

Оцінка якості вод господарсько-питного і рибогосподарського призначення та її вдосконалення на прикладі нижнього Дунаю

С. О. Кур'янова, С. М. Юрасов

Одеський державний екологічний університет, м.Одеса, Україна
*Corresponding author. E-mail: Red_sun@ukr.net

Paper received 01.11.17; Revised 07.11.17; Accepted for publication 10.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-05>

Анотація. В статті виконано аналіз оцінки якості вод за діючими методиками на прикладі нижнього Дунаю. Доведено, що недоліки існуючих методик не дозволяють адекватно характеризувати стан водних об'єктів як джерел господарсько-питного і рибогосподарського призначення. Приведено виконання розрахунків, дані рекомендації по їх перевірці, наведено приклади розрахунків. Запропоновано шляхи усунення цих недоліків.

Ключові слова: оцінка якості, господарсько-питне призначення, показник якості, блок показників.

Нижня частина Дунаю є водним об'єктом для задоволення різних потреб. Основними з них є господарсько-питне водопостачання та рибогосподарське водокористування.

а) Якість водних об'єктів господарсько-питного призначення оцінюється за санітарними норми [1] методом детального аналізу [2]. Він полягає у тому, що виміряне або розраховане значення кожного показника порівнюється з його нормативом: значення показників без ефекту сумачі не повинні перевищувати норматив ($C_i \leq ГДК_i$), для груп показників з ефектом сумачі необхідно, щоб у кожній групі сума концентрацій показників у частках від нормативів не перевищувала одиницю ($\sum C_i / ГДК_i \leq 1$). На основі цього аналізу робиться висновок о придатності, чи не придатності води для певних

потреб.

За санітарними нормами у групи сумачі об'єднуються речовини з однаковою ЛОШ першого, чи другого класу небезпеки.

Оцінка якості вод Кілійського гирла (табл.1) виконана за даними спостережень СЕС в 2005-2009 р.р. біля міст Рені, Ізмаїл, Кілія та Вилкове. Аналіз даних спостережень показав, що різниця між максимальним та мінімальним середніми значеннями (C_{CP}) кожного показника якості по довжині річки (по пунктам спостережень) не перевищують $\pm 30\%$, за виключенням завислих речовин, заліза, цинку, міді та нафтопродуктів.

У табл.1 наведена оцінка якості вод в Рені та Вилкове, в Ізмаїлі і Кілії результати аналогічні.

Таблиця 1. Оцінка якості вод р. Дунай за C_{CP} (санітарні норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Клас небезп.	Норматив (Н)	Рені		Вилкове		
					C_{CP}	C_{CP}/H	C_{CP}	C_{CP}/H	
1	Завислі речов., мг/дм ³	-	-	фон+0,25	39,8	-	58,1	-	
2	pH	-	-	6,5-8,5	8,01	-	7,98	-	
3	Розчин. кисень, мг/дм ³	-	-	4,0	9,42	-	9,34	-	
4	ХСК , мг/дм ³	-	-	15	18,9	-	18,9	-	
5	БСК₂₀ , мг/дм ³	-	-	3,0	5,4	-	4,55	-	
6	Мінералізація, мг/дм ³	-	-	1000	335	-	332	-	
7	Азот амонійний, мг/дм ³	с.-т.	3	2	0,208	-	0,194	-	
8	Азот нітратний, мг/дм ³	с.-т.	3	10,2	1,28	-	1,36	-	
9	Хром (VI), мг/дм ³	с.-т.	3	0,05	0,0014	-	0,0012	-	
10	Залізо, мг/дм ³	орг.	3	0,3	0,088	-	0,073	-	
11	Хлориди, мг/дм ³	орг.	4	350	29,1	-	29,1	-	
12	Сульфати, мг/дм ³	орг.	4	500	39,0	-	38,2	-	
13	Мідь, мг/дм ³	орг.	3	1,0	0,0020	-	0,0022	-	
14	Марганець, мг/дм ³	орг.	3	0,1	0,0406	-	0,0331	-	
15	Нафтопродукти, мг/дм ³	орг.	4	0,3	0,0181	-	0,0197	-	
16	Феноли, мг/дм ³	орг.	4	0,001	0,00094	-	0,00074	-	
17	СПАР, мг/дм ³	орг.	4	0,5	0,097	-	0,107	-	
18	Цинк, мг/дм ³	заг.	3	1,0	0,0104	-	0,0070	-	
19	Азот нітритний, мг/дм ³	с.-т.	2	1,0	0,0202	0,020	0,0241	0,024	
20	Кремній, мг/дм ³		2	10	3,2	0,320	2,92	0,292	
21	Натрій, мг/дм ³		2	200	19,5	0,098	19,6	0,098	
					Σ		0,438		0,414

Якість вод р. Дунай (табл.1) як джерела господарсько-питного водопостачання не відповідає вимогам санітарних норм лише по вмісту органічних речовин: показники БСК і ХСК перевищують нормативи в 1,8 і 1,3 рази відповідно. Такі води можна характеризувати як «слабо забруднені».

Недолік вітчизняних норм полягає у тому, що при

оцінці якості вод використовуються середні значення показників (C_{CP}) за тривалі (декілька років) періоди часу. Якщо середні значення показників дорівнюють нормативам, то сумарна тривалість періодів забруднення становить приблизно 50% періоду осереднення. Це не можна вважати припустимим.

В країнах ЄС підхід до оцінки якості вод суттєво

відрізняється. Вода для пиття відповідає вимогам норм [3], якщо 95% проб не перевищують нормативи, зазначені як обов'язкові (тимчасові нормативи – ОБРВ і ТДК); якщо 90% проб відповідають вимогам у решті випадків (маються на увазі оптимальні нормативи – ГДК), а також, якщо у 5 і 10% проб, які не відповідають встановленим нормативам, відсутні відхилення від встановлених нормативів більш ніж на 50%, окрім рН, розчиненого кисню та мікробіологічних показників, відсутня загроза здоров'ю населення, відсутні відхилення від нормативів у послідовно відібраних одна за одною пробах.

Оцінка якості вод в країнах ЄС виконується за значеннями показників у разових пробах води. Видно, що в країнах ЄС передбачається нормування частоти перевищення ГДК: не більш 5 або 10% от усіх проб. Нормується також перевищення нормативу: не більш 50%. Крім того, нормується тривалість періодів можливого забруднення: треба щоб були відсутні

відхилення від нормативів у послідовно відібраних одна за одною пробах. Це означає, що при відборі проб чотири рази на місяць остання вимога буде виконано при тривалості періоду разового забруднення не більш 7 діб. Тоді протягом року кількість таких періодів може бути не більш $12 \times 4 \times 0,10 \approx 5$ (при 10% кількості перевищень ГДК), тобто сумарна тривалість періодів забруднення протягом року повинна бути не більш 35 діб. У вітчизняних нормах це не розглядається.

Вміст фенолів у воді Дунаю (рис.1) відповідає вимогам вітчизняних норм ($C_{CP} < ГДК$). Однак при аналізі змінюваності цього показника встановлено, що кількість перевищень ГДК дорівнює 14. Це становить 24% від загальної кількості спостережень рівної 56. За нормами країн ЄС допустимо не більш 6. Цей недолік легко усунути використовуючи не середні значення показників, забезпеченість яких 50%, а значення з 10% забезпеченістю (C_{10}), що буде відповідати вимогам норм ЄС.

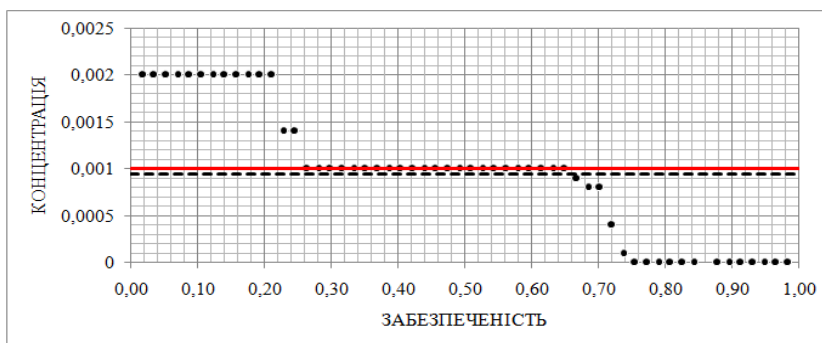


Рис. 1 – Емпіричний розподіл вмісту фенолів у воді Дунаю біля м. Рені: маркер круг – ранжовані у порядку спадання результати спостережень; суцільна горизонтальна лінія – санітарно-гігієнічна ГДК; пунктирна лінія – середнє значення

б) За рибогосподарськими нормами оцінка якості вод виконується теж методом детального аналізу. У групі сумачії об'єднуються речовини з однаковою ЛОШ [4].

Таблиця 2. Оцінка якості вод р. Дунай за C_{CP} (рибгосподарські норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Норматив	Рені		Вилкове	
				C_{CP}	C_{CP}/H	C_{CP}	C_{CP}/H
1	Завислі речовини, мг/дм ³	-	фон+0,75	39,8	-	58,1	-
2	рН	-	6,5-8,5	8,01	-	7,98	-
3	Розчин. кисень, мг/дм ³	-	4	9,42	-	9,34	-
4	БСК ₂₀ , мг/дм ³	-	3	5,40	-	4,55	-
5	Фосфати, мг/дм ³	заг.	0,15	0,160	-	0,160	-
6	Азот амонійний, мг/дм ³	токс.	0,39	0,208	0,53	0,194	0,50
7	Азот нітритний, мг/дм ³		0,02	0,0202	1,01	0,0241	1,21
8	Залізо, мг/дм ³		0,1	0,088	0,88	0,073	0,73
9	Цинк, мг/дм ³		0,01	0,0104	1,04	0,0070	0,70
10	Мідь, мг/дм ³		0,001	0,0020	1,96	0,0022	2,18
11	Марганець, мг/дм ³		0,01	0,0406	4,06	0,0331	3,31
12	СПАР, мг/дм ³		0,5	0,097	0,19	0,107	0,21
		Σ			9,69		8,83
13	Азот нітратний, мг/дм ³	с.-г.	9,1	1,28	0,14	1,36	0,15
14	Кальцій, мг/дм ³		180	53,3	0,30	52,7	0,29
15	Магній, мг/дм ³		40	14,0	0,35	13,6	0,34
16	Натрій + калій, мг/дм ³		120	19,5	0,16	19,6	0,16
17	Хлориди, мг/дм ³		300	29,1	0,10	29,1	0,10
18	Сульфати, мг/дм ³		100	39,0	0,39	38,2	0,38
19	Хром, мг/дм ³		0,001	0,0014	1,43	0,0012	1,22
		Σ			2,86		2,65
20	Нафтопродукти, мг/дм ³	р/г	0,05	0,0181	0,36	0,0197	0,39
21	Феноли, мг/дм ³		0,001	0,00094	0,94	0,00074	0,74
		Σ			1,30		1,13

У табл.2 наведено оцінка якості вод нижнього Дунаю за рибогосподарськими нормами.

З таблиці видно, що якість вод не відповідає вимогам вітчизняних норм по усій довжині розглядуваної ділянки річки за вмістом: органічних сполук (БСК перевищує норматив в 2,8 разів); фосфатів; речовин токсикологічної групи (амонію, нітритів, заліза, цинку, міді, марганцю та СПАР) перевищує норматив в 9-10 разів; речовин санітарно-токсикологічної групи (нітратів, кальцію, магнію, натрію, калію, хлоридів, сульфатів та хрому) перевищує норматив приблизно в 3 рази; рибогосподарської групи (нафти і фенолів).

Води з таким перевищенням нормативів слідує характеризувати як «забруднені».

Найбільший вклад в забруднення вод Дунаю як

об'єкт рибогосподарського призначення вносять: в токсикологічної групі – нітрити, залізо, цинк, мідь і марганець; в санітарно-токсикологічної групі – хром; в рибогосподарської групі – феноли.

В країнах ЄС рибогосподарські норми ще більш жорсткі [3]: водний об'єкт слід вважати таким, що відповідає рибогосподарським нормам, якщо результати 95% проб води не перевищують обов'язкові та оптимальні нормативи.

в) Розглянемо тепер часову змінюваність показників якості вод.

Найбільш поширеними законами розподілу позитивних випадкових величин, які використовуються при практичних розрахунках, є закони логнормальний і Вейбула.

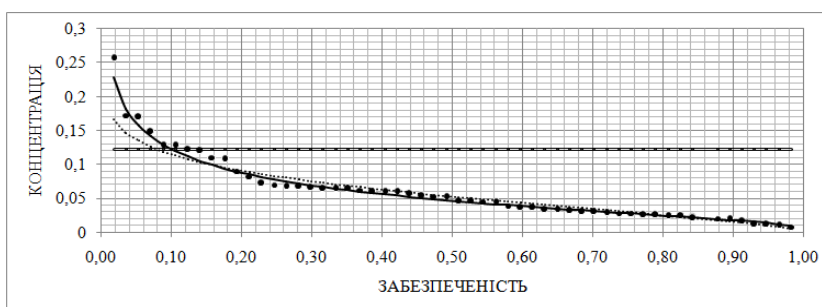


Рис. 2 – Розподіл у часі концентрації заліза: маркер круг – результати спостережень; суцільна лінія – логнормальний закон; точкова лінія – закон Вейбула; горизонтальна лінія – C_{10} (логнормальний).

Параметрами логнормального закону розподілу є математичне очікування та середньоквадратичне відхилення логарифмованого ряду спостережень. Оцінка параметрів розподілу Вейбула більш складна. Послідовність цього розрахунку наведена в [5].

В результаті статистичної обробки були розраховані: середні значення показників (C_{CP}),

параметри законів розподілу логнормального і Вейбула, значення показників з 10%-ю забезпеченістю (C_{10}), середньоквадратичне відхилення емпіричних даних від розрахункових, емпірична оцінка забезпеченості C_{10} .

Для більшості показників C_{10} за логнормальним законом перевищує C_{10} за законом Вейбула.

Таблиця 3. Оцінка якості вод р. Дунай за C_{10} (санітарні норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Клас небезп.	Норматив	Рені		Вилкове	
					C_{10}	C_{10}/H	C_{10}	C_{10}/H
1	Завислі речов., мг/дм ³	-	-	фон+0,25	97,3	-	77,3	-
2	pH	-	-	6,5-8,5	8,24	-	8,18	-
3	Розчин. кисень, мг/дм ³	-	-	4,0	7	-	6,94	-
4	ХСК, мг/дм³	-	-	15	26,6	-	27,9	-
5	БСК₂₀, мг/дм³	-	-	3,0	8,48	-	7,09	-
6	Мінералізація, мг/дм ³	-	-	1000	394	-	385	-
7	Азот амонійний, мг/дм ³	с.-г.	3	2	0,367	-	0,361	-
8	Азот нітратний, мг/дм ³	с.-г.	3	10,2	1,83	-	1,99	-
9	Хром (VI), мг/дм ³	с.-г.	3	0,05	0,0029	-	0,0022	-
10	Залізо, мг/дм ³	орг.	3	0,3	0,122	-	0,159	-
11	Хлориди, мг/дм ³	орг.	4	350	36,6	-	36,7	-
12	Сульфати, мг/дм ³	орг.	4	500	47,4	-	46,1	-
13	Мідь, мг/дм ³	орг.	3	1,0	0,0044	-	0,0038	-
14	Марганець, мг/дм ³	орг.	3	0,1	0,0871	-	0,075	-
15	Нафтопродукти, мг/дм ³	орг.	4	0,3	0,0309	-	0,0331	-
16	Феноли, мг/дм³	орг.	4	0,001	0,0020	-	0,0017	-
17	СПАР, мг/дм ³	орг.	4	0,5	0,185	-	0,205	-
18	Цинк, мг/дм ³	заг.	3	1,0	0,0314	-	0,0205	-
19	Азот нітритний, мг/дм ³	с.-г.	2	1,0	0,0287	0,029	0,0489	0,049
20	Кремній, мг/дм ³		2	10	5,45	0,545	5,49	0,549
21	Натрій, мг/дм ³		2	200	28,9	0,145	28,5	0,143
Σ						0,718		0,740

з 112 оброблених рядів спостережень у 76 апроксимація емпіричних даних логнормальним

законом розподілу дає біль щільний зв'язок ніж законом Вейбула, і лише у 36 навпаки. Проте, в

середньому емпірична забезпеченість значень показників C_{10} (з заданою забезпеченістю 0,10) за законом Вейбула складає $0,097 \approx 0,10$, а за логнормальним – $0,091 \approx 0,09$. Тобто, логнормальний закон точніше відображає розподіл максимальних членів ряду.

В цілому закони логнормальний і Вейбула добре апроксимують часову мінливість показників якості вод (рис. 2). Але з практичної точки зору логнормальний закон розподілу зручніший.

г) Виконаємо тепер оцінку якості вод р. Дунай використовуючи значення показників із 10%-ю

забезпеченістю [6].

У даному випадку якість вод р. Дунай не відповідає вимогам санітарних норм по усій довжині розглядуваної ділянки річки вже не тільки за вмістом органічних сполук, але й за вмістом фенолів (табл. 3). Зроблена оцінка співпадає з оцінкою за нормами країн ЄС.

Як водний об'єкт рибогосподарського призначення нижнього Дунаю за C_{10} (табл. 4) слід характеризувати як «брудне» (вміст речовин токсикологічної групи перевищує норматив у двадцять разів).

Таблиця 4. Оцінка якості вод р. Дунай за C_{10} (рибогосподарські норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Норматив (H)	Рені		Вилкове	
				C_{10}	C_{10}/H	C_{10}	C_{10}/H
1	Завислі речовини, мг/дм ³	-	фон+0,75	97,3	-	77,3	-
2	pH	-	6,5-8,5	8,24	-	8,18	-
3	Розчин. кисень, мг/дм ³	-	4	7,00	-	6,94	-
4	БСК₂₀ , мг/дм ³	-	3	8,48	-	7,09	-
5	Фосфати , мг/дм ³	заг.	0,15	0,312	-	0,246	-
6	Азот амонійний, мг/дм ³	токс.	0,39	0,367	0,94	0,361	0,925
7	Азот нітритний, мг/дм ³		0,02	0,0287	1,43	0,0489	2,443
8	Залізо, мг/дм ³		0,1	0,122	1,22	0,1585	1,585
9	Цинк, мг/дм ³		0,01	0,0314	3,14	0,0205	2,053
10	Мідь, мг/дм ³		0,001	0,0044	4,40	0,0038	3,797
11	Марганець, мг/дм ³		0,01	0,0871	8,71	0,0750	7,503
12	СПАР, мг/дм ³		0,5	0,185	0,37	0,205	0,411
			Σ			20,21	18,72
13	Азот нітратний, мг/дм ³	с.-т.	9,1	1,83	0,20	1,99	0,219
14	Кальцій, мг/дм ³		180	63,6	0,35	62,7	0,348
15	Магній, мг/дм ³		40	16,9	0,42	16,7	0,417
16	Натрій + калій, мг/дм ³		120	28,9	0,24	28,6	0,238
17	Хлориди, мг/дм ³		300	36,6	0,12	36,6	0,122
18	Сульфати, мг/дм ³		100	47,4	0,47	46,1	0,461
19	Хром, мг/дм ³		0,001	0,0029	2,86	0,0022	2,219
			Σ			4,68	4,02
20	Нафтопродукти, мг/дм ³	р/х	0,05	0,0309	0,62	0,0331	0,662
21	Феноли, мг/дм ³		0,001	0,0020	2,03	0,0017	1,740
			Σ			2,65	2,40

По українській частині Нижнього Дунаю можна зробити такі висновки.

1. За гідрохімічними показниками води Кілійського гирла Дунаю як об'єкту господарсько-питного водопостачання є «слабо забрудненими» за показниками БСК, ХСК і феноли.

2. Як об'єкт рибогосподарського призначення Кілійське гирло Дунаю є «брудним» за показниками БСК, фосфати, речовини з токсикологічною, санітарно-токсикологічною і рибогосподарською ЛОШ.

3. Оцінка якості вод за вітчизняними нормами буде співпадати з оцінкою за нормами країн ЄС якщо

використовувати значення показників з 10%-ю забезпеченістю.

4. Для розрахунку значень показників з 10%-ю забезпеченістю зручніше використовувати логнормальний закон: простіше розрахувати параметри і щільність зв'язку цього закону з емпіричними даними більша ніж за законом Вейбула. Однак закон Вейбула дає точнішу оцінку C_{10} .

5. Подальші дослідження необхідно направити на розробку методики техніко-економічного обґрунтування забезпеченості значень показників при оцінці якості вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. СанПиН – 4630–88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Министерство здравоохранения СССР. – Москва – 1988.
2. Оцінки якості природних вод: навчальний посібник / Юрасов С.Н., Сафранов Т.А., Чугай А.В. – Одеса: Екологія, 2012. – 168 с.
3. Матеріали семінару «Основи природоохоронного законодавства України та Європейського співтовариства: водні ресурси». – К.: Державний інститут підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Мінекобезпеки України, травень 1997 р.
4. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами./ Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Наказ № 116 від 15.12.94. – К, 1994.
5. Юрасов С.Н., Алексеенко Е.А. Апроксимація законів розподілу показників якості вод на прикладі ріки Дністер – місто Біляївка./Людина та довкілля. Проблеми неоекології: Науковий журнал Харківського

національного університету імені В.Н. Каразіна. – Харків, 2014.–№ 3-4.–с.46-51.

6. Кур'янова С.О., Юрасов С.М. Рекомендації щодо вдосконалення оцінки (класифікації) якості вод господарсько-питного призначення за вітчизняними нормами на прик-

ладі р. Дунай - м. Вилкове // Український гідрометеорологічний журнал: Науковий журнал / Голов. ред. С.М. Степаненко. – Одеса: “Екологія”, 2012. – № 11 – с. 34-44.

REFERENCES

1. SanPiN - 4630-88. Sanitarni pravyla ta normy okhorony poverkhnevyykh vod vid zabrudnennya. Mynysterstvo zdravookhranenyua SRSR. - Moskva - 1988.
2. Otsinky yakosti pryrodnykh vod: navchal'nyu posibnyk / Yurasov S.N., Safranov T.A., Chuhay A.V. - Odesa: Ekolohiya, 2012. - 168 s.
3. Materialy seminaru «Osnovy pryrodookhoronnoho zakonodavstva Ukrayiny ta Yevropeys'koho spivtovarystva: vodni resursy». - K. : Derzhavnyy instytut pidvyshchennya kvalifikatsiyi ta perepidhotovky kadriv Minekobezpeky Ukrayiny, traven' 1997 r.
4. Instruktsiya pro porядok rozrobky ta zatverdzhennya hranychno dopustymykh skydiv (HDS) rehovyn u vodnykh ob'ektakh iz zvorotnyimi vodamy. / Ministerstvo okhorony navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha Ukrayiny. Nakaz № 116 vid 15.12.94. - K, 1994.
5. Yurasov S.N., Alekseenko E.A. Aproksymatsiya zakoniv rozpodilu pokaznykiv yakosti vody na prykladi richky Dnister - misto Bilyayivka. / Lyudyna ta navkolyshnye seredovyshe. Problemy neoekolohiyi: Naukovyy zhurnal Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V.N. Karazina. - Kharkiv, 2014.-№ 3-4.-s.46-51.
6. Kur'yanova S.O., Yurasov S.M. Rekomendatsiyi shchodo vdoskonalennya otsinky (klyasyfikatsiyi) yakosti vody hospodars'ko-pytneho pryznachennya za vitchyznyanymi normamy na prykladi r. Dunay - m. Vylkove // Ukrayins'kyy hidrometeorolohichnyy zhurnal: Naukovyy zhurnal / Holov. red. S.M. Stepanenko. - Odesa: "Ekolohiya", 2012. - № 11 - s. 34-44.

Assessment of water quality for the household and drinking and fishing industries and its improvement on the example of the lower Danube

S. A. Kuryanova, S. N. Urasov

Abstract. The article presents a critical analysis of water quality assessment by different methods on the example of the r.Danube. It is shown that the drawbacks of the existing methods do not allow to adequately characterized the state of the water objects as sources of domestic and drinking purposes. An example of the calculation was given. Suggested ways of overcoming these drawbacks.

Keywords: evaluation of the quality, domestic, drinking purpose, the quality indicator unit indicators.

Оценка качества вод хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения и ее совершенствование на примере нижнего Дуная

С. А. Курьянова, С. Н. Юрасов

Аннотация. В статье выполнен анализ оценки качества вод по действующим методикам на примере нижнего Дуная. Доказано, что недостатки существующих методик не позволяют адекватно характеризовать состояние водных объектов как источников хозяйственно-питьевого назначения. Приведены последовательность выполнения расчетов, даны рекомендации по их проверке, приведены примеры расчетов. Предложены пути устранения этих недостатков.

Ключевые слова: оценка качества, хозяйственно-питьевое назначение, показатель качества, блок показателей.