улучшению экологического состояния малых рек Украины Т-343: Этап 1 «Рекомендации по проектированию мероприятий по улучшению экологического состояния малых рек Украины» [Текст]: руководство – Киев, Укрводпроект, 1992. – 36 с.