

УДК 504.43:543.3(477.42)

Руслана ВАЛЕРКО

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет, бульв. Старий, 7, м. Житомир, Україна, 10008

ORCID: 0000-0003-4716-0100

Людмила ГЕРАСИМЧУК

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет, бульв. Старий, 7, м. Житомир, Україна, 10008

ORCID: 0000-0002-3166-5588

Бібліографічний опис статті: Валерко, Р., Герасимчук, Л. (2021). Екологічна оцінка стану підземних вод Бердичівського району Житомирської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 4, 11–16, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-4-2>

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД БЕРДИЧІВСЬКОГО РАЙОНУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Метою дослідження є оцінка стану підземних вод Бердичівського району Житомирської області, що використовуються населенням як питне водопостачання.

Методологія. Зразки питної води відбирались із джерел нецентралізованого водопостачання на території нового укрупненого Бердичівського району. Аналітичні дослідження зразків води здійснювалися за загальноприйнятими методиками: рН – потенціометричним методом, уміст нітратів – іонометричним, уміст заліза – фотоколориметричним, жорсткість загальна – титриметричним.

Наукова новизна полягає в оцінюванні підземних вод Бердичівського району через визначення їх класу якості та коефіцієнта сумарного забруднення.

Висновки. У питній воді джерел нецентралізованого водопостачання, які розміщуються на території Бердичівського району, перевищення середнього вмісту нітратів виявлено у 61% відібраних зразків, невідповідність нормативу водневого показника у бік його зниження – у 5,5% відібраних зразків, уміст заліза загального – у 20%, жорсткості загальної – у 46,2%. Розрахована величина індексу якості води варіює між 2 (за середніми значеннями показників, що відповідає «добрій», чистій воді прийнятної якості) до 3,85 (за найгіршими значеннями, що уналежнює воду до «обмежено придатної» небажаної якості з ухилом до класу «задовільно», слабкозабрудненої води прийнятної якості). Величина сумарного коефіцієнта встановлена на рівні 4,5, що свідчить про «досить чисті» води, а екологічний стан природного середовища визначається як «сприятливий». Найбільший внесок у якість підземних вод роблять нітрати, середній уміст яких перевищено в питній воді в середньому у 2,6 рази.

Ключові слова: підземні води, клас якості води, коефіцієнт сумарного забруднення, нітрати, водневий показник, залізо загальне, твердість загальна.

Ruslana VALERKO

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the General Ecology Department, Polissya National University, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Ukraine, 10008

ORCID: 0000-0003-4716-0100

Lyudmyla HERASYMCHUK

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the General Ecology Department, Polissya National University, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Ukraine, 10008

ORCID: 0000-0002-3166-5588

To cite this article: Valerko, R., Herasymchuk, L. (2021). Ecological assessment of groundwater condition of Berdychiv district of Zhytomyr region. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 4, 11–16, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-4-2>

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF GROUNDWATER CONDITION OF BERDYCHIV DISTRICT OF ZHYTOMYR REGION

The purpose of the study is to assess the state of groundwater in Berdychiv raion of Zhytomyr region, used by the population as drinking water supply.

Methodology. Drinking water samples were taken from sources of decentralized water supply in the territory of the new enlarged Berdychiv raion. Analytical studies of water samples were performed according to generally accepted methods, namely: pH – potentiometric method, nitrate content – ionometric, iron content – photocolorimetric, total hardness – titrimetric method.

The scientific novelty is to assess the groundwater of Berdychiv raion by determining their quality class and the coefficient of total pollution.

Conclusions. It is established that in drinking water of sources of decentralized water supply located in the territory of Berdychiv raion, excess of average content of nitrates is revealed in 61% of the selected samples, discrepancy of the standard of hydrogen indicator towards its decrease in 5.5% of the selected samples, iron content in 20% and a total stiffness of 46.2%. The calculated value of the water quality index varies between 2 – on average values corresponding to “good”, clean water of acceptable quality to 3.85 – on the worst values, which refers water to “limitedly suitable” undesirable quality with a bias to the class “satisfactory”, slightly contaminated water, acceptable quality. The value of the total coefficient is set at 4.5, which indicates a “fairly clean” water, and the ecological state of the environment is defined as favorable. The largest contribution to groundwater quality is made by nitrates, the average content of which is 2.6 times higher in drinking water.

Key words: groundwater, water quality class, total pollution coefficient, nitrates, hydrogen index, total iron, total hardness.

Актуальність проблеми. Одним зі складників екологічної безпеки держави є безпека питного водопостачання, яка є основою здоров'я та якості життя населення. Забезпечення питних та господарсько-побутових потреб міського населення здійснюється за допомогою системи централізованого водопостачання за рахунок поверхневих водних джерел, якість води у яких належить до 2–3 класів (Герасимчук & Валерко, 2019; Осадчук, Валерко & Герасимчук, 2019). Проте якість води, яка надходить із джерел централізованого водопостачання, не завжди задовольняє споживача, тому міське населення часто використовує альтернативні джерела водопостачання, які живляться підземними водами, як-от природні джерела, колодязі, бювети, артезіанські свердловини тощо.

За відсутності централізованого водопостачання в межах сільських селітебних територій мешканці сіл змушені використовувати для водогосподарських потреб воду з джерел нецентралізованого водопостачання, яка часто не відповідає нормативам якості. Зокрема, на території Житомирської області станом на 2019 рік централізованим водопостачанням забезпечено 125 сільських населених пунктів із 1 613, що становить лише 7,7% (Міністерство розвитку громад та територій України, 2020). Оскільки якість підземних вод, що надходять у джерела нецентралізованого водопостачання, є сумнівною і безпосередньо впливає на здоров'я населення, необхідно є оцінка екологічного стану грун-

тових вод, що використовуються населенням для питних та господарсько-побутових потреб.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якість підземних вод, які використовуються людом для забезпечення власних водогосподарських потреб, турбує учених усього світу. Ресурси підземних вод, як правило, антропогенно і природно забруднені. Наприклад, органічні і мінеральні добрива, які використовуються в сільському господарстві, можуть просочуватись у ґрунтові води та викликати забруднення нітратами (Romanchuk, Valerko, Herasymchuk & Kravchuk, 2021). Підвищення рівня нітратів у колодязній воді також може бути викликане недотриманням власниками приватних садиб правил утримання та облаштування криниць, утримання худоби на подвір'ї, нормативних відстаней між джерелами водопостачання та господарськими спорудами тощо (Палапа, Устименко & Сігалова, 2017). Промислові скиди можуть містити важкі метали та органічні речовини, які також можуть проникати в підземні води (Motlagh, Yang & Saba, 2020).

Підземні води є важливим компонентом водопостачання для житлових, промислових і сільськогосподарських цілей, а їх забруднення є зростаючою проблемою, якість ґрунтових вод оцінюють за класами якості питної води (Шунков & Єзловецька, 2016; Валерко & Герасимчук, 2021) та за коефіцієнтом їх забруднення (Трапезнікова, Чундак, Мониц, Ламбрух, Маркович & Рішко, 2015).

Метою дослідження є екологічна оцінка підземних вод Бердичівського району Житомирської області, що використовуються населенням як питне водопостачання, за класами якості води та сумарного коефіцієнта забруднення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження здійснювалися на території укрупненого Бердичівського району, до складу якого з липня 2020 року повністю та частково увійшли Бердичівський, Андрушівський, Ружинський та Чуднівський райони Житомирської області (ВРУ, 2020). Бердичівський район розташований на півночі України, займає південну частину області та лежить на північному схилі Придніпровської височини. Клімат району континентальний помірний, ґрунти перехідні від підзолистих до чорноземних (Бердичівська районна державна адміністрація, 2021).

Відбір зразків води здійснювався з приватних та громадських джерел нецентралізованого водопостачання. У підземних водах визначали вміст рН, нітратів, заліза загального і жорсткості за загальноприйнятими методиками.

Отримані значення показників якості питної води порівнювали з нормативами, зазначеними у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН, 2010). Класи якості підземних вод визначали за ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання», відповідно до якого якість води визначається за чотирма класами (ДСТУ, 2007). Сумарний коефіцієнт комплексного забруднення підземних вод K_z розраховували за формулою:

$$K_z = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \right), \quad (1)$$

де C_1, C_2, \dots, C_n – середній вміст забруднювальних речовин у воді, мг/дм³;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин у воді, мг/дм³.

Залежно від величини коефіцієнта сумарного забруднення ступінь забруднення ґрунтових питних вод та екологічний стан природного середовища ранжується так: $K_z < 1$ – чисті води, $1 < K_z < 5$ – досить чисті, екологічний стан: сприятливий; $5 < K_z < 10$ – слабкозабруднені, $10 < K_z < 15$ – помірно забруднені, екологічний стан: задовільний; $15 < K_z < 20$ – забруднені, $20 < K_z < 25$ – брудні, екологічний стан: напружений; $25 < K_z < 30$ – дуже брудні, екологічний стан: складний (Трапезнікова, Чундак, Мониц, Ламбрух, Маркович & Рішко, 2015).

У результаті досліджень встановлено, що в питній воді джерел нецентралізованого водопостачання, які розміщуються на території Бердичівського району, виявлено перевищення середнього вмісту нітратів та жорсткості загальної. Доведено, що в 61% відібраних зразків уміст нітратів перевищував норматив, а їх середній уміст більший за гранично допустимий рівень у 2,6 раза. Підвищення кислотності води зафіксовано у 5,8% відібраних зразків, проте середній рівень водневого показника відповідає нормативному значенню. Середній уміст заліза загального наближається до граничного і становить 0,934 мг/дм³, а найбільше його значення на рівні 10,6 мг/дм³ зафіксовано у свердловині с. Мала П'ятигірка. Підвищення загальної твердості виявлено у 46,2% відібраних зразків, а перевищення її нормативу становить 1,02 раза (табл. 1).

Оцінку якості підземних вод здійснювали за загальносанітарними хімічними та токсикологічними показниками за найгіршими та середніми їх значеннями. Встановлено, що найбільший внесок у величину інтегрального індексу якості питної води роблять нітрати, клас якості для яких за середнього значення розраховано на рівні 3,4, що характеризує воду як «задовільну», слабкозабруднену, з ухилом до класу «обмежено придатної» небажаної якості. За показником загальної твердості вода класифікується як «задовільна», слабкозабруднена

Таблиця 1

Показники якості підземних вод Бердичівського району

Показник води	Середнє значення	Інтервал значень	% зразків із перевищенням нормативу
рН, одиниці рН	7,03	6,14-7,66	5,8
Нітрати, мг/дм ³	129,8	0,7-720	61
Залізо загальне, мг/дм ³	0,934	0,02-10,6	20
Жорсткість загальна, ммоль/дм ³	10,2	0,7-17,5	46,2

**Оцінка якості підземної води Бердичівського району
за загальносанітарними хімічними та токсикологічними показниками**

Показники води	Одиниці вимірювання	Відповідність нормативним вимогам до підземних джерел (ДСТУ, 2007)				Нормативи для питної води, (ДСаНПІН, 2010)
		Найгірші значення показника		Середні значення показника		
		величина	клас якості	величина	клас якості	
<i>Загальносанітарні хімічні показники</i>						
Водневий показник	одиниці рН	6,14	3	7,03	1,1	6,5-8,5
Нітрати	мг/дм ³	720	4	129,8	3,4	50
Жорсткість загальна	ммоль/дм ³	17,5	4	10,2	3,2	10
Інтегральний блоковий індекс		3,7		2,4		-
<i>Токсикологічні показники</i>						
Залізо загальне	мг/дм ³	10,6	4	0,934	1,6	1
Інтегральний блоковий індекс		4		1,6		-
Інтегральний індекс якості води		-		2,0		-
		3,85		-		-

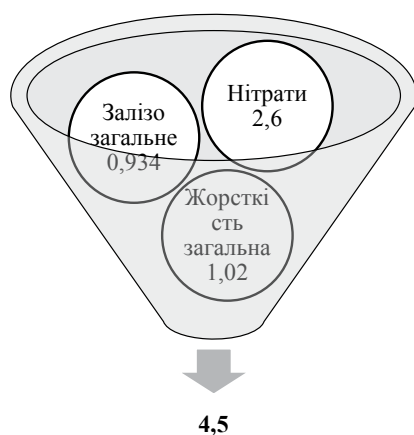


Рис. 1. Складники коефіцієнта сумарного забруднення підземних питних вод Бердичівського району

з ухилом до класу «обмежено придатної» небажаної якості. Загалом, величина індексу якості води варіює в межах між 2 (за середніми значеннями показників, що відповідає «добрій», чистій воді прийнятної якості) до 3,85 (за найгіршими значеннями, що уналежнює воду до «обмежено придатної» небажаної якості з ухилом до класу «задовільно», слабкозабрудненої води, прийнятної якості) (табл. 2).

Розрахунок сумарного коефіцієнта забруднення підземних вод Бердичівського району здійснено на основі середніх значень умісту нітратів, заліза загального та твердості загальної. Величина сумарного коефіцієнта установлена на рівні 4,5, що свідчить про «досить чисті» води, а екологічний стан природного середовища визначається як сприятливий (Трапезнікова, Чундак, Монич, Ламбрух, Маркович

& Рішко, 2015). Найбільший внесок у сумарний коефіцієнт забруднення роблять нітрати (рис. 1).

Отже, оскільки вміст нітратів у воді в середньому перевищує норматив у 2,6 раза, вони є основним показником якості питної води, що погіршує її екологічний стан. Незважаючи на перевищення концентрації нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання Бердичівського району Житомирської області, за класом якості така вода відповідає «добрій», чистій воді прийнятної якості, а за коефіцієнтом сумарного забруднення належить до «досить чистої» води.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У підземних водах Бердичівського району Житомирської області, які використовуються населенням для задоволення питних та господарських потреб, виявлено перевищення вмісту нітратів у середньому у 2,6 раза та перевищення твердості загальної в 1,02 раза. Невідповідність нормативу водневого показника в бік його зниження виявлено в майже 6% відібраних зразків води. Максимальний уміст заліза загального встановлено на рівні 10,6 мг/дм³, що перевищує норматив удесятеро. Загалом, у середньому підземні води Бердичівського району є «добрими» та «досить чистими», екологічний стан природного середовища класифікується як сприятливий.

У перспективі подальших досліджень планується проведення досліджень щодо визначення класу якостей та коефіцієнтів сумарного забруднення питних підземних вод решти районів Житомирської області.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимчук Л.О., Валерко Р.А. Стан питних водозаборів Житомирської області як індикатора безпеки водокористування. *Водні екосистеми у контексті євроінтеграції: реалії та перспективи* : мат-ли Міжнар. наук.-практ. конф. приуроченої до Всесвітнього дня водних ресурсів, м. Житомир, 21–22 березня 2019 р. Житомир, 2019. С. 123–125.
2. Осадчук О.В., Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Екологічна оцінка стану питних водозаборів Хмельницької області. *Водні і наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття* : мат-ли Всеукр. наук.-практ. конф., м. Житомир, 22–24 травня 2019 р. Житомир, 2019. С. 94–96.
3. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році. Міністерство розвитку громад та територій України. Київ, 2020. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/naczialna-dopovid-za-2019-rik.pdf>.
4. Romanchuk L. D., Valerko R. A., Herasymchuk L. O., Kravchuk M. M. Assessment of the impact of organic Agriculture on Nitrate Content in Drinking Water in Rural Settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11(2). С. 17-26. DOI: 10.15421/2021_65.
5. Палапа Н.В., Устименко О.В., Сігалова І.О. Екологічна оцінка сільських селітебних територій. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 89–95.
6. Motlagh A.M., Yang Z., Saba H. Groundwater quality. *Water Environment Research*. 2020. Vol. 92. Is. 10. P. 1649–1658. <https://doi.org/10.1002/wer.1412>.
7. Шунков В.С., Єзловецька І.С. Оцінка якості води підземних джерел питного водопостачання Вінницької області. *Вода і водоочисні технології*. 2016. № 2 (19). С. 32–39.
8. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Екологічна оцінка стану питної води у межах об'єднаних територіальних громад укрупненого Житомирського району. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2021. Вип. 35. С. 37–47. DOI:<https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-04>.
9. Трапезнікова Л.В., Чундак С.Ю., Монич І.І., Ламбрух Л.М., Маркович В.П., Рішко Я.В. Екологічний стан ґрунтових питних вод с. Драгово Хустського району Закарпатської області. *Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Хімія*. 2015. Вип. 1. С. 66–71.
10. Про утворення та ліквідацію районів : Постанова Верховної Ради України № 807-ІХ від 17.07.2020 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/807-IX#Text>.
11. Бердичівська районна державна адміністрація Житомирської області: офіційний вебсайт. URL: <http://berdichev-rda.gov.ua/pro-berdichivskiy-rayon>.
12. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПіН 2.2.4-171-10. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
13. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Київ : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2012. 36 с.

REFERENCES:

1. Herasymchuk, L.O., Valerko, R.A. (2019). Stan pytnykh vodozaboriv Zhytomyrs'koyi oblasti yak indykatora bezpeky vodorokorystuvannya. [The state of drinking water intakes in the Zhytomyr region as an indicator of water use safety]. *Vodni ekosystemy u konteksti yevrointehratsiyi: realiyi ta perspektyvy – Aquatic ecosystems in the context of European integration: realities and prospects* : Proceedings of the International scientific-practical conference dedicated to the World Water Day, (p. 123-125). Zhytomyr, 2019 [in Ukrainian].
2. Osadchuk, O.V., Valerko, R.A., Herasymchuk, L.O. (2019). Ekolohichna otsinka stanu pytnykh vodozaboriv Khmel'nyts'koyi oblasti. [Ecological assessment of drinking water intakes in Khmelnytsky region]. *Vodni i nazemni ekosystemy ta zberezhennya yikh bioriznomanittya – Aquatic and terrestrial ecosystems and conservation of their biodiversity* : Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conference, (p. 94-96). Zhytomyr, 2019 [in Ukrainian].
3. Natsionalna dopovid pro yakist pytnoi vody ta stan pytnoho vodopostachannia v Ukraini u 2019 rotsi [National report on drinking water quality and the state of drinking water supply in Ukraine in 2019]. Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine. Kiev, 2020. Available at: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/naczialna-dopovid-za-2019-rik.pdf>.
4. Romanchuk, L.D., Valerko, R.A., Herasymchuk, L.O., Kravchuk, M.M. (2021). Assessment of the impact of organic Agriculture on Nitrate Content in Drinking Water in Rural Settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 11(2). pp. 17-26. Available at: DOI: 10.15421/2021_65.
5. Palapa, N.V., Ustymenko, O.V., Sihalova, I.O. (2017). Ekolohichna otsinka silskykh selitebnykh terytorii [Ecological assessment of rural residential areas]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*. Vol. 2. pp. 89-95 [in Ukrainian].

6. Motlagh, A.M., Yang, Z., Saba, H. (2020). Groundwater quality. *Water Environment Research*. Vol. 92. Is. 10. P. 1649-1658. <https://doi.org/10.1002/wer.1412>.
7. Shunkov, V.S., Yezlovetska, I.S. (2016). Otsinka yakosti vody pidzemnykh dzherel pytnoho vodopostachannya Vinnyts'koyi oblasti. [Assessment of water quality of underground sources of drinking water supply of Vinnytsia region]. *Voda i vodoochysni tekhnolohiyi – Water and water treatment technologies*. № 2(19). pp. 32-39 [in Ukrainian].
8. Valerko, R.A., Herasymchuk, L.O. (2021). Ekolohichna otsinka stanu pytnoyi vody u mezhakh ob"yednanykh terytorial'nykh hromad ukрупnenoho Zhytomyrs'koho rayonu. [Ecological assessment of the state of drinking water within the united territorial communities of the enlarged Zhytomyr district]. *Lyudyna ta dovkilliya. Problemy neoekolohiyi – Man and the environment. Problems of neoecology*. Vol. 35. pp. 37-47. Available at: DOI:<https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-04> [in Ukrainian].
9. Trapeznikova, L.V., Chundak, S.Yu., Monych, I.I., Lambrukh, L.M., Markovych, V.P., Rishko, Ya.V. (2015). Ekolohichni stan gruntovykh pytnykh vod s. Drahovo Khustskoho raionu Zakarpatskoi oblasti [Ecological condition of ground drinking water with. Dragovo, Khust district, Zakarpattia region]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Ser. Khimiia – Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series. Chemistry*. Vol. 1. pp. 66-71 [in Ukrainian].
10. Pro utvorennia ta likvidatsiiu raioniv: Postanova Verkhovnoi Rady Ukrainy № 807-IKh vid 17.07.2020 roku [On the formation and liquidation of districts: Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine № 807-IX of 17.07.2020]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/807-IX#Text>.
11. Berdychivs'ka rayonna derzhavna administratsiya Zhytomyrs'koyi oblasti. [Berdychiv District State Administration of Zhytomyr Region]. Available at: <http://berdichev-rda.gov.ua/pro-berdychivskiy-rayon>.
12. Hihiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoyi dlya spozhyvannya lyudynoyu. DSanPiN 2.2.4-171-10. [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption. DSanPiN 2.2.4-171-10]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
13. DSTU 4808:2007. Dzherela tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannya. Hihiyenichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannya. [DSTU 4808:2007. Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and selection rules]. Kyiv: Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy, 2012. 36 s. Kyiv: Ministry of Construction, Architecture and Housing of Ukraine, 2012. 36 p.