

УДК 504.4.054:502.55

**Вербецька К. Ю.**, асистент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИК ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД (НА ПРИКЛАДІ ТИПОВОЇ р. ГУБІСЦКАЛІ)**

Виконано порівняльний аналіз методик оцінки якості поверхневих вод на прикладі типового водного об'єкту Західної Грузії – середньої напівгірської річки Губісцкалі. Встановлено суттєві переваги методики КНД 211.1.4.010–94, яка надає більш повну оцінку екологічного стану водного об'єкта.

**Ключові слова:** інтегральна оцінка, якість води, ступінь забруднення, гідрохімічні та гідробіологічні показники.

Сравнительный анализ методик оценки качества поверхностных вод был проведен на примере типичного водного объекта Западной Грузии – средней полугорной речки Губисцкали. Установлены существенные преимущества методики КНД 211.1.4.010–94, представляющей более полную оценку качества и экологического состояния водного объекта.

**Ключевые слова:** интегральная оценки, качество воды, степень загрязнения, гидрохимические и гидробиологические показатели.

The comparative analyses of estimation methods of the surface water quality on the example of typical water object of Western Georgia – the small semimountain river Gubisckaly was conducted. Substantial advantages of ecological evaluation of the surface water quality according to the methodology given in the manual КНД 211.1.4.010–94 was set.

**Keywords:** integral method of estimation, water quality, contamination degree, hydrochemical and hydrobiological parameters.

Для визначення стану водного середовища загальноприйнятим є проведення моніторингових спостережень за зміною фізико-хімічних та гідробіологічних параметрів, а також порівняння одержаних результатів із нормативними рівнями допустимих значень, таких як ГДК – гранично допустима концентрація.

В останні роки з розвитком техніки, яка дозволяє опрацьовувати великі масиви експериментальних даних, відкриваються нові можливості для дослідження впливу різних факторів у зміні екологічного стану водойм за допомо-

гою різних класифікацій за сукупністю фізико-хімічних и біологічних параметрів.

При аналізі даних моніторингових спостережень є необхідність стислого їх подання та об'єктивнішої оцінки якості води. Це викликало появу комплексних інтегральних оцінок, які зводять всю сукупність даних до невеликого числа показників.

**Найбільш інформативними є індекси якості або забруднення води, які представляють собою узагальнену кількісну оцінку якості води за сукупністю основних показників і видами водокористування [1].**

На сьогодні сформовано два основних підходи оцінки стану водних об'єктів, які характеризують якість їх вод за гідробіологічними та гідрохімічними показниками. Тому індекси якості води можуть бути розділені на три категорії: гідробіологічні (індекси Шеннона, Гуднайта – Уітлея, Вудівісса та інші), гідрохімічні (КЗ, ІЗВ, MWQI), за сукупністю фізико-хімічних та біологічних параметрів [1-13].

Оскільки головними параметрами дослідження при екологічному моніторингу, насамперед, є гідрохімічні параметри, а гідробіологічні часто відсутні взагалі, у роботі нами розглянуто гідрохімічний та комбінований блоки інтегральних оцінок якості води.

Детальніше нами були проаналізовано 7 поширених в нашій державі та у світі інтегральних індексів якості води: І<sub>e</sub> (КНД 211.1.4.010–94); CCME WQI; NSF WQI; І<sub>E</sub> – комплексний екологічний індекс (Й.В. Гриб, М.О. Клименко); Malaysian Water Quality Index; КЗ (КНД 211.1.1.106–2003); індекс забруднення води (ІЗВ).

Для проведення порівняльного аналізу індексів якості води нами було обрано водний об'єкт, типовий для Західної Грузії – середня напівгірська річка Губісцкалі (в межах території дослідження такі водні об'єкти складають більшість). Річка Губісцкалі протікає у різних геологічних породах: вулканічних, вапнякових та алювіальних, змінюючи всі типи русла: від гірського – на витоці, до рівнинного – у пригірловій частині річки, де вона виходить на територію верхньої ділянки Колхідської низовини. Особливості вертикальної зональності також яскраво проявляються у кліматі, ґрунтовому та рослинному покриві басейну річки.

Визначення її гідрохімічного складу було виконане Департаментом гідрометеорології Грузії у 49 пункті, який розташований на 0,4 км вища гирла р. Губісцкалі [13].

**Отже, метою цієї роботи є аналіз якості вод за різними існуючими методиками на прикладі типової річки Губісцкалі, порівняння отриманих результатів та виявлення характерних особливостей методик при оцінюванні якості поверхневих вод. Вихідні дані для проведення розрахунків – гідрохімічні показники якості води р. Губісцкалі, наведено в табл. 1.**

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку інтегральних індексів забруднення поверхневий вод річки Губісцкалі  
(пункт відбору проб 49), 2009 р.

Місяць року	Температура	Швидкість течії	Витрата	Завислі речовини	pH	Розчинений кисень	Насиченість киснем	ХСК	БСК5	Нітроген нітритний	Нітроген амонійний	Амоніак	Сумарний нітроген	Фосфати	Сульфати	Хлориди	Мінералізація	Ферум загальний	СПАР
Одиниці виміру	°C	м/с	м <sup>3</sup> /с	мг/дм <sup>3</sup>	од. рН	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	%	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	мгN/дм <sup>3</sup>	мгN/дм <sup>3</sup>	мгN/дм <sup>3</sup>	мгN/дм <sup>3</sup>	мгP/дм <sup>3</sup>	мгSO <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	мгCL/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>
I	4	0,31	6,5	92	7,28	8,28	63	5,2	2,6	0,018	0,23	–	0,308	0,034	20,3	5,5	245,7	0,23	0,06
II	9,2	0,18	5,5	67	7,1	8,21	71	10,6	2,98	0,007	0,51	–	0,597	0,034	28,2	6,4	273	0,46	0,07
III	4	0,21	9,0	66	7,1	8,88	68	7,4	2,78	0,01	0,14	–	0,47	0,046	19,3	4,5	200,4	0,12	–
V	24,2	0,31	10,0	68	7,2	7,8	93	4,2	2,2	0,02	0,7	0,01	1,29	0,057	21,4	6	213,6	0,31	0,07
VI	18	0,32	12,0	78	7,05	7,62	80	6,3	2,28	0,067	0,31	0,01	1,12	0,068	23,4	6	236,4	0,5	0,1
VII	27,2	0,21	7,5	238	7,2	7,9	104	5,2	2,5	0,012	0,32	0,01	0,702	0,04	26,8	4,4	126,8	0,39	0,12
Гранично допустимі концентрації речовин у воді водойм рибогосподарського призначення																			
ГДК	28	–	–	20	6,5-8,5	6	100	2	2	0,02	0,5	–	1	0,2	100	300	1000	0,1	0,01
Кратність перевищень ГДК																			
C <sub>i</sub> /C <sub>ГДК</sub>	–	–	–	5,07	–	1,35	0,79	3,3	1,28	11,17	0,736	–	0,745	0,232	0,232	0,02	0,216	3,35	7

**При порівнянні комбінованих інтегральних** індексів якості води було виявлено такі відмінності:

1) Комплексний екологічний індекс ( $I_e$ ) та ССМЕ WQI – не обмежують кількості параметрів для визначення якості води, оскільки фактичні концентрації порівнюються з нормативами (ГДК для різних водогосподарських потреб, ЕН). Спрощена (формалізована) екологічна оцінка за КНД 211.1.4.010–94 передбачає чітко визначений перелік параметрів – 42, а NSF WQI – лише 9.

2) Спрощена екологічна оцінка та комбінований екологічний індекс розділяють параметри якості води на три блоки: сольового складу, трофосапробіологічного та специфічних домішок токсикологічної дії. Проте результат спрощеної екологічної оцінки надає інформацію щодо блоку та параметра, які є основними у формуванні якості поверхневих вод та визначають їх категорію та клас, а комбінований екологічний індекс є середнім значенням 3-х блокових індексів.

3) При визначенні блокових індексів у спрощеній екологічній оцінці, відповідно до системи перевідних функцій, одразу встановлюється, до якої категорії та класу якості належать води за кожним параметром, а методика визначення комбінованого екологічного індексу вказує кратність перевищень блокових гідрохімічних та гідробіологічних параметрів у порівнянні з нормативами.

4) Комбінований екологічний індекс ( $I_E$ ) та ССМЕ WQI надають інформацію про якість води та стан водного середовища, а NSF WQI – лише якість води. За допомогою комбінованого екологічного індексу ( $I_E$ ) та ССМЕ WQI можна визначити рівень антропогенного навантаження на водний об'єкт. Значною перевагою екологічної оцінки за КНД 211.1.4.010–94 є можливість визначення категорії та класу якості поверхневих вод, ступеня їх забруднення. Розгорнута екологічна оцінка також встановлює категорію трофності та зону сапробності поверхневих вод.

5) Лише у розрахунках ССМЕ WQI врахована повторюваність випадків забруднення упродовж досліджуваного періоду чи серед кількості тестів кожного з параметрів у певному створі.

Порівняння гідрохімічних інтегральних оцінок MWQI, ІЗВ та КЗ встановило певні особливості їх розрахунків:

1. Всі вище перелічені гідрохімічні інтегральні оцінки мають обмежений перелік показників: у MWQI та ІЗВ він рівний 6-ти, але для MWQI він чітко встановлений, а для ІЗВ обов'язковими є лише 2 показники, решта обирається за найбільшими величинами перевищень нормативів; у КЗ використовується 10 показників, які найбільшою мірою перевищують ГДК.

2. Розрахунок ІЗВ та КЗ базується на визначенні кратності перевищень фактичних концентрацій нормативних значень, а MWQI – системі перевідних функцій та фактору значущості кожного з показників.

3. Встановлена величина MWQI визначає якість води, відповідне водогосподарське призначення та рівень забруднення, а величини ІЗВ та КЗ – лише рівень забруднення поверхневих вод.

За методикою спрощеної екологічної оцінки (КНД 211.1.4.010–94) [3, 4] якість води річки Губісцкалі аналізувалась за 17-ма показниками, серед яких 2 показники токсикологічної дії: Фезаг та СПАР. Розрахований за допомогою системи перевідних функцій екологічний індекс становить 6,015, що відносно якости води Губісцкалі до VII категорії та класифікує її води як дуже погані.

Методика “Спрощеної екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв України” надає інформацію щодо блоку та параметру, які є основними у формуванні якості поверхневих вод. Якість води р. Губісцкалі формується за рахунок показників трофо-сапробіологічного блоку – завислих речовин, БСК<sub>5</sub>, Нітрогену нітритного, нітратного, амонійного та фосфатів. Слід відмітити високу концентрацію показників токсикологічної дії, яка в 3 (Fe<sub>заг</sub>) та 7 (СПАР) разів перевищують нормативні значення.

Розрахунок комплексного екологічного індексу (методика “Комплексної експертної оцінки екосистем басейнів річок” Й.В. Гриб, М.О. Клименко) [2], що є модифікацією спрощеної екологічної оцінки також проводиться для трьох блоків та 17-ти гідрохімічних показників якості води. Порівняння фактичних концентрацій гідрохімічних показників проводили зі значеннями ГДК для поверхневих вод рибогосподарського призначення. За результатами розрахунку води р. Губісцкалі належать до III класу якості, що характеризує стан водного середовища як задовільний.

При визначенні кратності перевищення фактичних значень концентрації гідрохімічних показників до їх значень ГДК також було встановлено значні перевищення по завислим речовинам, ХСК, нітратам у 5, 3 та 11 разів відповідно у блоці I<sub>в</sub> та по залізу та СПАР у блоці I<sub>с</sub>.

Розрахунок середнього арифметичного від трьох блокових індексів не надає інформацію про характер забруднення (показники якого блоку формують якість води). Тому виникає розбіжність у результатах при порівнянні з керівним нормативним документом, де максимальне значення блокових індексів і визначає якість води.

Для розрахунку ССМЕ WQI нами було обрано 13 гідрохімічних показників якості води [8].

Відбір проб води проводився 6 разів за рік для всіх показників, окрім СПАР, для якого значення n<sub>i</sub> становить 5. Було встановлено, що за такими показниками, як завислі речовини, ХСК, БСК<sub>5</sub>, Нітроген нітритний та амонійний, Fe<sub>заг</sub> та СПА,Р спостерігалось перевищення нормативу хоча б один раз за рік (табл. 1). Отже, відсоток показників, за якими виявлено перевищення ГДК, становить 53,85%.

Серед всього масиву тестів (156 тестів) якості води 32 не задовольняють вимоги ГДК, тому значення F2 становить 20,51%. Для розрахунку F3 було

попередньо розраховано та підсумовано кратність перевищення всіх індивідуальних тестів показників якості води.

Розрахункове значення ССМЕ WQI, яке становить 59,73, свідчить про те, що якість води р. Губісцкалі належить до IV класу. За рахунок антропогенного навантаження якість води часто погіршується та умови водного середовища зазвичай відхиляються від природних чи бажаних.

Індекс NSF WQI також належить до комбінованих інтегральних оцінок якості води, оскільки оцінка проводиться за сукупністю фізико-хімічних та біологічних показників [9, 10]. Найвні дані гідрохімічного складу вод р. Губісцкалі не містять бактеріологічної складової, а також значення каламутності води, тому розрахунок NSF WQI проводився за 7-ма показниками якості води. Для визначення величини “Q-value” нами було використано калькулятор NSF WQI, який розміщено на сайтах (<http://www.water-research.net/watqualindex/waterqualityindex.htm>, <http://www.fivecreeks.org/monitor.html>).

Отримане розрахункове значення NSF WQI (86,5) знаходиться в межах від 70 до 90, що класифікує поверхневі води р. Губісцкалі, як добрі, що належать до II класу якості.

Серед недоліків цієї методики є обмежений перелік гідрохімічних та біологічних показників, що при оцінці може призвести до неврахування пріоритетних параметрів, а також суб’єктивний характер факторів значущості кожного з параметрів. Отримане значення індексу якості води не дає можливості оцінити її придатність для різних потреб водопостачання.

Методика оцінки якості поверхневих вод MWQI [11, 12] дещо подібна до методики NSF WQI, оскільки передбачає використання факторів значущості кожного з параметрів, а також перевідних показників, які залежать від фактичних концентрацій (Sub-Index та Q-value відповідно).

За результатами розрахунку MWQI якість води річки Губісцкалі належить до III класу якості – вода помірно забруднена.

Розрахунок коефіцієнта забрудненості (КЗ) вод річки Губісцкалі проводили за 17-ма гідрохімічними показниками [6]. Після визначення кратності перевищень ГДК нами було обрано 7 показників (завислі речовини, ХСК, БСК<sub>5</sub>, азот нітритний та амонійний, залізо та СПАР – фактичні концентрації перевищують нормативні) та 3 показники, концентрації яких задовольняють ГДК – розчинений кисень, рН та фосфати, за якими було проведено подальші розрахунки.

КЗ належить до гідрохімічних інтегральних оцінок якості води і є середнім арифметичним сукупної дії гідрохімічних показників якості води.

При розрахунку КЗ також враховується кількість відборів проб у *j*-му створі впродовж року. Відбір проб води проводився 6 разів для всіх показників, окрім СПАР, для якого показник *n<sub>i</sub>* становить 5 (табл. 2).

За результатами розрахунків КЗ води річки Губісцкалі є помірно забруднені, значення КЗ = 3,59 і знаходиться в межах 2,5-5,0.

Розрахунок ІЗВ [7] для вод річки Губісцкалі ми проводили за 6-ма показниками: 2 обов'язкові – розчинений кисень та БСК<sub>5</sub>, 4 показники, концентрації яких перевищують рибогосподарське ГДК, – завислі речовини, Нітроген нітритний, Fe<sub>заг</sub> та СПАР.

Результат розрахунку кратності перевищення ( $C_{факт}/C_{док}$ ) засвідчив перевищення у 11 разів ГДК азоту нітратного та у 5 раз ГДК завислих речовин (табл. 1).

За величиною отриманого індексу забруднення води (ІЗВ = 4,05) води річки Губісцкалі належать до III класу якості та класифікуються як брудні.

Отримані результати розрахунку інтегральних індексів якості води Губісцкалі були занесені до таблиці 2 з метою їх порівняння. У таблиці наведено розраховані величини індексів та відповідний їм клас якості води, який також зображується за допомогою кольору, що відповідає європейському кольоровому кодуванню: I клас – блакитний, II клас – зелений, III клас – жовтий, IV клас – жовтогарячий та V клас – червоний.

Таблиця 2

**Порівняння результатів комплексної оцінки якості води р. Губісцкалі**

Методика оцінки якості поверхневих вод	Значення індексу	Клас якості/ Категорія	Якість води	Ступінь забрудненості	Стан водного середовища	Рівень антропогенного навантаження
Іе - КНД 211.1.4.010-94	6,01	V / 7	дуже погана	брудна	незадовільний	
Комплексний екологічний індекс (І <sub>е</sub> )	4,12	III	-	-	задовільний	випадання особливо чутливих видів
CCME WQI	59,73	IV	гранична	-	умови зазвичай відхиляються від природних чи бажаних	якість води час-го порушується.
NSF WQI	86,5	II	добра	-	-	-
MWQI	72,98	III	-	помірно забруднена	-	-
КНД 211.1.1.106 - 2003	3,59	III	-	помірно забруднена	-	-
ІЗВ	4,08	III	-	брудна	-	-

**Отже, всі вище зазначені методики розрахунку індексів** різняться за структурою та складністю, за їх допомогою ми отримуємо різну інформацію щодо забруднення водного об'єкта. Так, за значеннями ІЗВ та КЗ можна порівняти забрудненість води на різних ділянках водного об'єкту, а також якість води у двох різних об'єктах. За цими значеннями також можна визначити динаміку зміни забрудненості, хоча не всі індекси можуть дати повну інформацію щодо екологічного стану річки.

Індекс якості води NSF WQI надає інформацію щодо антропогенної дії

комунально-побутових та частково сільськогосподарських стоків на поверхневій водні об'єкти. Він може використовуватись при дослідженні сезонних змін екологічного стану водного об'єкта, та для оцінки багаторічного прогнозу.

За допомогою MQWI якість води в річці розрізняється за придатністю для різних потреб водокористування: господарсько-питне, рибне господарство, рекреація. Але цей індекс дає лише початкову інформацію і за ним може реально оцінити, наскільки можливе використання води річки для різних потреб водокористування без попередньої очистки.

Метод ССМЕ WQI розрахований мінімально на чотири показники, а верхня межа – необмежена, але потрібно також враховувати той фактор, що при використанні великої кількості показників, реальна картина екологічної ситуації даного водного об'єкту буде викривлена.

ССМЕ WQI, спрощена екологічна оцінка І<sub>е</sub> (КНД 211.1.4.010-94) та комплексний екологічний індекс І<sub>Е</sub> (Й.В. Гриб, М.О. Клименко) більш універсальні. Ці методики мають великий спектр вибору показників якості води біохімічного та гідрохімічного характеру.

Використання комплексної методики оцінки якості поверхневих вод дозволяє вирішити складнощі в управлінні водними ресурсами, а саме: ускладнення програми моніторингу; збільшення об'ємів даних та необхідність їх співставлення зі стандартами та критеріями якості води; визначення трансграничного перенесення забруднюючих речовин. Отже, за результатами проведених порівнянь інтегральних оцінок якості води було встановлено, що методика КНД 211.1.4.010–94 є більш універсальною та надає повнішу інформацію щодо екологічного стану водного об'єкту.

Розгорнута екологічна оцінка якості поверхневих вод надає інформацію щодо категорії та класу якості поверхневих вод; ступеня їх забруднення; стану водного середовища; ступеня мінералізації; зони сапробності; категорії трофності водного об'єкту; блоку та параметру, які є визначальними у формуванні якості поверхневих вод.

Формалізація розгорнутої екологічної оцінки дозволяє: проводити оцінку якості поверхневих вод за гідрохімічними та гідробіологічними показниками трьох блоків; абсолютні кількісні значення кожного гідрохімічного показника переводити в уніфіковані, інтегральні показники якості води (блокові індекси, категорії, класи), які відображають зміни умов формування якості поверхневих вод під впливом антропогенних чинників; враховувати динаміку перехідних процесів від однієї категорії якості води до іншої.

1. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 264 с. 2. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем : навч. посібн. для студ еколог. спец. вищ. навч. закл.: у 3 т. / М. О. Клименко, Й. В. Гриб., В. В. Сондак; за ред. М. О. Клименко. – Рівне : «Волинські береги», 1999. – Т. 2. (Основні терміни, поняття, методики) – 198 с. 3. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України :



Методика : КНД 211.1.4.010-94. – К., 1994. – 37с. 4. Яцик А. В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн. / А. В. Яцик. – К. : Генеза, 2003. – Т. 3, кн. 5. – 494 с. 5. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксюк та ін. – К. : СИМВОЛ – Т, 1998. – 28 с. – (Затв. наказом Мінекобезпеки України від 31.03.98, № 44). 6. Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод ( в системі Мінекоресурсів : КНД 211.1.1.106. – 2003. Офіц. вид. – К. : Міністерство екології та природних ресурсів України. – 2003. – 70 с. – (Керівний нормативний документ Міністерства екології та природних ресурсів України). 7. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения: СанПиН № 4630-88. – М. : Минздрав СССР, 1988. – 70 с. 8. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0 [Technical Report] // Canadian environmental quality guidelines, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001). – Режим доступу до статті: [http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi\\_techrprftcsh e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_techrprftcsh e.pdf). 9. Cude C. Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. Journal of American Water Resources Association. – 2001. – № 37. – P. 125-137. 10. House M. A. Water Quality Indices as Indicators of Ecosystem Change // Environmental Monitoring and Assessment. – 1990. – № 15. – P. 255-263. 11. Study on the river water quality trends and indexes in peninsular Malaysia // Water Resources Publication. – 2009. – № 21. (Water resources management and hydrology division department of irrigation drainage ministry of natural resources and environment Malaysia). – Режим доступу: [http://h2o.water.gov.my/man\\_water/wrp21.pdf](http://h2o.water.gov.my/man_water/wrp21.pdf). 12. Dr. Zulkifli Abdul Rahman Water Quality Management in Malaysia / Department of Environment Malaysia. – Режим доступу: <http://www.iges.or.jp/jp/ltp/pdf/wwf3/fr2.pdf>. 13. Клименко М.О. Типізація річок Західної Грузії / М. О. Клименко, Н. М. Вознюк, К. Ю. Вербицька // Збірник наукових статей III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – Вінниця, 2011. – С. 193-196.

Рецензент: к.с.-г.н., доцент кафедри екології, Прищеп А.М. (НУВГП)