

5. Антонова Н. А., Осипова В. П., Коляда М. Н., Мовчан Н. О., Милаева Е. Р., Пименов Ю. Т. Исследование антиоксидантных свойств порфиринов и их комплексов с металлами // Макрогетероциклы. — №3(2-3). — 2010. — С.139—144.
6. Попова Е. М., Коцкій І. В. Ліпіди як компонент адаптації риб до екологічного стресу. // Рибогосподарська наука України. — № 1. — 2007. — С.49—56.
7. Гераскин П. П. Реакции организма каспийских осетровых (*Acipenseridae*) на загрязнение среды обитания: дис...доктора биол. наук по специальности «Физиология» 03.03.01 / Гераскин П. П. — Москва, 2013. — 34 с.
8. Гераскин П. П., Металлов Г. Ф., Аксёнов В. П., Галактионова М. Л. Влияние загрязнения северного Каспия на интенсивность перекисного окисления липидов и активность цитохромооксидазы печени и мышц осетровых рыб // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство — №2 — 2010. — С.88—97.
9. Новоселова Ю. В., Дорохова И. И. Морфофизиологические и биохимические особенности печени рыб как индикатора их состояния в условиях антропогенного загрязнения // Водні біоресурси і аквакультура / За редакцією І. І. Грициняка, М. В. Гринжевського, О. М. Третяка. — К.: ДІА, 2010. — С.287—290.
10. Семенкова Т. Б. Эколого-гистофизиологический анализ печени и некоторые аспекты регуляции липидного обмена у сибирского осетра: дис. ... канд. биол. наук по специальности: «Ихтиология» 03.00.10 / Семенкова Т. Б. — Ленинград, 1987. — 21 с.
11. Дубинина Е. Е. Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов. / Е. Е. Дубинина, Л. Ф. Сальникова // Лабораторное дело. — 1983. — № 10. — С. 30—33.
12. Корольок М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Корольок, И. Г. Майорова, В. Е. Токарев // Лабор. дело. — 1988. — № 1. — С. 16—18.

УДК 502.5

ОПТИМІЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Шахман І.О. — к. геогр. н., доцент ДВНЗ «Херсонський ДАУ»,
Бистрянцева А.М. — к. ф.-м. н., старший викладач,
Херсонський ДУ

У статті висвітлено приклад оптимізації розрахункових операцій при оцінці якості води за гідрохімічними показниками. Наведено досвід використання комп'ютерних технологій при математичній обробці екологічної інформації відповідно до діючих нормативів якості поверхневих водних ресурсів. Продемонстровано приклад впровадження автоматичної обробки даних аналітичного контролю поверхневих вод р. Інгулець.

Ключові слова: екологічна оцінка якості води, гідрохімічні показники, автоматична обробка, програмне забезпечення.

Шахман И.А., Быстрянцева А.Н. Оптимизация математической обработки экологической информации

В статье освещен пример оптимизации расчётных операций при оценке качества воды по гидрохимическим показателям. Приведён опыт использования компьютерных технологий при математической обработке экологической информации в соответствии действующих нормативов качества поверхностных водных ресурсов. Продемонстрирован пример внедрения автоматической обработки данных аналитического контроля поверхностных вод р. Ингулец.

Ключевые слова: экологическая оценка качества воды, гидрохимические показатели, автоматическая обработка, программное обеспечение.

Shakhman I.O., Bystrantseva A.N. Optimization of mathematical processing of ecological information

The article highlights the example of optimization of settlement operations for assessing the quality of water by hydrochemical parameters. It describes the experience of using computer technologies in the mathematical processing of ecological information in compliance with current standards of the quality of surface water resources. The study provides an example of the implementation of the automatic processing of analytical control data on surface waters of the Ingulec River.

Keywords: ecological assessment of water quality, hydrochemical indicators, automatic processing, software.

Постановка проблеми. Якість водних ресурсів – це значущий компонент сталого розвитку суспільства, який характеризується економічним зростанням при обов'язковому збереженні якісного навколишнього середовища. Функціонування суспільства розглядається як гармонійне поєднання трьох взаємопов'язаних складових: економічної, соціальної та екологічної. Отже, розвиток однієї зі складових без врахування стану інших не може вважатися цілісним. Україна разом із 189 країнами світу, приєднавшись до Декларації Тисячоліття ООН, взяла на себе зобов'язання досягти намічених Цілей Розвитку Тисячоліття. До Цілей сталого розвитку ООН відносяться 17 кроків, другий з яких – зупинення голоду, досягнення продовольчої безпеки, покращення харчування, а також сприяння сталого розвитку сільського господарства.

Рибне господарство як важлива складова сільського господарства вимагає здійснення ефективної політики державного регулювання дозволеними методами та інструментами якості води водних об'єктів у відповідності до вимог міжнародних і регіональних організацій. Водні об'єкти виступають джерелом агропромислового водопостачання, а тому відіграють вирішальну роль у забезпеченні продуктами харчування населення. Враховуючи важливість рибної галузі в забезпеченні населення продовольством, а також необхідність збереження та відтворення рибних запасів, питаннями рибальства і міжнародної торгівлі рибою та морепродуктами активно займається цілий ряд міжнародних організацій [1]. Ситуація, яка склалася в рибній галузі України за останні п'ятнадцять років, призвела до зменшення вилову риби й морепродуктів у чотири рази, завдяки, в тому числі, і зниженню кількісних показників та погіршенню якості водних ресурсів країни.

Виконання одного із завдань державної політики у галузі рибного господарства – збереження та збільшення чисельності водних біоресурсів у природному середовищі, їх біологічного різноманіття шляхом забезпечення охорони, відтворення та раціонального використання [2], можливо лише за умов нормування якості води водного об'єкта, яке здійснюється завдяки встановленню сукупності допустимих значень показників її складу та властивостей. Тому окремої уваги та

актуальності набувають питання екологічної оцінки стану водних об'єктів на основі досліджень якості води за гідрохімічними показниками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з інструментів підвищення ефективності діяльності забезпечення належних умов нормування якості води водного об'єкта являється автоматизація. Використання комп'ютерних технологій є невід'ємним атрибутом життєдіяльності сучасного суспільства. Від того, наскільки ефективно використовується їх потенціал для розширення кола актуальних задач, залежить стратегічний розвиток суб'єкта господарювання. Це є актуальним і для оптимізації процесу оцінки стану водних об'єктів.

Значний внесок в наукові дослідження хімічного складу води р. Інгулець належить вченим Київського національного університету імені Тараса Шевченка – Гореву Л.М., Пелешенку В.І., Хільчевському В.К., Руденку Р.В., Медведю В.М., Кравчинському Р.Л. та ін. [3]. Вагомі результати в розробці та в провадженні сучасних методик комплексної оцінки стану поверхневих вод зробили українські вчені Шерстюк Н.П. [4], Клименко М.О., Вознюк Н.М., Приходько В.Ю., Ліхо О.А., Бондарчук І.А., Тімченко З.В..

Комплексна оцінка якості вод використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів. Раціональним підходом до визначення якості води є порівняльний аналіз за різними методиками комплексної оцінки, запропонований фахівцями Одеського державного екологічного університету Юрасовим С.М., Сафрановим Т.А. та ін. [5].

Постановка завдання. Метою роботи є розробка програмного забезпечення та виконання автоматичної обробки даних аналітичного контролю поверхневих вод і комплексної оцінки якості води за гідрохімічними показниками за сучасними розрахунковими методиками [5] на прикладі пониззя р. Інгулець відповідно до рибогосподарських норм, як найбільш чутливих до змін екологічного стану річки.

Комплексні індекси, на основі яких здійснюється оцінка, розраховуються за всіма показниками якості вод або за їхніми частинами. Вони характеризують стан води в цілому, при цьому інформація по окремих показниках втрачається. Послідовність виконання оцінки складається з двох етапів: на першому етапі здійснюється розрахунок значення показника, а на другому за розрахованим значенням індексу і за шкалою якості дається словесна характеристика води. Оцінка має декілька балів.

Індекс забруднення води (*ІЗВ*) розраховується за формулою [5]:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i},$$

де $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація хімічного компоненту; C_i – фактична концентрація хімічного компоненту; 6 – кількість інгредієнтів.

Отже, кількість показників, які беруться для розрахунку *ІЗВ*, повинна бути шість, і включати розчинений кисень (O_2), біохімічне споживання кисню ($БСК_5$), амоній (NH_4^+), нітрити (NO_2^-), нафтопродукти (*НП*), феноли (C_6H_5OH).

На відміну від інших показників, для розчиненого кисню при розрахунках *ІЗВ* береться співвідношення норматив ($ГДК_i$)/реальна концентрація (C_i). Критерії оцінки якості вод за *ІЗВ* наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Критерії оцінки якості вод за індексом забруднення води (*ІЗВ*) [6]

Клас якості води	Характеристика класу	Значення індексу забруднення води
I	Дуже чиста	$\leq 0,3$
II	Чиста	0,31–1,0
III	Помірно забруднена	1,01–2,5
IV	Забруднена	2,51–4,0
V	Брудна	4,01–6,0
VI	Дуже брудна	6,01–10,0
VII	Надзвичайно брудна	$>10,0$

До I класу належать води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Значення їх гідрохімічних і гідробіологічних показників близькі до природних значень для даного регіону. Для вод II класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги. До III класу належать води, які перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. Води IV–VII класів – це води з порушеними екологічними параметрами, і їхній екологічний стан оцінюється як екологічний регрес.

Модифікований *ІЗВ* [5] розраховується теж за шістьма показниками: біохімічне споживання кисню ($БСК_5$) та розчинений кисень (O_2) є обов'язковими, а інші чотири показника беруть з найбільшими відношеннями по $ГДК$ з переліку: SO_4^{2-} , Cl^- , XCK , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , $Fe_{заг}$, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , As^{3+} , нафтопродукти ($НП$), синтетичні поверхнево-активні речовини ($СПАР$).

Виклад основного матеріалу дослідження. Вихідною інформацією для оцінки екологічного стану водних ресурсів басейну р. Інгулець в межах Миколаївської області є результати аналітичного контролю Державної екологічної інспекції поверхневих вод за 2001–2014 роки (83 проаналізовані проби, за якими виконано 1615 хімічних досліджень), що були систематизовані в таблиці середньорічних концентрацій забруднюючих речовин.

Для виконання автоматичної оцінки якості води розроблена програма в середовищі Delphi 7 [6], яке обрано як найбільш стабільне, швидке і вживане з усього першого покоління Delphi. В цій версії значно знижені вимоги до апаратного забезпечення.

Для зберігання вхідних даних та результатів розрахунку, програма використовує базу даних Access [7]. Стабільну та швидку роботу з базою даних забезпечує пакет компонентів ADO.

Виконана автоматична оцінка якості води за гідрохімічними показниками у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за індексом забруднення води (*ІЗВ*) відповідно до рибогосподарських норм [8]. Під час розрахунку, запускається алгоритм, який використовуючи компонент ADOQuery, визначає кількість циклів, які він має

пройти. Наступний крок – заповнення масиву «А» даними спостережень, після чого підраховується середнє арифметичне масиву «А» і його відношення до ГДК, результат присвоюється змінній $b[i]$, де i – номер циклу, що виконується. Після завершення виконання циклу, обчислюється середнє арифметичне всіх $b[i]$ та присвоюється змінній s . Після порівняння значення змінної s зі значеннями індексу забруднення води (табл. 1) висновок виводиться на форму. Зв'язок з таблицею забезпечується компонентом ADOTable [7]. Приклад розрахунків для 2012 р. наведено на рисунку 1.

Автоматична оцінка якості води за модифікованим індексом забруднення (ІЗВ) виконана за нормативами якості води об'єктів рибогосподарського призначення. Приклад розрахунків для 2012 р. наведено на рисунку 2.

Виконана оцінка якості води за гідрохімічними показниками у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за індексом забруднення води (ІЗВ) відповідно до рибогосподарських норм, які найбільш жорстко встановлюють ГДК для більшості неорганічних та органічних речовин. Приклад розрахунків для 2001 р. наведено в таблиці 2 а зведені дані за весь період дослідження в таблиці 3.



Рисунок 1. Програмна форма «Розрахунок ІЗВ»



Рисунок 2. Програмна форма «Розрахунок модифікованого ІЗВ»

За період дослідження ступінь чистоти річкової води змінився від “дуже брудної” (2001–2009 рр.) до “помірно забрудненої” (2010–2011 рр.) та до “чистої” (2012–2014 рр.). Комплексний індекс *ІЗВ* по ділянці р. Інгулець, що протікає територією Миколаївської області, за період спостережень змінювався в межах 0,75–6,73, максимальна величина (*ІЗВ*=6,73) була встановлена за даними 2001 року для створу в м. Снігурівка вище за течією в районі автомобільного мосту нижче за течією с. Євгенівка. Загалом, клас якості води змінювався від VI (дуже брудна) до II класу (чиста). Зважаючи на результати систематичного аналітичного контролю р. Інгулець, а саме зменшення в річковій воді концентрації нафтопродуктів за останні п’ять років, представляє інтерес дослідження повернення можливості використання водного об’єкту за рибогосподарським призначенням.

Таблиця 2 – Оцінка якості води р. Інгулець – м. Снігурівка за індексом забруднення *ІЗВ* за рибогосподарськими нормами за 2001 р.

№	Показник	<i>ГДК_і</i>	2001 р.	
			<i>C_і</i>	<i>C_і / ГДК_і</i>
1	Розчинений кисень	6,0	11,4	0,53
2	БСК ₅	3,0	15,3	5,09
3	Амоній іон	0,5	0,12	0,24
4	Нітриди	0,08	0,20	2,50
5	Нафто-продукти	0,05	<1,6	32,0
6	Феноли	0,001	0,00	0,00
Σ				40,36
Клас якості				<i>ІЗВ</i> =6,73 VI клас (дуже брудна)

Таблиця 3 – Комплексна оцінка якості води р. Інгулець – м. Снігурівка за індексом забруднення *ІЗВ* за період 2001–2014 рр.

Рік спостереження	Індекс забрудненості води (<i>ІЗВ</i>)	Клас якості води	Ступінь чистоти
2001	6,73	VI	дуже брудна
2002	6,43	VI	дуже брудна
2003	6,11	VI	дуже брудна
2004	6,16	VI	дуже брудна
2005	6,26	VI	дуже брудна
2006	6,14	VI	дуже брудна
2007	6,42	VI	дуже брудна
2008	6,63	VI	дуже брудна
2009	6,23	VI	дуже брудна
2010	1,13	III	помірно забруднена
2011	1,08	III	помірно забруднена
2012	0,99	II	чиста
2013	0,75	II	чиста
2014	0,78	II	чиста

Оцінка якості води за модифікованим індексом забруднення (*ІЗВ*) виконана за нормативами якості вод водних об’єктів рибогосподарського призначення для всього періоду, що досліджується. Приклад розрахунку для 2001, 2002 рр. наведено в таблиці 4 а підсумковий аналіз модифікованих індексів забруднення для

р. Інгулець – м. Снігурівка за період 2001–2014 рр. та оцінка якості води водного об'єкту наведена в таблиці 5.

Модифікований індекс забруднення має значно гірші кількісні показники від 3,95 (2014 р.) до 13,7 (2007 р.). Якісна оцінка (ступінь чистоти) змінювалася відповідно від “забрудненої” до “надзвичайно брудної”. Співпадіння результатів розрахунків спостерігається для 2001–2009 рр., далі йдуть суттєві розбіжності, особливо для періоду 2012–2014 рр. у зв'язку з відсутністю

Таблиця 4 – Оцінка якості води р. Інгулець – м. Снігурівка за модифікованим індексом забруднення $IЗВ$ за рибогосподарськими нормами за 2001, 2002 рр.

№	Показник	$ГДК_i$	2001 р.		2002 р.	
			C_i	$C_i / ГДК_i$	C_i	$C_i / ГДК_i$
1	Розчинений кисень	6,0	11,4	0,53	10,4	0,58
2	БСК ₅	3,0	15,3	5,09	9,0	3,00
3	Нафтопродукти	0,05	<1,6	32,0	<1,6	32,0
4	Мідь	0,001	0,011	11,0	0,011	11,0
5	Залізо загальне	0,10	0,60	6,00	0,56	5,60
6	Хлориди	300	1254,7	4,18	1360,5	4,54
Σ				58,8		56,7
Клас якості				$IЗВ=9,80$ VI клас (дуже брудна)		$IЗВ=9,45$ VI клас (дуже брудна)

Таблиця 5 – Комплексна оцінка якості води р. Інгулець – м. Снігурівка за модифікованим індексом забруднення води за період 2001–2014 рр.

Рік спостереження	Модифікований індекс забрудненості води ($IЗВ$)	Клас якості води	Ступінь чистоти
2001	9,80	VI	дуже брудна
2002	9,45	VI	дуже брудна
2003	9,73	VI	дуже брудна
2004	9,12	VI	дуже брудна
2005	9,47	VI	дуже брудна
2006	12,2	VII	надзвичайно брудна
2007	13,7	VII	надзвичайно брудна
2008	11,6	VII	надзвичайно брудна
2009	9,83	VI	дуже брудна
2010	5,27	V	брудна
2011	4,70	V	брудна
2012	5,04	V	брудна
2013	4,60	V	брудна
2014	3,95	IV	забруднена

спостережень за фенолами, складової частини методики, що в результаті дало якісну оцінку вод річки як “чисті” для 2012–2014 рр. Тому необхідне подальше дослідження якості води за іншими методиками комплексної оцінки.

Сумарний ефект зазначених вище факторів призводить до загального антропогенного навантаження на басейн річки Інгулець, визначає якісний склад поверхневого стоку та формує гідрохімічні показники води водного об'єкту. Аналіз наведених результатів дозволяє простежити стійку тенденцію низької якості

води з 2001 по 2009 рр. та відносно покращення якості води з 2010 року за рахунок різкого зниження концентрації нафтопродуктів в річковій воді [9].

Зниження концентрації нафтопродуктів в поверхневих водах р. Інгулець і р. Саксагань (ліва притока Інгульця) стало можливим, по-перше, в результаті запровадження Розпорядженням Кабінету Міністрів України у 2011 році нового Регламенту скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу в р. Інгулець. В процесі скидання шахтних вод в русло річки Інгулець, через канал Дніпро – Інгулець, подається дніпровська вода. Після скиду шахтних вод (наприкінці лютого), починається процес промивки русла Інгульця водою того ж каналу Дніпро – Інгулець (на початку квітня). Промивка триває до середини серпня. Цей захід дає можливість використовувати інгулецьку воду впродовж вегетаційного періоду в ІЗС (Миколаївська обл., м. Снігурівка) для зрошення. Ця схема, після тривалих експериментів, вважається найбільш досконалою [10].

По-друге, відбулося різке падіння виробництва товарної руди у 2008–2009 рр., в порівнянні з 2007 р. на 47% ВАТ “КЗРК”, на 40% – ВАТ “СВРАЗ Суха Балка”, на 39% – ВАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” та ін. Об’єми виробництва агломерату ВАТ “ПівдГЗК” та ВАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” мають схожі тенденції динаміки виробництва, що виражаються в значному спаді виробництва агломерату до трикратного зниження у 2010 році по Південному гірничозбагачувальному комбінату [11].

Третьою причиною зниження концентрації нафтопродуктів в р. Інгулець, є впровадження на одному з найбільших в світі металургійних комбінатів “АрселорМіттал Кривий Ріг” Екологічної політики підприємства, яка передбачає застосування екологічно безпечних технологій випуску частини продукції та системи контролю впливу підприємства на довкілля. Впровадження системи екологічного моніторингу стічних вод та реконструкція на р. Саксагань у 2010 році зливової каналізації дозволили знизити концентрацію зливових, талих та поливомийних вод з виробничих майданчиків до менш ніж $0,05 \text{ мг/дм}^3$ при нормативі 3 мг/дм^3 для нафтопродуктів, і до 3 мг/дм^3 при нормативі 10 мг/дм^3 для завислих речовин. Найбільше уваги на підприємстві приділяють ефективності роботи водоочисних споруд (використання принципово нової системи по уловлюванню нафтопродуктів), систем зворотного водопостачання та водовідведення. За період 2003–2010 рр. підприємству “АрселорМіттал Кривий Ріг” вдалося знизити об’єми стічних вод в 6 разів [11].

В лютому 2015 р. в ВАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” відбувся другий наглядовий аудит відповідності системи екологічного менеджменту вимогам міжнародного стандарту ISO 14001:2004. В результаті аудиту в ВАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” спеціалісти компанії “QSCert-Ukraine B.V.” (нідерландський підрозділ міжнародного органу по сертифікації QSCert) підтвердили, що система екологічного менеджменту на підприємстві функціонує ефективно і відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 14001:2004. Дія сертифіката була підтверджена до березня 2016 року.

Висновки. Проведена оцінка якості води за індексами забруднення (*ІЗВ*) не є достатньою для обґрунтованого повного висновку стосовно екологічного стану водного об’єкту. Віднесення басейну р. Інгулець до водного об’єкту рибогосподарського призначення на сьогодні пов’язано з певними екологічними ризиками. Передбачається подальше дослідження якості води р. Інгулець за комплексними

показниками екологічного стану за допомогою автоматичних методів обробки інформації, щоб з належною вірогідністю стверджувати про неможливість використання пониззя р. Інгулець для рибного господарства та визначення можливого використання водного об'єкту для інших водокористувачів (питне водопостачання, зрошення, культурно-побутове та рекреаційне використання).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Литовченко А.В. Організація ринку риби та морепродуктів у рамках СОТ // Економіка АПК. – 2008. – №4. – с. 194.
2. Закон України “Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів” – Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2012, № 17.
3. Перевозчиков І.М. Гідрохімічний режим та якість води річки Інгулець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія / [Перевозчиков І.М., Савицький В.М.]; за ред. д. геогр. наук В.К. Хільчевського; Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – Київ, 2013. – Т. 1(28). – С. 76–82.
4. Шерстюк Н.П., Хільчевський В.К. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних і природних водних об'єктах Кривбасу. – Дніпропетровськ: Акцент, 2012. – 263 с.
5. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник / С.М. Юрасов, Т.А. Сафранов, А.В. Чугай. – Одеса: Екологія, 2012. – 168 с.
6. Понамарев В.А. Базы данных в Delphi 7. – СПб: Питер, 2003. – 224 с.
7. Сурядный А.С. Microsoft Access 2010. Лучший самоучитель. – СПб: Астрель, 2012. – 448 с.
8. Шахман І.О. Автоматизація оцінки якості води за гідрохімічними показниками поверхневих водних ресурсів / І.О. Шахман, А.М. Бистрянцева, В.В. Лазаренко // Збірник матеріалів регіональної науково-практичної конференції “Рациональне використання природних ресурсів акваторій та територій степової зони півдня України” – Херсон: Колос, 2016. – С. 34–38.
9. Шахман І. О., Лобода Н. С. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №17. – С. 123–135.
10. Шерстюк Н.П. Результати гідрохімічного районування Інгульця методом кластерного аналізу / Н.П. Шерстюк, О.Г. Байбуз, // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т. 3(38). – С. 60–68.
11. Экология: Основные проекты [Электронный ресурс] // ПАО “АрселорМиттал Кривой Рог”: [сайт]. Режим доступа: <http://ukraine.arcelormittal.com/index.php>.