

УДК 551.583:627.1(477.4)

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ЗМІНАМИ КЛІМАТУ ТА ЯКІСТЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ: ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ

Ю. С. Мельник

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

В. В. Підліснюк

Університет Матей Бела
вул. Тайовського, 40, Банська Бистриця, 974 01, Словаччина. E-mail: valentina.pidlisnyuk@umb.sk

С. В. Храпатий

Київський національний університет імені Т.Г. Шевченка
E-mail: khrapatyiv@ukr.net

Приведені результати аналізу впливу змін клімату в частині температурного режиму на якість поверхневих водних ресурсів в Україні. Як показники якості вод досліджували зміни концентрацій іонів марганцю та заліза протягом 20 років. Простежені багаторічні зміни температури повітря по регіонах України. Із застосуванням методів лінійного кореляційного аналізу визначені коефіцієнти кореляції Пірсона та рівень достовірності результатів, що дозволяє прогнозувати подальші часові зміни показників якості поверхневої води при змінах температурного режиму. Встановлені закономірності можуть бути використані для прогнозування змін якості поверхневих водних ресурсів України під дією змін клімату.

Ключові слова: зміни клімату, температура повітря, якість поверхневих водних ресурсів, концентрації іонів марганцю та заліза, коефіцієнти кореляції Пірсона.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА И КАЧЕСТВОМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В УКРАИНЕ: ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

Ю. С. Мельник

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

В. В. Пидлиснюк

Университет Матей Бела
ул. Тайовского, 40, Банська Быстрица, 974 01, Словакия. E-mail: valentina.pidlisnyuk@umb.sk

С. В. Храпатый

Киевский национальный университет имени Т.Г. Шевченко
E-mail: khrapatyiv@ukr.net

Приведены результаты анализа влияния изменений климата в части температурного режима на качество поверхностных водных ресурсов в Украине. Как показатели качества вод исследовали изменения концентраций ионов марганца и железа на протяжении 20 лет. Прослежены многогодовые изменения температуры воздуха по регионам Украины. С использованием методов линейного корреляционного анализа определены коэффициенты корреляции Пирсона и уровень достоверности результатов, позволяющие прогнозировать дальнейшие часовые изменения показателей качества поверхностной воды при изменении температурного режима. Установленные закономерности могут быть использованы для прогнозирования изменений качества поверхностных водных ресурсов Украины под воздействием изменений климата.

Ключевые слова: изменение климата, температура воздуха, качество поверхностных водных ресурсов, концентрации ионов марганца и железа, коэффициенты корреляции Пирсона.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Зміни клімату є одним з найбільших екологічних викликів на сьогодні [1–7], при цьому вплив змін на стан екосистем, в тому числі водних, стає все більш вагомим та достовірним [8–12]. Останні наукові дослідження свідчать, що зміни відбуваються швидше, ніж очікувалося, а їх вплив є більшим, ніж передбачалося [10]. При цьому зростаючий ефект змін клімату вимагає розробки політики адекватної протії, яка включає пом'якшувальні та адаптаційні міри, і дозволить в перспективі дійти до менших витрат та впливів, ніж у випадку «реагування із запізненням» [8, 10]. Важливо складовою адекватного реагування є аналіз впливу змін клімату на стан та якість водних ресурсів, та отримання на цій основі

відповідних кореляційних залежностей, які дозволять прогнозувати подальші впливи.

Аналіз попередніх досліджень. У [11, 12] було проаналізовано вплив змін клімату в частині зміни метеорологічного показника – кількості опадів у різних регіонах України протягом періоду 1991–2010 рр. і встановлено, що зміна кількості опадів значно різниться для п'яти умовно виділених регіонів України. Для Центральної України кількість опадів залишалася приблизно постійною протягом періоду спостереження, для Північної та Західної частини країни встановлено значне збільшення кількості опадів, особливо відчутне в Західній Україні. Для Східної та Південної України, навпаки, спостерігається значне зменшення кількості опадів, найбільш стрімке в регіоні Східної України.

Також виявлено статистично достовірний вплив змін клімату на якість водних ресурсів і встановлено кореляцію між зміною клімату, яка оцінювалася за метеорологічним показником – кількістю опадів, та якістю водних ресурсів за показниками БСК, ХСК, фосфат-іонами [11].

Актуальним є проведення досліджень зі встановлення закономірностей між іншим метеорологічним показником – зміною температури повітря та показниками якості поверхневих водних ресурсів. Становить інтерес проведення оцінки якості поверхневих водних ресурсів за концентраціями іонів марганцю та заліза як типовими поширеними забрудненнями водних ресурсів в Україні [13, 14]. Відомо [13], що у поверхневих водах іони заліза зазвичай знаходяться у вигляді органічних сполук, переважно колоїдних (нерозчинних у воді), а також у вигляді тонкодисперсних суспензій. Вода, що містить колоїдне залізо, є забарвленою при наливанні.

Іони марганцю зустрічаються у поверхневих водах рідше і представлені у вигляді органічних і колоїдних сполук. Порівняно із залізом, марганець окислюється повільніше, процес вимагає більшої кількості кисню, тому марганець важче видалити з води.

Українські санітарні норми обмежують рівень гранично допустимого вмісту заліза у воді господарсько-питного призначення значенням 0,3 мг/л, а марганцю – 0,1 мг/л. Визначення концентрацій заліза та марганцю в пробах поверхневої води визначали згідно зі стандартними методиками [15, 16].

Мета роботи – дослідження залежностей між якістю поверхневих водних ресурсів України за показниками іонів заліза та марганцю зі змінами температури повітря та встановлення кореляційних прогнозних оцінок змін.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У роботі аналізувалися дані багаторічних спостережень змін температури повітря для станцій спостереження, розміщених на території України. Для проведення аналізу території України було умовно розділено на п'ять регіонів: Центральна Україна, Східна Україна, Західна Україна, Південна Україна, Північна Україна.

Згідно з даною класифікацією, до регіону Центральної України відносилися станції Гайсин, Хмільник (Вінницька область), Павлоград, Нікополь (Дніпропетровська область), Світловодськ, Новомиргород (Кіровоградська область), Гадяч, Веселий Поділ (Полтавська область), Золотоноша, Чигирин (Черкаська область); до регіону Східної України було включено станції Ізюм, Золочив (Харківська область), Артемівськ, Дебальцеве (Донецька область), Сватово, Красноармійськ (Луганська область); до регіону Західної України віднесено станції Львів, Рава-Руська (Львівська область), Долина, Коломия (Івано-Франківська область), Бережани, Кременець Тернопільська область; Володимир-Волинський, Маневичі Волинська область Дубно, Сарни Рівненська область Берегове, Хуст Закарпатська область, Нова Ушиця,

Ямпіль Хмельницька область, Чернівці, Селятин Чернівецька область; до регіону Північної України віднесено станції Коростень, Новоград-Волинський (Житомирська область) Біла Церква, Яготин (Київська область), Остер, Щорс (Чернігівська область) Конотоп, Ромни (Сумська область); до регіону Південної України віднесено станції Ботієво, Гуляйполе (Запорізька область), Асканія Нова, Стрілкове (Херсонська область), Роздільна, Сербка (Одеська область), Вознесенськ, Баштанка (Миколаївська область), Керч (Автономна республіка Крим).

Для перелічених станцій спостереження аналізувалися дані про середньорічну температуру повітря з 1991 по 2010 рр. включно, паралельно аналізувалися дані про зміну якості поверхневих водних ресурсів за вибраними показниками: вмістом іонів заліза та марганцю, що визначалися за стандартною методикою.

Дані щодо змін температури повітря представлені для всіх регіонів України на рис. 1.

Аналізуючи представлені результати, можна заключити, що для різних регіонів України тенденції зміни даного метеорологічного показника є різними. Проаналізуємо отримані дані за п'ятьма умовними регіонами.

Видно (рис. 1,а), що для Центральної України відбувається помітне коливання зміни температури повітря з роками, що має тенденцію до збільшення. Подібний хід зміни температури повітря з роками спостерігається і для регіону Східної України (рис. 1,б), причому в період з 1997 по 2004 роки відбувається коливання температури повітря щороку, а починаючи з 2006 року, видно чітку тенденцію до збільшення температури повітря у даному регіоні. Для регіону Південної України (рис. 1,в) спостерігається поступове збільшення показника зміни клімату. Слід зауважити, що для даного регіону тенденції зі збільшення температури повітря є більш плавними, ніж ті, що спостерігаються для регіонів Східної та Центральної України.

Чітке збільшення температури повітря спостерігається і в регіоні Західної України (рис. 1,г). Подібна ситуації зі збільшення кількості опадів прослідковується для Північної України (рис. 1,д), при цьому для регіону Північної України найбільш значні коливання кількості опадів спостерігаються в період з 1991 до 2002 рр.

Аналізуючи дані, представлені на рис. 1, у цілому можна заключити, що для всіх регіонів України спостерігаються тенденції до збільшення температури повітря у період спостережень, найбільш чітко виражені для Східної України, де для окремих ділянок це збільшення сягає 2–0–2,5 градусів.

Було проаналізовано залежність зміни якості поверхневих водних ресурсів у регіонах України залежно від зміни температури повітря, ці дані представлено на рис. 2, 3. Слід вказати, що концентрації іонів заліза та марганцю визначали в моніторингових створах, які знаходилися найближче до досліджуваних метеостанцій.

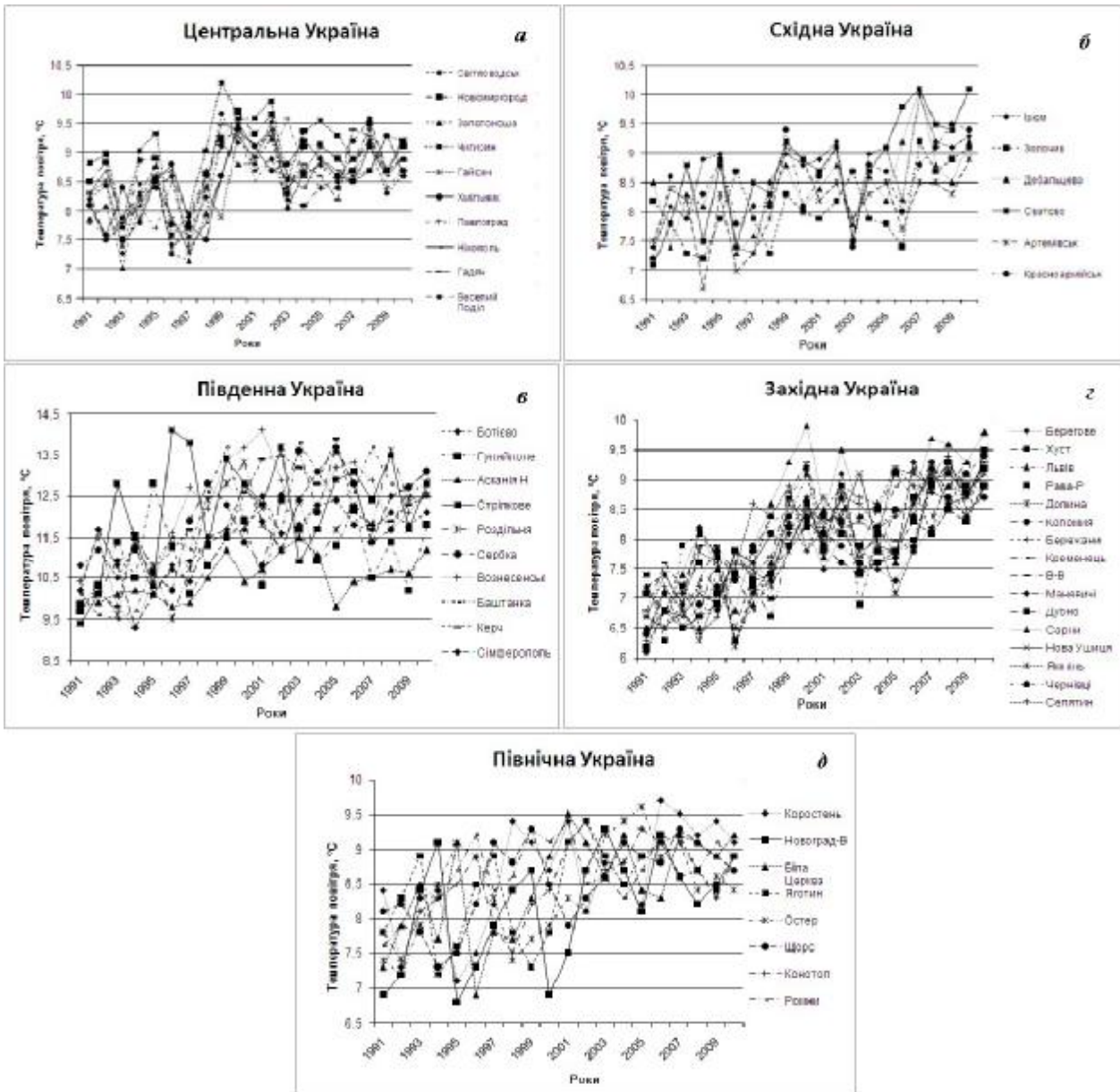


Рисунок 1 – Графіки багаторічної зміни температури повітря в регіонах України

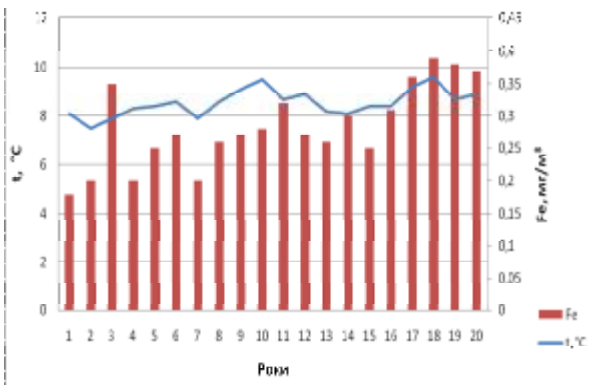


Рисунок 2 – Графік залежності між зміною температурного режиму та якістю поверхневих водних ресурсів за іонами заліза



Рисунок 3 – Графік залежності між зміною температурного режиму та якістю поверхневих водних ресурсів за іонами марганцю

Отримані результати було проаналізовано, використовуючи коефіцієнти кореляції Пірсона та рівень достовірності двох аналізованих показників. Відомо [17], що лінійний кореляційний аналіз дозволяє встановити прямі зв'язки між змінними величинами з їх абсолютним значенням. Коефіцієнт кореляції було розраховано за формулою [17]:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

де x_i – значення, що приймаються змінною X; y_i – значення, що приймаються змінною Y; \bar{x} – середня по X; \bar{y} – середня по Y.

Коефіцієнти кореляції було розраховано, використовуючи інструментарій MS Excel та функції КОРРЕЛ.

Отримані результати розрахунків представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти кореляції Пірсона та рівень достовірності взаємозв'язку температури повітря з показниками якості водних ресурсів

Показники	Коефіцієнт Пірсона, r	Достовірність взаємозв'язку
Іони марганцю	0,76	$y = 0,497x + 4,676$
Іони заліза	0,71	$y = -0,302x + 10,59$

Аналізуючи отримані розрахункові дані, а також дані, представлені на рис. 7, 8, можна бачити досить тісну кореляцію між показниками якості поверхневих водних ресурсів та температурними показниками. Видно, що у випадку іонів заліза коефіцієнт Пірсона $r=0,71$, а у випадку іонів марганцю – $r=0,76$. Дані результатів вказують на погіршення якості поверхневих водних ресурсів у період спостережень: концентрації як іонів заліза, так і іонів марганцю у поверхневих водах збільшуються при одночасному збільшенні температури повітря, причому ця тенденція має явно виражений характер до прогресу в останні моніторингові роки.

Важливим завданням подальших наукових робіт слід вважати встановлення кореляції між зміною температурного режиму в моніторинговий період з іншими показниками якості поверхневих водних ресурсів, такими, як ХПК, БПК і фосфати. Іншою задачею є порівняння розрахункових показників якості поверхневих водних ресурсів на 2011–2012 рр. згідно пропонованого підходу з використанням коефіцієнтів кореляції Пірсона з реальними моніторинговими даними зміни концентрацій іонів заліза та марганцю в поверхневих водах за цей же період спостережень.

ВИСНОВКИ. Проведений аналіз впливу змін клімату за метеорологічним показником – температурою повітря в Україні за період спостережень 1991-2010 рр. дозволив встановити чітку тенденцію до підвищення температури повітря у всіх регіонах України, особливу відчутну в Східній Україні.

Використовуючи пропонований математичний підхід із застосуванням коефіцієнту кореляції Пірсона було виявлено статистично достовірний вплив змін температурного режиму на якість поверхневих водних ресурсів і встановлено кореляцію між змінною клімату, яка оцінювалася за метеорологічним показником температури повітря та якістю водних ресурсів за концентраціями іонів заліза та марганцю. Встановлені закономірності можуть бути використані для прогнозування зміни якості поверхневих водних ресурсів в Україні під впливом змін клімату.

Подальшим завданням наукових робіт слід вважати порівняння розрахункових показників якості поверхневих водних ресурсів на 2011–2012 рр. з використанням коефіцієнтів кореляції Пірсона з реальними моніторинговими даними зміни концентрацій іонів заліза та марганцю в поверхневих водах за цей же період спостережень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Підліснюк В.В., Загірняк М.В., Стефановська Т.Р. Зміни клімату: коротко про головне: Тлумачний посібник / За ред. В. Підліснюк. – Київ–Кременчук: Вид-во ПП Щербатих О.В., 2010. – 104 с.
2. Pacala S., Socolow R. Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies // Science. – 2004. – Vol. 305. – PP. 968–972.
3. Climate change and Biodiversity / Edited by Nabiba Gitay, Avelino Suarez, Ribert Watson, and David Jon Dakken // Published by IPCC. – 2002. – 76 pp.
4. Banuri T. and Opschoor H. Climate Change and Sustainable Development // DESA Working Paper. – № 56 ST/ESA/2007/DWP/56, 2007. – 25 p.
5. Стефановська Т.Р., Підліснюк В.В. Оцінка вразливості до змін клімату сільського господарства України // Екологічна безпека. – 2010. – № 1. – С. 62–66.
6. Бойченко С.Г., Волощук В.М., Дорошенко І.А. Глобальне потепління та його наслідки на території України // Український географічний журнал. – 2000. – № 3. – С. 59–68.
7. Клімат України / За ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – С. 311–330.
8. Pouget L., Escaler I., Guiu R. Global Change adaptation in water resources management: the Water Change project // Science of the Total Environment. – 2012. – Vol. 440, № 12. – PP. 186–193.
9. Alcamo J., Flörke M., Märker M. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes // Hydrological Sciences Journal. – 2007. – 52, № 2. – PP. 247–275.
10. Climate change and water resources / Edited by Brison Bate, Zbignev Kundzewich, Sao Khon Y., Janna Palutikoff. – Published by IPCC, 2008. – 211 p.
11. Мельник Ю.С., Підліснюк В.В., Козловська Т.Ф. Сталість якості водних ресурсів Східної України в умовах змін клімату // Вісник КНУ імені Михайла Остроградського. – 2011. – № 2 (67), част. 1. – С. 127–131.
12. Мельник Ю.С., Підліснюк В.В., Яковенко Ю.П. Визначення ознак впливу змін клімату на водні ресурси в Центральній Україні // Вісник Кремен-

чущького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – 2009. – № 6/2009 (59). – С. 183–187.

13. Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн. – К.: Генеза, 2004. – Т. 2, кн. 3. – 384 с.

14. Когановский А.М. Клименко Н.А. Левченко Т.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – К.: Наукова думка, 1983. – 223 с.

15. ДСТУ ISO 6332–2003. Якість води. Визначення заліза. Спектрометричний метод із використанням 1, 10–фенатроліну (ISO 6332:1988, IDT).

16. ГОСТ 4974–72. Вода питьевая. Методы определения содержания марганца.

17. Руденко В.М. Математична статистика: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 304 с.

DETERMINATION OF DEPENDENCE BETWEEN CLIMATE CHANGE AND THE QUALITY OF SURFACE WATER RESOURCES IN UKRAINE: IMPACT OF AIR TEMPERATURE

Yu. Melnyk

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

V. Pidlisnyuk

Matea Bela Univesity
vul. Tajovskego, 40, Banska Bystrica, 974 01, Slovakia. E-mail: valentina.pidlisnyuk@umb.sk

S. Khrapaty

Kiev T. Shevchenko National University
E-mail: khrapaty@ukr.net

The results of the analysis of climate change in terms of air temperature to the quality of surface water resources in Ukraine were presented. As index of water quality the concentrations of iron and manganese-ions during 20 years were selected. The Pirson correlation coefficients and reliability level of the research results were calculated using methods of linear correlation analysis, which permit to make further prognosis in terms of changing the quality of surface water resources depending of temperature regime. The dependences set can be used in forecasting of quality changing of surface water resources of Ukraine caused by climate change.

Key words: climate change, air temperature, surface water quality, concentration of iron and manganese ions, Pirson correlation coefficients.

REFERENCES

1. Pidlisnyuk V.V., Zagirnyak M.V., Stefanovskaya T.R. *Climate change: briefly the main thing: Explanatory Guide* / Ed. by V.V. Pidlisnyuk. – Kyiv, Kremenchuk: Published by POE Scherbatyh A.V., 2010. – 104 p. [in Ukrainian]

2. Pacala S., and Socolow R. Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies // *Science*. – 2004. – 305. – PP. 968–972.

3. *Climate change and Biodiversity* / Ed. by Habiba Gitay, Avelino Suarez, Ribert Watson, and David Jon Dakken // Published by IPCC, 2002. – 76 p.

4. Banuri T., Opschoor H. *Climate Change and Sustainable Development*, DESA Working Paper № 56 ST/ESA/2007/DWP/56, 2007. – 25 p.

5. Stefanovskaya T.R., Pidlisnyuk V. Otsinka vulnerability to climate change of agriculture of Ukraine // *Environmental Safety*. – 2010. – № 1. – PP. 62–66. [in Ukrainian]

6. Boychenko S.G., Voloshchuk V.M. Doroshenko I.A. Global warming and its consequences on the territory of Ukraine // *Ukrainian Geographic magazine*. – Kyiv: Ukrainian Institute of Geography, 2000. – № 3. – PP. 59–68. [in Ukrainian]

7. *Climate of Ukraine* / Ed. by V. M. Lipinski, B. A. Diachuk, V. M. Babichenko. – Kyiv: PH Rajewski, 2003. – PP. 311–330. [in Ukrainian]

8. Pouget L., Escaler I., Guiu R. Global Change adaptation in water resources management: the Water Change project // *Science of the Total Environment*. – 2012 – Vol. 440, № 12. – PP.186–193.

9. Alcamo J., Flörke M., Märker M. Future long-term changes in global water resources driven by socio-

economic and climatic changes // *Hydrological Sciences Journal*. – 2007. – 52, № 2. – PP. 247–275.

10. *Climate change and water resources* / Ed. by Brison Bate, Zbignev Kundzevich, Sao Khon Y., Janna Palutikoff // Published by IPCC, 2008. – 211 p.

11. Melnyk Yu.S., Pidlisnyuk V.V., Kozlovs'ka T.F. Stability of water quality in Eastern Ukraine in the context of climate change // *Transactions of KrNU*. – Kremenchuk: KrNU, 2011. – Iss. 2/2011 (67), Part 1. – PP. 127–131. [in Ukrainian]

12. Melnyk Yu.S., Pidlisnyuk V.V., Yakovenko Y.P. Defining characteristics impacts of climate change on water resources in Central Ukraine // *Transactions of Kremenchuk State University*. – Kremenchuk: KrNU, 2009. – № 6/2009 (59). – PP. 183–187. [in Ukrainian]

13. Yatsyk A.V. *Waterworks Ecology*: in 4 vol., 7 parts. – Kyiv: Genesis, 2004. – Vol. 2, Part 3. – 384 p. [in Ukrainian]

14. Kohanovsky A.M., Klimenko N.A., Levchenko T.N. *Sewage cleaning and treatment in industrial water supply*. – Kyiv: Naukova Dumka, 1983. – 223 p. [in Ukrainian]

15. EN ISO 6332–2003. Water Quality. Determination of iron. Spectrometric method using 1, 10–fenantroline (ISO 6332:1988, IDT). [in Ukrainian]

16. GOST 4974–72. Drinking water. Methods of determination of manganese content. [in Ukrainian]

17. Rudenko V.N. *Mathematical Statistics*. Tutorial. – Kyiv: Centre of educational literature, 2012. – 304 p. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 29.11.2012.

Рекомендована до друку
к.х.н., доц. Козловською Т.Ф.