



УДК 504.5:502.521(282.243.7.044)

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL RISKS OF WATER POLLUTION THE UKRAINIAN PART OF DANUBE AND DANUBE LAKES (ESTUARIES)**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД УКРАЇНСЬКОЇ ЧАСТИНИ Р. ДУНАЙ ТА ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕРАХ (ЛИМАНАХ)****Serbov M.G./Сербов М.Г.***c.g.s., as.prof./к.з.н., доц.*ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0220-6745>**Osipenko D.S./Осіпенко Д.С.***Odessa State Environmental University, Lvovskaya, 15, 65016**Одеський державний екологічний університет, Одеса, Львівська, 15, 65016*

Анотація. В роботі розглянуті питання встановлення екологічних ризиків забруднення поверхневих вод української частини річки Дунай і Придунайських озер (лиманів). Оцінка екологічних ризиків забруднення води включала в себе оцінку ризику, пов'язаного з органолептичними властивостями води, гідрохімічними показниками, наявністю неорганічних і органічних речовин токсичної дії, оцінку радіаційного забруднення вод. Представлений аналіз існуючих методичних підходів у встановленні екологічних ризиків забруднення поверхневих вод. Проведена сумарна оцінка екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів регіону, яка включала в себе об'єднання показників по окремим забруднювачам в групи відповідно до закону Гауса.

Ключові слова: екологічний ризик, забруднення вод, Придунайський регіон України

1. Вступ. У загальному вигляді екологічний ризик можна визначити як невизначеність наслідків (фінансових, соціальних, екологічних) як для самого господарюючого суб'єкта, так й для третіх осіб, настання події, пов'язаної з можливим негативним впливом на навколишнє середовище в результаті здійснення господарської діяльності.

З цієї точки зору система оцінки ймовірності екологічного ризику повинна розглядатися як інструмент, який використовується для виявлення проблем, пов'язаних з ризиком, їх опису та структуризації.

Метою оцінки ймовірності є об'єктивне розуміння ймовірності виникнення економіко-екологічного ризику на певній території, визначення кількісних оцінок щодо здоров'я людини, також визначення кількісних оцінок імовірнісних збитків, завданих навколишньому середовищу.

Оскільки економіко-екологічний ризик є імовірнісною категорією, в цьому сенсі найбільш обґрунтовано характеризувати його як ймовірність виникнення певного рівня збитку (втрат екологічного, соціального, економічного характеру). Тобто, оцінюючи ймовірність виникнення економіко-екологічного ризику, слід встановити для кожного абсолютного чи відносного значення величини можливих втрат (збитків) відповідну ймовірність виникнення такої величини. Отже добуток цих ймовірностей визначить імовірнісний збиток:

$$P_y = P_{pc} \cdot Y_{pc} \quad (1)$$

де P_y – імовірнісна величина передбачуваного збитку, що виник в результаті реалізації ризикової ситуації; P_{pc} – ймовірність виникнення ризикової



ситуації; Y_{pc} – величина збитку в результаті здійснення ризикової ситуації.

Для кожного елемента навколишнього природного середовища (Q) існують граничнодопустимі концентрації забруднюючих речовин. Вихід за межі даного показника (норми) свідчить про несприятливі зміни екосистеми, отже, ймовірність цієї події (тобто економіко-екологічного ризику) буде тим менше, чим ширше цей діапазон, чим далі від його меж знаходиться показник того чи іншого елемента навколишнього природного середовища (Q_{max} або Q_{min}), чим менше варіація цих значень протягом заданого часу інтервалу, або заданої площі S . Звідси можна визначити ймовірність знаходження показника будь-якого стану навколишнього природного середовища (Q_i) в межах допустимих норм [13,34]:

$$\overline{P}_Q(\Delta t) = p(Q_{min} < Q_i < Q_{max}) = \int_{Q_{min}}^{Q_{max}} f(Q_i) dq_i, \quad (2)$$

де $\overline{P}_Q(\Delta t)$ – ймовірність знаходження значення показника будь-якого, що складає навколишнє природне середовище Q_i в межах заданої норми протягом заданого тимчасового інтервалу t ; Q_{min} та Q_{max} – відповідно верхнє і нижнє значення показника Q_i , які обмежують діапазон його екологічно допустимих значень; $f(Q_i)$ – щільність розподілу Q_i .

Всі імовірнісні події, в тому числі і економіко-екологічний ризик, як зазначалося раніше, підкоряються закону нормального розподілу Гауса (рис. 1). Головна причина використання цього методу для оцінки ризиків визначається в використанні даних, які базуються на окремих (дискретних) значеннях. Це свідчить про можливість використання методу оцінки ризиків на основі розподілу Гауса у процесі господарської діяльності, завдяки використанню на праці моделей для аналізу ризиків та дослідження інтервалу можливих відхилень від прогнозного ступеня імовірності виникнення ризику.

Виходячи з (1) та (2), ймовірність знаходження значення показника будь-якого, що складає навколишнє природне середовище Q_i за межами заданої норми протягом заданого тимчасового інтервалу t можна визначити як

$$P_{pcQ} = 1 - \overline{P}_Q, \quad (3)$$

де P_{pcQ} – ймовірність виникнення ризикової ситуації в результаті реалізації економіко-екологічного ризику виду Q .

Тобто можна зробити висновок, що формула (3) дозволяє знайти ймовірність появи за часовий інтервал t екологічного ризику виду Q .

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми.

Методологічні основи еколого-економічної оцінки взаємодії суспільства і природи, у т. ч. і для регіонів України, досліджувалися цілою низкою вчених [5,24,25,31,36]. Особлива увага в цих дослідженнях завжди відводилася аналізу і оцінки земельних і прісноводних ресурсів – базовим природним факторам, що визначають як рівень розвитку виробничої сфери регіону, так і соціальну складову життя.

Значний внесок у дослідження теоретичних і методичних засад оптимізації



ресурсно-екологічної безпеки регіону зробили такі вчені як: Буркинський Б. В., Харічков С. К., Хвесик М. А., Волошин В. В. та ін. [3,7,16,17,29,35].

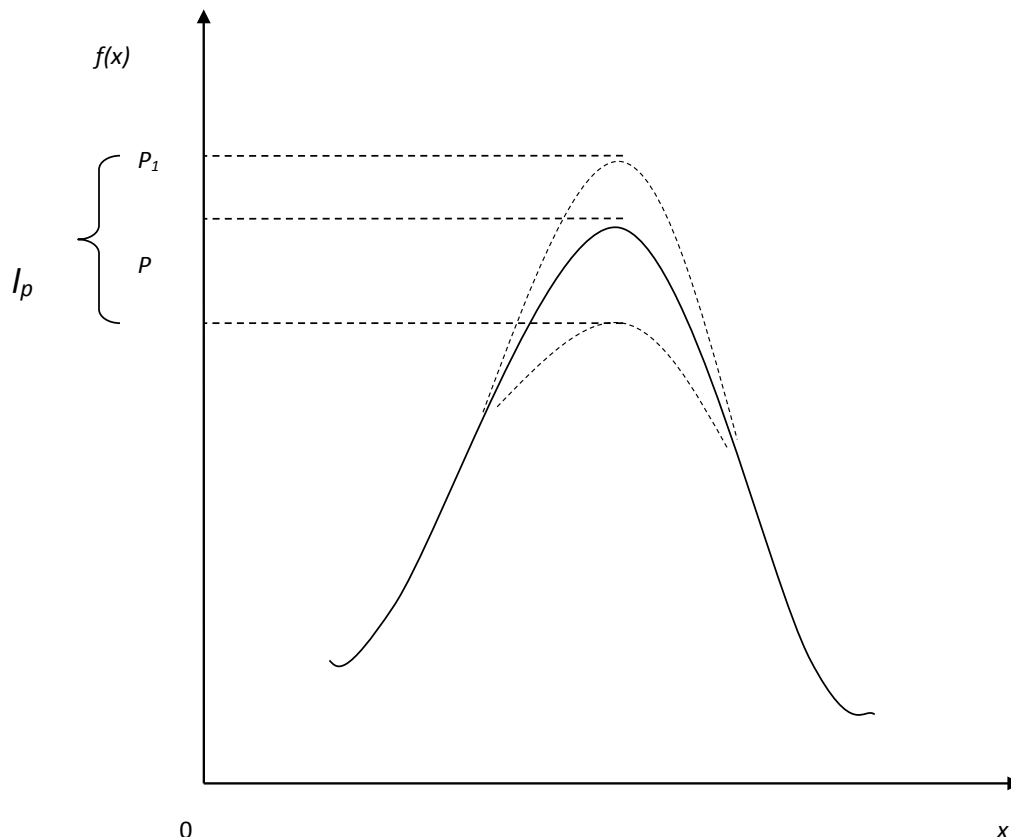


Рис. 1 - Інтервал надійності можливого відхилення ймовірності економіко-екологічного ризику від прогнозної величини ($f(x)$ - функція нормального розподілу ймовірності економіко-екологічного ризику, I_p - інтервал надійності відхилення ймовірності економіко-екологічного ризику)

Водноресурсний потенціал будь-якого регіону є природною основою його економічного розвитку і соціально-екологічного благополуччя. Разом з тим, сучасна ступінь освоєння і господарське навантаження на водні ресурси для переважної частини території України вже досягли таких рівнів, які в більшості випадків перевищують їх здатність до самовідновлення.

Серед основних напрямків вирішення даної проблеми можуть бути виділені:

- розвиток концептуальних основ економіко-екологічної оцінки природноресурсного потенціалу з точки зору безпечного та сталого розвитку регіону [1,5,31];
- визначення індикаторів екологічної безпеки, як характеристики рівня захищеності від негативного впливу з урахуванням досягнення цілей соціо-економіко-екологічної системи [2, 16, 17, 20];
- визначення головних аспектів в теорії регіонального безпечного та сталого розвитку [12, 13, 38];
- на даний час в практиці оцінки екологічних ризиків найбільшого поширення набули різні методи статистичного аналізу, що на думку Sornette D.,



Maillart T., Kroger W. [8] не завжди прийнятно. В першу чергу, дані висновки відносяться до визначення ризиків технологічного походження;

- у таких наукових роботах як: «Економічний вектор стратегії сталого розвитку» та «Фундаментальные аспекты управления экологической безопасностью в техногенно нагруженном регионе» [3,28,38], досліджуються можливості виникнення екологічних ризиків в умовах безаварійних ситуацій, які можуть привести до відповідної шкоди екосистемі. Зазначені дослідження займають особливе місце в системі економіко-екологічного управління, оскільки аналізують ситуації, пов'язані не тільки з надмірними викидами забруднюючих речовин, які спричиняють негайну реакцію екосистеми, а й враховують уповільнену небезпеку;

- до основних недоліків традиційного підходу (Ecological Risk Assessment – ERA) в «Regional-scale risk assessment methodology using the Relative Risk Model (RRM) for surface freshwater aquatic ecosystems in South Africa» [10] відносять переважну адресацію оцінки ризику до одного або невеликого числа агентів впливу на обмежене число об'єктів впливу. Авторами O'Brien G., Wepener V., Sprenger J. [10, 22] запропонований підхід оцінки екологічного ризику регіонального масштабу, орієнтований на великі території зі значним числом джерел впливу і множинними об'єктами впливу. Основна відмінність запропонованого підходу полягає в побудові узагальненої карти регіону з урахуванням характеристик техногенних систем та подальшим виділенням однорідних територій і побудовою концептуальної моделі;

- в роботах «Екологічна безпека і ризик: деякі понятійно-категоріальні уточнення» та «Поняття і сутність екологічної безпеки. Правове регулювання екологічної безпеки в Україні» [5, 15] наведені дослідження понятійно-категоріальних визначень екологічної безпеки і ризику. При чому зазначається, що серед багатьох причин екологічної небезпеки вагомою є невідповідність науково-теоретичної бази екології практичним задачам [5]. Зокрема в роботах «Improvement of Risk Assessment in View of the Needs of Risk Managers and Policy Makers», «Handling of Uncertainty a Survey» та «Priority water research questions as determined by UK practitioners and policy makers» [4, 30] поряд з економічними і фінансовими аспектами вирішення розглянутих проблем на провідні позиції виносяться питання вирішення інституційних питань, а також вирішення проблем екологічної політики різного рівня.

Альтернативний варіант запропонований в роботах «Інституційні аспекти адміністрування сфери природокористування України», «Влияние рисков на инвестиционную привлекательность водохозяйственной деятельности в Причерноморском регионе Украины» та «Methodological approaches in development of value estimation of costs of freshwater resources of the water basin by the objects of nature use» [22, 32, 33], який передбачає, що основна увага в рішенні поставленого завдання повинна бути звернена на природоохоронну діяльність у водних басейнах, розвиток сучасних маловідходних і ресурсозберігаючих технологій. У наукових працях авторів Буркинського Б. В., Купінець Л. Є., Харічкового С. К., Ковальова В. Г., Сербова М. Г., Рекіш А. А. [3, 21] особлива роль відводиться інвестуванням в природоохоронну діяльність



водних басейнів України.

Незважаючи на значний обсяг існуючих досліджень в області оцінки екологічних ризиків забруднення водних ресурсів, залишаються питання для наукового пошуку спрямованого на формування нових комплексних підходів до забезпечення регіональної ресурсно-екологічної безпеки.

3. Ціль та задачі дослідження.

Мета дослідження – оцінка екологічних ризиків забруднення вод української частини річки Дунай та Придунайських озер (лиманів).

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих методичних підходів в оцінці екологічного ризику забруднення поверхневих вод.

2. Розробити рекомендації щодо використання індикаторних показників екологічного стану вод з урахуванням критеріїв погіршення стану водних об'єктів комплексом показників.

3. Провести оцінку загального стану водних ресурсів річки Дунай та Придунайських озер (лиманів).

4. Методи дослідження екологічних ризиків.

Для вирішення поставлених в роботі завдань на підставі даних польового екологічного моніторингу водних об'єктів українського Придунав'я, в проведенні якого безпосередню участь приймали автори дослідження, були використані методи аналізу і синтезу, порівняльного зіставлення, в поєднанні з монографічними і графоаналітичними дослідженнями та експертними оцінками.

5. Результати дослідження.

Суть сучасної екологічної кризи в Україні полягає в тому, що людська діяльність, яка сформувалася внаслідок переважно екстенсивного розвитку економіки, вимагає все більшої кількості природних ресурсів високої якості. За оцінками цілого ряду зарубіжних вчених щорічні економічні втрати України внаслідок нераціонального природокористування і забруднення навколишнього середовища становлять близько 15-20 % її національного доходу.

Для забезпечення оптимальної стратегії сталого розвитку всіх складових басейну водного об'єкту велике значення має обґрунтована імовірнісна оцінка, як виникнення ризиків різної природи, так і кількісного впливу на фактори сталого розвитку еколого-економічних систем.

Розрахунок екологічних ризиків забруднення вод української частини р. Дунай та Придунайських озер (лиманів) проводився для окремих груп показників еколого-гігієнічної класифікації якості поверхневих вод України з урахуванням наявних матеріалів спостережень за екологічним станом водойм. При розрахунках використовувався нормативний метод ідентифікації, коли наявність ризику R визнається ймовірною у випадку виконання граничних умов наступної групи нерівностей [9, 18]:

$$R_i \cong C_i > C_{ГДК_i}, \quad (4)$$

$$R_i \approx \frac{C_i}{C_{ГДК_i}} > 1, \quad (5)$$



$$R_i = \frac{C_{ГДКi}}{C_i} < 1, \quad (6)$$

$$R_i = \frac{C_{ГЛКi} - C_i}{C_{ГДКi}} - \frac{C_i}{C_{ГДКi}} \leq 1, \quad (7)$$

де C_i - рівень концентрації у воді забруднюючих речовин; $C_{ГДКi}$ - гранично допустима концентрація зазначеного виду забруднювача у воді.

В окремих випадках, що також передбачається нормативною базою, ідентифікація ризику при забрудненні водного об'єкту може проводитися шляхом нормування якості води за органолептичними показниками: запах – бали; смак-присмак; кольоровість – градус Pt-Co; прозорість води; водневий показник рН; відсоток насичення води киснем та ін. [27].

Відповідно до (4) – (7) під час проведення оцінки екологічного ризику погіршення стану водних об'єктів Придунав'я окремо обчислювалися:

- екологічний ризик R_{op} , пов'язаний з органолептичними властивостями води;
- екологічний ризик R_{ck} , пов'язаний з сольовим складом вод;
- екологічний ризик R_{T_ex} , пов'язаний зі трофосапробіологічними показниками (в розрахунках використані тільки дані по гідрохімічним характеристикам);
- екологічний ризик R_{Hp_A} , пов'язаний з кількісною оцінкою неорганічних речовин токсичної дії (в розрахунках використовувалися матеріали спостережень виключно з переліку пріоритетної (А) групи речовин);
- екологічний ризик R_{Op_A} , пов'язаний з токсичною дією органічних забруднюючих речовин (використовувалися дані по речовинам пріоритетної (А) групи – нафтопродукти, пестициди);
- екологічний ризик R_p , пов'язаний з показником радіаційного забруднення поверхневих вод.

Сумарний екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів визначався за правилом множення ймовірностей. Підсумкове значення сумарного екологічного ризику погіршення стану водного об'єкту визначалося за формулою

$$ER = 1 - (1 - ER_1) * (1 - ER_2) * \dots * (1 - ER_i), \quad (8)$$

де ER - сумарний екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів; ER_1, ER_2, \dots, ER_i екологічний ризик кожної групи забруднюючих речовин при $i=6$.

При проведенні оцінки екологічного ризику погіршення стану водних екосистем використовувалися рекомендації [6, 26]:

- визначення екологічного ризику за окремими показниками, які потім об'єднувалися в межах однієї групи, проводилось відповідно до нормального закону ймовірносного розподілу (закону Гауса);
- ймовірність виникнення ризику за окремими показниками розраховувалась відповідно до рекомендацій [11], наприклад:
 - а) ризик за показником забарвленості $P_{заб}$ води визначався відповідно до



рівняння

$$P_{заб} = -3,33 + 0,67(\Psi - \Phi + 20), \quad (9)$$

де Φ – природна забарвленість води, отримана за даними багаторічних спостережень і характерна для даного сезону року або сезону водного режиму водойми; Ψ – забарвленість води фактична (у градусах забарвленості),

б) для розрахунку ризику за водневим показником використовуються рівняння

$$P_{pH} = 4 - pH \text{ при } pH \leq 7, \quad (10)$$

та

$$P_{pH} = -11 + pH \text{ при } pH > 7,$$

в) при оцінці ризику за показником природного запаху/смаку використовувався вираз

$$P_{з_с} = -1 + 3,32 \lg(\text{Бали} / 2,5). \quad (11)$$

г) ризик, пов'язаний із санітарно-токсикологічними властивостями води і гідрохімічними показниками забруднення, визначається на основі рівняння

$$P_{ст_гх} = -2 + 3,32 \lg \frac{C_i}{C_N}, \quad (12)$$

де C_i - концентрація i -ї речовини у водному середовищі; C_N - екологічний норматив для водних об'єктів відповідної категорії [14].

Однак, необхідно визначити, що практична оцінка більшості екологічних ризиків, у т.ч. пов'язаних з оцінкою стану водних об'єктів, характеризуються високою інформаційною невизначеністю і відсутністю кількісних показників майбутньої ситуації. В умовах невизначеності статистичне рішення поставлених завдань вкрай важке, розробник не може надати достовірно кількісно-часову оцінку події, сучасний апарат багатомірного статистичного аналізу дозволяє давати її тільки з відповідною мірою ймовірності здійснення події з точки зору його кількісної та якісної реалізації.

Виходом з даної ситуації повинна бути формалізація завдання визначення та оцінки ризику на підставі методик експертної оцінки.

З цієї точки зору, на наш погляд, одним з достатньо обґрунтованих і аргументованих підходів вирішення задач експертного оцінювання екологічних ризиків є метод побудови шкали якісного і кількісного оцінювання показників ризиків, які запропонований в [26].

В табл. 1 наведені результати оцінки екологічного ризику водних об'єктів в межах досліджуваного регіону.

Під час проведення розрахунків оцінки сумарного ризику погіршення якості води у водоймах Придунайського регіону Одеської області були використані не тільки матеріали гідрохімічного та гідробіологічного моніторингу, що проводився в рамках наукового дослідження, але й матеріали спостережень мережі гідрометеорологічної служби України, Дунайського басейнового управління водних ресурсів, Українського наукового центру екології моря та ін. досліджень та розробок.



Таблиця 1
Розрахунок сумарного екологічного ризику погіршення стану водних ресурсів українського Придніпров'я

Ділянка	Середнє значення індексу екологічного ризику за групою показників*						Сумарний екологічний ризик ER	Якісна характеристика зони ризику	Загальна оцінка якості води
	R_{op}	R_{ck}	R_{T_ex}	R_{Hr_A}	R_{Op_A}	R_p			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
р. Дунай – ділянка в районі м. Рені	0,32	0,29	0,45	0,40	0,30	0,15	0,32	III задовільне	“досить чиста” II клас, 3 категорія
р. Дунай – ділянка в районі м. Ізмаїла	0,30	0,29	0,40	0,38	0,25	0,15	0,30	III задовільне	
р. Дунай – ділянка в районі м. Кілія	0,35	0,31	0,50	0,40	0,35	0,15	0,34	III задовільне	
р. Дунай – ділянка в районі м. Вилкове	0,32	0,30	0,45	0,40	0,35	0,15	0,33	III задовільне	“олігогалінні”, 3 категорія “досить чисті”
оз. Ялпуг – на ділянці водозабору с.Оксамитне	0,45	0,55	0,50	0,50	0,50	0,15	0,43	III задовільне	
оз. Кигай – с. Старі Трояни	0,45	0,55	0,50	0,55	0,55	0,15	0,46	III задовільне	“солонуваті”, β -мезогалінні, III клас, “забруднені”, 5 категорія – “помірно забруднені”
оз. Кагул – с. Нагірне	0,45	0,55	0,55	0,55	0,55	0,15	0,47	III задовільне	“гіпогалінні” вод», 3-4 категорія “досить чисті” та “слабкозабруднені”
оз. Градешка – с. Новосільське	0,40	-	-	0,50	0,45	0,15	0,38**	III задовільне	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
оз. Картал – с. Орловка	0,40	0,50	0,45	0,50	0,45	0,15	0,40	III задовільне	“олігогалінні”, 3 категорія “досить чисті”
оз. Кугурлуй – ділянка протоки до Дунаю	0,40	0,50	0,47	0,45	0,40	0,15	0,40		
оз. Саф`ян – с. Саф`яни	0,40	0,45	0,50	0,50	0,45	0,15	0,40	III задовільне	“солонуваті”, β- мезогалінні, 3-4 категорія” досить чисті” та “слабко забруднені”
оз. Лунг – с. Богате	0,45	-	-	0,45	0,45	0,15	0,38**		
оз. Турка – с. Орловка	0,40	-	-	0,45	0,45	0,15	0,36**		
оз. Каглабух – середній показник для ділянок Гасанська затока Ташбунарська затока	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,15	0,46	IV незадовільне	солонуваті, β- мезогалінні, Шкл. “забруднені” 4 кат. “слабкозабруднені”
р. Ялпуг – ділянка на кордоні з Молдовою	0,55	0,65	0,65	0,70	0,70	-	0,65**		
р. Карасулак	0,55	0,60	0,60	0,65	0,65	-	0,61**		
р. Киргиз-Китай – с. М. Ярославець	0,60	0,70	0,70	0,75	0,75	-	0,70**	IV незадовільне	солонуваті, α-мезогалінні, “забруднені”

Примітка: * R_{op} - екологічний ризик, пов'язаний з органічними властивостями води; R_{ek} - екологічний ризик, пов'язаний з сольовим складом вод; $R_{T_{ex}}$ - екологічний ризик, пов'язаний зі трофосапробіологічними показниками (в розрахунках використані тільки дані по гідрохімічним характеристикам); R_{tp_A} - екологічний ризик, пов'язаний з кількісною оцінкою неорганічних речовин токсичної дії (в розрахунках використовувалися матеріали спостережень виключно з переліку пріоритетної (А) групи речовин); R_{op_A} - екологічний ризик, пов'язаний з токсичною дією органічних забруднюючих речовин (використовувалися дані по речовинам пріоритетної (А) групи – нафтопродукти, пестициди); R_p - екологічний ризик, пов'язаний з показником радіаційного забруднення поверхневих вод.

** сумарний екологічний ризик ER визначений не за повною групою показників.



При трактуванні отриманих величин екологічного ризику *ER* пропонується користуватися ранговою шкалою, наведеною у табл. 2

Таблиця 2

Залежність якості поверхневих вод від величин сумарного екологічного ризику *ER* [28]

Клас якості води	Характеристика водного ресурсу	Значення екологічного ризику <i>ER</i>
I відмінне	Водні об'єкти в природному стані звичайно олиготрофні, вода прозора чи з невеликою кількістю гумусу. Водні об'єкти придатні для всіх видів водокористування	< 0,10
II гарне	Водні об'єкти близькі до природного стану чи слабо евтрофовані. Вода придатна для усіх видів використання	0,10-0,19
III задовільне	Водні об'єкти знаходяться під слабким впливом стічних вод, площинних джерел забруднення чи інших виді впливу. Якість звичайно задовольняє вимогам більшості видів водокористування	0,20-0,59
IV незадовільне	Вода водних об'єктів значно забруднена в результаті надходження стічних вод, поверхневого стоку, а також під впливом інших природних або антропогенних факторів. Водні об'єкти придатні тільки для тих видів водокористування, у яких найменш жорсткі вимоги до якості води	0,60-0,89
V погане	Водні об'єкти сильно забруднені стічними водами, поверхневими стоками чи в результаті впливу інших факторів різного походження	≥ 0,90

Результати розрахунків, що наведені у табл. 2 свідчать, що для річки Дунай на ділянці м. Рені – м. Вилкове сумарний екологічний ризик *ER* змінюється в межах 0,32-0,34 та оцінюється за III зоною ризику як “задовільний”. Відповідно до граничних ймовірностей ризиків (табл. 3) зазначені показники відносяться до зони “допустимого ризику”.

Сумарний показник екологічного ризику *ER* для Придунайських озер (лиманів) змінюється в більш широкому діапазоні в межах $ER = 0,38-0,46$, що також відповідає III зоні ризику (“задовільний”). Найбільші показники сумарного екологічного ризику спостерігаються на ділянках: оз. Китай – с. Старі Трояни ($ER = 0,46$), оз. Кагул – с. Нагірне ($ER = 0,47$) та оз. Катлабух – середній показник для ділянок Гасанська-Ташбунарська затока ($ER = 0,46$), для



Таблиця 3

Розподіл граничних ймовірностей ризиків за відповідними рангами та якісними зонами ризику

Ранг зони ризику	Якісна характеристика зони ризику	Граничні умовні значення ймовірностей ризику
I	Зона прийняттого ризику	$R_1 \leq 0,25$
II	Зона допустимого ризику	$0,25 < R_2 \leq 0,40$
III	Зона критичного ризику	$0,40 < R_3 \leq 0,75$
IV	Зона катастрофічного (неприпустимого) ризику	$0,75 < R_4 \leq 0,90$
V	Зона незворотних втрат якості об'єкту	$R_5 > 0,91; R_5 \approx 1,0$

інших об'єктів сумарний показник екологічного ризику коливається в межах 0,38-0,40. Відповідно до розподілу граничних ймовірностей ризиків всі водойми системи Придунайських озер (лиманів), за виключенням озер Китай, Кагул, Катлабух та Ялпуга, знаходяться в зоні допустимого ризику. Для зазначених вище чотирьох водних об'єктів сумарний показник екологічного ризику визначає III ранг зони ризику – “зона критичного ризику”.

Екологічна ситуація в басейнах малих річок значно гірше. Оціночні розрахунки сумарного екологічного ризику проведені для трьох малих річок (Ялпуг, Карасулак, Киргиж-Китай) показують незадовільний екологічний стан для кожного з об'єктів дослідження. Так, сумарний екологічний ризик погіршення стану водних ресурсів змінюється від 0,61 для р. Карасулак до 0,70 для р. Киргиж-Китай, у всіх випадках екологічний ризик віднесений до IV зони з якісним визначенням – “незадовільно”. Відповідно до розподілу граничних ймовірностей ризиків всі малі річки відносяться до зони “критичного ризику”, причому у верхній її частині наближаючись по своїм показникам до IV-ї зони – “зони катастрофічного (неприпустимого) ризику”.

6. Висновки.

1. Оцінки переважної більшості екологічних ризиків, у т.ч. пов'язаних з екологічною оцінкою стану водних об'єктів, характеризуються високою інформаційною невизначеністю і відсутністю кількісних показників майбутньої ситуації. В умовах невизначеності статистичне рішення поставлених завдань вкрай важке і сучасний математичний апарат багатомірного статистичного аналізу дозволяє давати її тільки з певною мірою ймовірності здійснення події з точки зору його кількісної та якісної реалізації.

Виходом з цієї ситуації повинна бути формалізація завдання визначення та оцінки ризику з використанням методик експертної оцінки.

2. В якості кількісної ідентифікації ризикових подій при забрудненні водного середовища пропонується використовувати метод семантичного диференціалу, який дозволяє на підставі визначених термінів надавати характеристику загального стану ризикової події при визначених градаціях



забруднення навколишнього середовища.

3. Оцінку якості водного середовища рекомендується надавати за встановленими нормативними показниками оцінки якості з урахуванням сформованої практики оцінювання за диференційованою шкалою градацій, яка дорівнює шести показникам якості: “дуже чисті” – “чисті” – “достатньо чисті” – “слабо забруднені” – “забруднені” – “брудні”.

4. Рекомендовано для більш зручного використання в практиці прикладних розрахунків ймовірнісну криву розподілу ризикових ситуацій представляти в матричній формі з використанням алгоритму “прийнятного ризику”, тобто найбільш виправданого з соціально-економічного, природоохоронної та ін. точок зору.

5. В система управління ризиками повинна в обов’язковому порядку передбачати розробку комплексу заходів щодо запобігання та мінімізації ризиків з двома групами практичних дій: засобів вирішення (попередження) кризових ситуацій і прийомів зниження ступеня ризику.

6. Розрахунок сумарного екологічного ризику ER проводився для окремих груп показників еколого-гігієнічної класифікації якості поверхневих вод України з використанням нормативного методу ідентифікації ризиків. На підставі проведених розрахунків сумарного екологічного ризику ER встановлено:

- річки Дунай на ділянці м. Рені – м. Вилкове сумарний екологічний ризик ER змінюється в межах 0,32-0,34 та оцінюється за III зоною ризику як “задовільний”. Відповідно до граничних ймовірностей ризиків зазначені показники відносяться до зони “допустимого ризику”;

- сумарний показник екологічного ризику ER для Придунайських озер (лиманів) змінюється в більш широкому діапазоні в межах $ER = 0,38-0,46$, що також відповідає III зоні ризику (“задовільний”). Найбільші показники сумарного екологічного ризику спостерігаються на ділянках: оз. Китай – с. Старі Трояни ($ER = 0,46$), оз. Кагул – с. Нагірне ($ER = 0,47$) та оз. Катлабух – середній показник для ділянок Гасанська-Ташбунарська затока ($ER = 0,46$), для інших водних об’єктів сумарний показник екологічного ризику коливається в межах 0,38-0,40. Відповідно до розподілу граничних ймовірностей ризиків всі водойми системи Придунайських озер (лиманів), за виключенням озер Китай, Кагул, Катлабух та Ялпуг, знаходяться в зоні “допустимого ризику”. Для зазначених вище чотирьох водних об’єктів сумарний показник екологічного ризику визначає III ранг зони ризику – “зона критичного ризику”;

- проведена оцінка сумарного екологічного ризику проведених малих річок (Ялпуг, Карасулак, Киргиз-Китай) показують незадовільний екологічний стан для кожного з об’єктів дослідження. Сумарний екологічний ризик погіршення стану водних ресурсів змінюється від 0,61 для р. Карасулак до 0,70 для р. Киргиз-Китай, у всіх випадках екологічний ризик віднесений до IV зони з якісним визначенням – “незадовільно”. Відповідно до розподілу граничних ймовірностей ризиків всі малі річки відносяться до зони “критичного ризику”.

**Література:**

1. Адам А.М., Мамин Р.Г. Природные ресурсы и экологическая безопасность Западной Сибири// *Эко-бюллетень*. -2000. - № 7. – С. 11-15
2. Аникеев В.В., Захарова П.В. Интегральный критерий экологической безопасности// *Геоинформатика*. – 2002. - № 1. – С. 8-16
3. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування: монографія /за ред. Б. М. Данилишина. К.: Наукова Думка, 2008. Т. 1 Природно-техногенна (екологічна) безпека. 392 с.
4. Буркинский Б.В., Ковалева Н.Г., Ковалев В.Г. Инвестирование природоохранной деятельности. Одесса, ИПРЭЭИ НАН Украины, 2002. 224 с.
5. Буркинский Б.В., Степанов В.Н. Прогнозирование ресурсно-экологических и экономических трансформаций (на примере приморских регионов). Одесса: ИПРЭЭИ НАН Украины, 2004. 425 с.
6. Васенко О.Г., Рибалова О.В., Поддашкін О.В та ін. Ієрархічний підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану екосистеми поверхневих вод України// *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки: збірник наукових праць УкрНДІЕП*. - Харків: 2010. - Вип. XXXII. – С. 75-90
7. Волошин В. В., Трегобчук В. М. Концептуальні засади сталого розвитку регіонів України // *Регіональна економіка*. 2012. № 1. С. 8–12
8. Галушкина Т.П. Экологический менеджмент в Украине: реалии и перспективы/ Т.П. Галушкина, С.К. Харичков. – Одесса: ИПРЭЭИ, 1998. 107 с.
9. Гончарук В.В., Чернявская А.П., Жукинский В.М. и др. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды. – К.: Наукова думка, 2005. – 87с.
10. Гетьман А.П. Поняття і сутність екологічної безпеки. Правове регулювання екологічної безпеки в Україні / Гетьман А. П. та ін. Х.: Право, 2012. 296 с.
11. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря : довідковий посібник / І. Г. Орлова та ін.; відп. ред. І. Д. Лоева; Укр. наук. центр екології моря. – К.: КНТ, 2008. – 616 с./ Електронний ресурс: <http://www.sea.gov.ua/index.htm.ru>.
12. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. – М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2004. 495 с.
13. Джигирей В.С. Экология и охрана окружающей природной среды / В.С. Джигирей. – К.: Знання, 2007. 422 с.
14. Дем'янова О.О., Рибалова О.В. Новый підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану басейну річки Інгулець в Херсонській області// *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. - № 1/6(61). – 2013. – С. 45-49
15. Добровольский В.В. Экологическая безопасность и риски: некоторые понятийно-категориальные уточнения/ *Экологическая безопасность*. – 2011. - № 1 (11). С. 17-20
16. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування: монографія /за



ред. Б. М. Данилишина. К.: Наукова Думка, 2008. Т. 1 Природно-техногенна (екологічна) безпека. 392 с.

17. Дорогунцов С.И. Экосреда и современность/ С.И. Дорогунцов, М.А. Хвесик, Л.М. Горбач. – Т.5 Управление экосредой в условиях регионализации. – К.: Кондор, 2007. 446 с.

18. Згуровський М.З., Панкратов Н.Д. Системний аналіз: проблеми, методологія, додатки. – К.: Наукова думка, 2005. – 744с.

19. Івченко Ю.В. Моделювання економічних ризиків і ризикових ситуацій: Навчальний посібник. - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 344с.

20. Клименко Л. П., Воскобойникова Н. О. Ресурсозбереження при впровадженні вітрогеліоустановок в системі теплохладопостачання будівель (на прикладі Миколаївської області) // Наукові праці МДГУ ім. П. Могили: Науково-методичний журнал. 2007. Т.73. Вип.60. Техногенна безпека. С. 11-19

21. Кліматичні зміни та їх вплив та сфери економіки України монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.

22. Ковалев В.Г., Сербов Н.Г., Рекиш А.А. Производственно-хозяйственная и природоохранная деятельность в водных бассейнах Украины/ под ред. проф. В.Г. Ковалева. Одесса: ПОЛИГРАФ, 2011, 105 с.

23. Концепція євро регіону Нижній Дунай. URL: <http://old.niss.gov.ua/Monitor/juni08/05.htm> (дата звернення 27.11.2017)

24. Маршалл В. Основные опасности химических производств/ В. Маршалл. – М.: Мир, 1989. 672с.

25. Мельник Л.Г. Экономика развития. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2006. – 662с.

26. Методические основы оценки вероятностей рисков событий вследствие загрязнения водных объектов. – Одесса: ИПРЭЭИ НАН Украины, 2016. – 99с.

27. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями /А.В. Гриценко, О.Г. Васенко та ін. - Х.: УкрНДІЕП. – 2012. – 37 с.

28. Методичні рекомендації щодо оцінки ймовірності ризикових подій внаслідок забруднення водних об'єктів та ґрунтів української частини Нижньодунайського регіону. Одеса: ФОП Шилов М. В., 2016. 57 с.

29. Онищенко В.О. Теоретико-методологические основы управления сферой обращения с твердыми отходами на региональном уровне/ В.О. Онищенко, М.С. Самойлик. – Полтава: Симон, 2013. 524с.

30. Поповкин В.А. Повышение роли комплексных территориальных планов в экономическом и социальном развитии. К.: Знание, 1986. 123 с.

31. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Россия Молодая, 1994. 358 с.

32. Рекиш А.А. Экономические, экологические, социальные основы разработки оценок направления развития экономико-экологических систем. Одесса: ОДЕКУ, 2010. 125 с.

33. Serbov M. (2018) Methodological approaches in development of value estimation of costs of freshwater resources of the water basin by the objects of nature



use. Technology Audit and Production Reserves. № 1/5 (39). P. 74–78

34. Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками/под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 350с.

35. Шапоренко О. І. Економіко-екологічні ризики: визначення, оцінка, менеджмент і принципи // Вчені записки Університету “КРОК”. 2014. Вип. 35. С.182–189

36. Эндрес А., Квернер И. Экономика природных ресурсов / А. Эндрес, И. Квернер // Рынки, технологии и инновации. Аспекты развития. – С.Пб: Питер, 2008. – 2-е изд. 256 с.

37. Brown L.E., G.Mitchell, J.Holden, A.Folkard etc. (2010) Priority water research questions as determined by UK practitioners and policy makers. Science of Total Environment. №. 409. P. 256-266.

38. Chung, G., Lansey, K., Bayraksan, G., (2009). Reliable water supply system design under uncertainty. Environ. Modell. Softw. №. 24. P. 449-462.

39. Hiilson D. "7 Key Criteria for Effective Risk Responses" in: Home Page - the Newsletter of Project Management Professional Services LTD. August, 2000, pp. 5

References:

1. Adam A.M., Mamin R.G. (2000) Prirodnyie resursyi i ekologicheskaya bezopasnost Zapadnoy Sibiri. Eko-byulleten. 7. 11–15

2. Anikeev V.V., Zaharova P.V. (2002) Integralnyiyy kriteriy ekologicheskoy bezopasnosti. Geoinformatika. 1. 8–16

3. Bezpeka rehioniv Ukrainy i stratehiia yii harantuvannia: monohrafyia. za red. B.M. Danylyshyna. K.: Naukova Dumka, 2008. T. 1 Pryrodno-tekhnohenna (ekolohichna) bezpeka. 392.

4. Burkinskiy B.V., Kovaleva N.G., Kovalev V.G. Investirovanie prirodohrannoy deyatel'nosti. Odessa, IPREEI NAN Ukrainyi, 2002. 224 s.

5. Burkinskiy B.V., Stepanov V.N. Prognozirovanie resursno-ekologicheskikh i ekonomicheskikh transformatsiy (na primere primorskiykh regionov). Odessa: IPREEI NAN Ukrainyi, 2004. 425 s.

6. Vasenko O.H., Rybalova O.V., Poddashkin O.V ta in. (2010) Hierarkhichniy pidkhid do otsiniuvannia ekolohichnoho ryzyku pohirshennia stanu ekosystemy poverkhnevyykh vod Ukrainy. Problemy okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha ta tekhnohennoi bezpeky: zbirnyk naukovyykh prats UkrNDIEP. Vyp. XXXII. 75–90

7. Voloshyn V.V., Trehobchuk V.M. (2012) Kontseptualni zasady staloho rozvytku rehioniv Ukrainy. Rehionalna ekonomika.1. 8–12

8. Galushkina T.P. Ekologicheskyy menedzhment v Ukraine: realii i perspektivy/ T.P. Galushkina, S.K. Harichkov. – Odessa: IPREEI, 1998. 107 s.

9. Goncharuk V.V., Chernyavskaya A.P., Zhukinskiy V.M. i dr. Ekologicheskyye aspektyi sovremennykh tekhnologiy ohranyi vodnoy sredyi. – K.: Naukova dumka, 2005. – 87s.

10. Poniattia i sutnist ekolohichnoi bezpeky. Pravove rehuliuвання ekolohichnoi bezpeky v Ukraini. Hetman A.P. ta in. Kh.: Pravo. 2012. 296.

11. Hidrolohichni ta hidrokhimichni pokaznyky stanu pivnichno-zakhidnoho shelfu Chornoho moria : dovidkovyi posibnyk / I. H. Orlova ta in.; Vidp. red. I. D. Loieva; Ukr. nauk. tsentr ekolohii moria. – K.: KNT, 2008. – 616 s. / Elektronnyi resurs: <http://www.sea.gov.ua/index.htm.ru>.

12. Granberg A.G. Osnovy regionalnoy ekonomiki. – M.: Izdatelskiy dom GU VShE, 2004. 495 s.

13. Dzhigirey V.S. Ekologiya i ohrana okruzhayushey prirodnoy sredyi / V.S. Dzhigirey. –



K.: Znaniya, 2007. 422 s..

14. Demianova O.O., Rybalova O.V. Novyi pidkhd do otsiniuvannya ekolohichnoho ryzyku pohirshennia stanu baseinu richky Inhulets v Khersonskii oblasti// Vostochno-Evropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiyi. - № 1/6(61). – 2013. – S. 45-49

15. Dobrovolskiy V.V. Ekologicheskaya bezopasnost i riski: nekotoryie ponyatiyno-kategorialnyie utochneniya/ Ekologicheskaya bezopasnost. – 2011. - # 1 (11). S. 17-20

16. Bezpeka rehioniv Ukrainy i stratehiia yii harantuvannya: monohrfyia. za red. B.M. Danylyshyna. K.: Naukova Dumka, 2008. T. 1 Pryrodno-tekhnohenna (ekolohichna) bezpeka. 392.

17. Doroguntsov S.I. Ekosreda i sovremennost/ S.I. Doroguntsov, M.A. Hvesik, L.M. Gorbach. – T.5 Upravlenie ekosredoy v usloviyah regionalizatsii (ukr.). – K.: Kondor, 2007. 446 s.

18. Zghurovskiy M.Z., Pankratov N.D. Systemnyi analiz: problemy, metodolohiia, dodatky. – K.: Naukova dumka, 2005. – 744s.

19. Ivchenko Yu.V. Modeliuvannya ekonomichnykh ryzykiv i ryzykovykh sytuatsii: Navchalnyi posibnyk. - K.: Tsentr uchbovoi literatury, 2007. – 344 s.

20. Klymenko L.P., Voskoboinikova N.O. (2007) Resursozberezhennia pry vprovadzhenni vitrohelioustanovok v systemi teplokhladopostachannia budivel (na prykladi Mykolaivskoi oblasti). Naukovi pratsi MDHU im. P. Mohyly: Naukovo-metodychnyi zhurnal. T.73. Vyp.60. Tekhnohenna bezpeka.11–19

21. Klimatychni zminy ta yikh vplyv ta sfery ekonomiky Ukrainy. Za red. S.M. Stepanenka, A.M. Polovoho. Odesa: TES, 2015. 520.

22. Kovalev V.G., Serbov M.G., Rekish A.A. Proizvodstvenno-hozyaystvennaya i prirodoohrannaya deyatelnost v vodnykh basseynah Ukrainyi: monografiya. za red. V.G. Kovaleva. Odessa: POLIGRAF, 2011. 105.

23. Kontseptsiiia yevrorehionu Nyzhnii Dunai. URL: <http://old.niss.gov.ua/Monitor/juni08/05.htm> (data zvernennia 27.11.2017)

24. Marshall V. Osnovnyie opasnosti himicheskikh proizvodstv: monografiya. M.: Mir, 1989. 672.

25. Melnyk L.H., Kubatko O.V. (2010) Ekolohichni rozvytok rehionov Ukrainy z urakhuvanniam ekolohichnoi komponenty v konteksti staloho rozvytku//Rehionalna ekonomika. 3. 129–135

26. Metodicheskie osnovy otsenki veroyatnostey riskovykh sobyitiy vsledstvie zagryazneniya vodnykh ob'ektov. – Odessa: IPREEI NAN Ukrainyi, 2016. – 99s.

27. Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy / A.V. Hrytsenko, O.H. Vasenko, H.A. Vernichenko ta in. – Kh.: UkrNDIEP. – 2012. – 37 s.

28. Metodychni rekomendatsii shchodo otsinky ymovirnosti ryzykovykh podii vnaslidok zabrudnennia vodnykh ob'ektiv ta gruntiv ukrainskoi chastyny Nyzhnodunaiskoho rehionu. Odesa: FOP Shylov M.V., 2016. 57.

29. Onischenko V.O. Teoretiko-metodologicheskie osnovy upravleniya sferoy obrascheniya s tverdymi othodami na regionalnom urovne/ V.O. Onischenko, M.S. Samoylik. – Poltava: Simon, 2013. 524s.

30. Popovkin V.A. Povyishenie roli kompleksnykh territorialnykh planov v ekonomicheskom i sotsialnom razvitii. K.: Znanie, 1986. 123 s.

31. Reymers N.F. Ekologiya (teoriya, zakonyi, pravila, printsipyi i gipotezyi): monografiya. M.: Rossiya Molodaya, 1994. 358.

32. Rekish A.A. Ekonomicheskie, ekologicheskie, sotsialnyie osnovyi razrabotki otsenok napravleniya razvitiya ekonomiko-ekologicheskikh sistem. Odessa: ODEKU, 2010. 125 s.

33. Serbov M. (2018) Methodological approaches in development of value estimation of costs of freshwater resources of the water basin by the objects of nature use. Technology Audit and Production Reserves. № 1/5 (39). P. 74–78

34. Tihomirov N.P., Potravnyiy I.M., Tihomirova T.M. Metodyi analiza i upravleniya ekologo-ekonomicheskimi riskami/pod red. prof. N.P. Tihomirova. – M.: YuNITI-DANA, 2012. – 350s.



35. Shaporenko O.I. (2014) Ekonomiko-ekolohichni ryzyky: vyznachennia, otsinka, menedzhment i pryntsypy. Vcheni zapysky Universytetu KROK. Vyp. 35. 182–189
36. Endres A., Kverner I. Ekonomika prirodnih resursov / A. Endres, I. Kverner // Ryinki, tehnologii i innovatsii. Aspektyi razvitiya. – S.Pb: Piter, 2008. – 2-e izd. 256 s.
37. Brown L.E., G.Mitchell, J.Holden, A.Folkard etc. (2010) Priority water research questions as determined by UK practitioners and policy makers. Science of Total Environment. №. 409. P. 256-266.
38. 22. Chung, G., Lansey, K., Bayraksan, G., (2009). Reliable water supply system design under uncertainty. Environ. Modell. Softw. №. 24. P. 449-462.
39. Hiilson D. "7 Key Criteria for Effective Risk Responses" in: Home Page - The Newsletter of Project Management Professional Services LTD. August, 2000, pp. 5

Abstract. *The paper considers the issues of establishing environmental risks of surface water pollution in the Ukrainian part of the Danube River and Danube lakes (estuaries). Assessment of environmental risks of water pollution included an assessment of the risk associated with the organoleptic properties of water, hydrochemical indicators, the presence of inorganic and organic substances of toxic effects, and an assessment of radiation pollution of water. The analysis of the existing methodological approaches in establishing the environmental risks of surface water pollution is presented. A summary assessment of the environmental risk of the deterioration of water bodies in the region was carried out, which included the combination of indicators for individual pollutants into groups according to the Gaus law.*

Keywords: *environmental risk, water pollution, Danube region of Ukraine*