

УДК 911.6: 630

**Ю. В. БУЦ****МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКУ УРАЖЕННЯ ПОЖЕЖАМИ ЛІСОВИХ ЕКОГЕОСИСТЕМ У ХАРКІВСЬКОМУ РЕГІОНІ**

Метою дослідження стало встановлення ймовірності виникнення пожеж та ризику ураження лісових екогеосистем у Харківському регіоні. Проведені розрахунки ймовірності виникнення пожеж в екогеосистемах. Питомий ризик пошкодження використаний як ефективний показник для картографування й порівняльної оцінки ризику від небезпечних природних і техноприродних процесів, які призводять до трансформації екогеосистем. За даними проведених розрахунків створено картографічний матеріал, що характеризує ризик ураження території внаслідок лісових пожеж.

**Ключові слова:** пожежна небезпека, визначення ризику, картографування, екогеосистеми, пірогенна трансформація, прогнозування.

Целью исследования стало установление вероятности возникновения пожаров и риска поражения лесных экосистем в Харьковском регионе. Проведены расчеты вероятности возникновения пожаров в экосистемах. Удельный риск повреждения использован как эффективный показатель для картографирования и сравнительной оценки риска опасных природных и техноприродных процессов, которые приводят к трансформации экосистем. По данным проведенных расчетов создан картографический материал, характеризующий риск поражения территории в результате лесных пожаров.

**Ключевые слова:** пожарная опасность, определение риска, картографирование, экосистемы, пирогенная трансформация, прогнозирование.

The actual problem of the present is the establishment of the probability of occurrence of fires and the risk of their spread (defeat) in ecogeosystems. From the point of view of ecological safety and rational nature management, it is important to determine the consequences of the influence of forest fires on the ecogeosystem, which in this case is expressed by the risk of spreading or the area passed by fire. The aim of the study was to establish the likelihood of fires and the risk of destruction of forest ecogeosystems in the Kharkov region. According to statistical data of the Kharkov regional department of forestry and hunting economy, the probability of occurrence of fires in ecogeosystems of forest massifs is calculated. The specific risk of damage is used as an effective indicator for mapping and comparative assessment of the risk of hazardous natural and techno-natural processes that lead to the transformation of ecogeosystems, especially in the absence of reliable information on the location and cost of individual ecogeosystems.

According to the calculations carried out, cartographic material is created that characterizes the risk of damage to the territory as a result of forest fires. For the cartographic basis, the map of the administrative-territorial structure of the Kharkov region, with the predetermined boundaries of the forestry enterprises of the Kharkov regional department of forestry and hunting, was chosen. The differentiation of the background displays the probability of the destruction of the territory of forest tracts as a result of fires on the map.

An analysis of the created cartographic material showed that out of the 10 presented state forestry enterprises, 6 are within an acceptable risk level for the probability of the territory's destruction by forest fires. Three forests in the Kharkiv region are estimated to be at risk, requiring detailed justification. Ecological systems of the Izyum farm are characterized by a risk that is acceptable only in special circumstances. It should be noted that the 2008 forest fire with a total area of more than 1600 hectares significantly influenced the increased risk of lands of this forestry.

**Key words:** fire hazard, risk identification, mapping, ecogeosystems, pyrogenic transformation, forecasting.

**Вступ.** Останнім часом в Україні зберігається висока екологічна небезпека виникнення надзвичайних ситуацій викликаних пожежами в екогеосистемах, зокрема в лісових масивах. Виникають вони, звичайно, як через природні фактори, так і внаслідок необережного поводження людей з вогнем.

Природна пожежна небезпека лісових екогеосистем зумовлюється їх віковою та породною структурою. Найбільше пожеж виникає у хвойних насадженнях, частка яких, за даними Держлісагенства, становить 40 % (2758 тис. га). Особливо пошкоджуються від цієї небезпеки соснові молодняки – 29 % (понад 800 тис. га). Окрім того, висока пожежна небезпека спостерігається в лісах, уражених шкідниками й хворобами, що зумовлюється різкими кліматичними змінами останніх років, сприятливими для масового розмноження шкідників і поширенням хвороб, та ослаб-

лених результатами техногенного забруднення й інших негативних явищ [1]. Тому наразі актуальною проблемою є встановлення ймовірності виникнення пожеж та ризику їх поширення (ураження) у екогеосистемах.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Проблемами вивчення екологічних ризиків надзвичайних ситуацій в Україні займалися Я. Б. Олійник, А. Б. Качинський, Г. І. Рудько, В. С. Гошовський, А. М. Мельничук, Б. М. Данилишин, А. В. Степаненко, Л. Г. Руденко, О. Л. Дронова, Г. В. Лисиченко та інші [1 – 6].

**Існуючі методи розв'язання задачі.** З точки зору екологічної безпеки та раціонального природокористування, важливими є наслідки впливу лісових пожеж для екогеосистеми, які в даному випадку виражаються ризиком поширення (ураження) чи площею пройденою вогнем.

Згідно з визначенням М. М. Брушлинського, «пожежний ризик» – це кількісна характеристика можливості реалізації пожежної небезпеки (та її наслідків), що вимірюється, як правило, у відповідних одиницях. Стосовно лісових пожеж, оцінка інтегрального лісопожежного ризику включає визначення ймовірності виникнення пожежі, ймовірність його пізнього виявлення (не виявлення), ймовірність розповсюдження (масштабність) та ймовірність безуспішного гасіння (не гасіння) [7].

На думку Г. О. Доррера, найбільш значущим показником що характеризує природну пожежу, є площа, пройдена вогнем, до моменту ліквідації пожежі, тобто ризиком поширення (ураження) лісової пожежі. Він визначається лісопірологічними обставинами, що характеризують розповсюдження лісової пожежі: ландшафтно-геоморфологічні умови, погода (вітер, вологість, температура), палні матеріали та ін. [8].

При розрахунку ризику ураження з метою визначення пірогенної трансформації геосистем використано методіку прогнозування на основі логічної моделі, за допомогою якої здійснюють алгоритм розрахунку екологічного ризику техноприродної геосистеми із запропонованою нами інтерпретацією [4]. Згідно з використаною методикою, візьмемо за об'єкт небезпеки освоєну частину території таксона площею  $S_o$  (у нашому випадку – територія окремого лісгоспу) за загальної його площі  $S_t$  (територія лісових масивів

ХОУЛМГ). У межах таксону періодично виникає небезпека у вигляді виникнення пожежі в екогеосистемі (Н), що характеризує площу  $S_H$ . Геометрична ймовірність того, що небезпека виникне в освоєній частині таксону дорівнює  $S_o/S_t$ , а ймовірність пошкодження будь-якої точки цієї частини –  $S_H/S_o$ . Тоді ймовірність одночасної реалізації в просторі небезпечної події (пожежі), що розглядається (формула 1):

$$P(S_t, S_o) = \frac{S_o \cdot S_H}{S_t \cdot S_o} = S_H / S_t \quad (1)$$

**Метою нашої роботи** стало встановлення ймовірності виникнення пожеж та ризику ураження лісових екогеосистем у Харківському регіоні.

**Методи дослідження.** Поділяємо думку науковців [7, 8] щодо розуміння поняття «пожежний ризик», оскільки ризики виникнення, виявлення та гасіння лісових пожеж знаходяться в полі зору наукових співробітників лісгосподарських закладів та пожежно-рятувальних служб.

За статистичними даними ХОУЛМГ, нами були проведені розрахунки ймовірності виникнення пожеж в екогеосистемах лісових масивів (табл. 1 і рис. 1).

Отримана ймовірність визначає частку можливих втрат об'єкта в разі реалізації небезпеки, тобто виникнення пожежі. Науковець пропонує називати цю ймовірність ступенем ураженості території при дії певної

Таблиця 1 – Визначення ризику виникнення пожеж по роках

| Рік                        | 2008                | 2009                | 2010                | 2011                | 2012                | 2013                | 2014                | 2015                | 2016                | 2017                |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Площа, пройдена вогнем, га | 1822,7              | 215,58              | 155,5               | 34,59               | 86,92               | 25,84               | 30,49               | 79,24               | 5,37                | 241,27              |
| Ризик виникнення пожежі    | $6,1 \cdot 10^{-3}$ | $0,7 \cdot 10^{-3}$ | $0,5 \cdot 10^{-3}$ | $0,1 \cdot 10^{-3}$ | $0,3 \cdot 10^{-3}$ | $0,8 \cdot 10^{-4}$ | $0,1 \cdot 10^{-3}$ | $0,3 \cdot 10^{-3}$ | $0,2 \cdot 10^{-4}$ | $0,8 \cdot 10^{-3}$ |

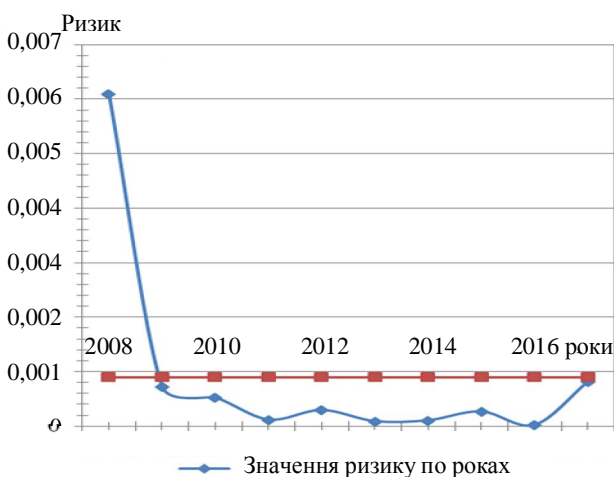


Рис. 1 – Ймовірність виникнення пожеж в лісових масивах ХОУЛМГ

небезпеки (Н) або просто ураженістю і позначити  $V_m(H)$ .

Тоді матеріальні втрати  $D_m(H)$  у вигляді площі, пошкодженої в разі одиничного прояву небезпеки (у нашому випадку пожежі), можна визначити як:

$$D_m(H) = V_m(H) \cdot S_o = \frac{S_H}{S_o \cdot (S_t)^{-1}} \quad (2)$$

Зміст виражає небезпеку, що виникла у таксоні, яка зачіпає освоєну територію з ймовірністю  $S_o/S_t$ , при цьому щоразу пошкоджує площу  $S_H$ . Звідси ризик пошкодження (порушення, виведення з ладу) одиниці площі в межах освоєної частини території  $S_o$  в часі і просторі  $R_{sm}$ , небезпека Н, повний інтегральний ризик втрат  $R_m$  за цієї події розраховують відповідно за формулами:

$$R_{sm}(H) = P^*(H) V_m(H), \quad (3)$$

$$R_m(H) = P^*(H) D_m(H) = R_{sm} \cdot S_0 \quad (4)$$

де  $P^*(H)$  – повторюваність небезпеки  $H$ , що чисельно дорівнює її статичній імовірності [4].

Матеріальний ризик питомих втрат з одиниці площі як об'єкта, так і всього таксона за одиницю часу характеризується формулою (3). Пропонується цей ризик вважати питомим ризиком ураженості території (екогеосистеми) з уточненням у кожному випадку конкретних наслідків ураження.

Таблиця 2 – Прогнозування ураження території внаслідок лісових пожеж в екогеосистемах

| Індекс       | Лісгосп             | Площа, $S_0$ , тис. га, | Площа пожеж, $S_H$ , га, | $V_m(H)$            | $D_m(H)$             | $R_m(H)$             |
|--------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| I            | Балаклійський       | 28,3                    | 75,06                    | $2,6 \cdot 10^{-3}$ | $7,1 \cdot 10^{-3}$  | $3,03 \cdot 10^{-6}$ |
| II           | Вовчанський         | 27,9                    | 17,22                    | $6,2 \cdot 10^{-4}$ | $1,6 \cdot 10^{-3}$  | $2,58 \cdot 10^{-6}$ |
| III          | Гутянський          | 31,1                    | 38,69                    | $1,2 \cdot 10^{-3}$ | $4,0 \cdot 10^{-3}$  | $1,26 \cdot 10^{-6}$ |
| IV           | Зміївський          | 32,3                    | 26,05                    | $8,1 \cdot 10^{-4}$ | $2,8 \cdot 10^{-3}$  | $1,72 \cdot 10^{-6}$ |
| V            | Ізюмський           | 53,0                    | 1745,32                  | $3,3 \cdot 10^{-2}$ | $6,09 \cdot 10^{-2}$ | $5,79 \cdot 10^{-4}$ |
| VI           | Куп'янський         | 37,4                    | 377,05                   | $1,0 \cdot 10^{-2}$ | $4,7 \cdot 10^{-2}$  | $7,83 \cdot 10^{-5}$ |
| VII          | Красноградський     | 14,6                    | 222,23                   | $1,5 \cdot 10^{-2}$ | $1,1 \cdot 10^{-2}$  | $5,05 \cdot 10^{-6}$ |
| VIII         | Жовтневий           | 48,4                    | 106,49                   | $2,2 \cdot 10^{-3}$ | $1,7 \cdot 10^{-2}$  | $2,61 \cdot 10^{-5}$ |
| IX           | Чугуєво-Бабчанський | 22,6                    | 78,38                    | $3,5 \cdot 10^{-3}$ | $5,9 \cdot 10^{-3}$  | $1,03 \cdot 10^{-5}$ |
| Разом, $S_t$ | Разом               | 298,9                   | 2686,49                  | –                   | –                    | –                    |

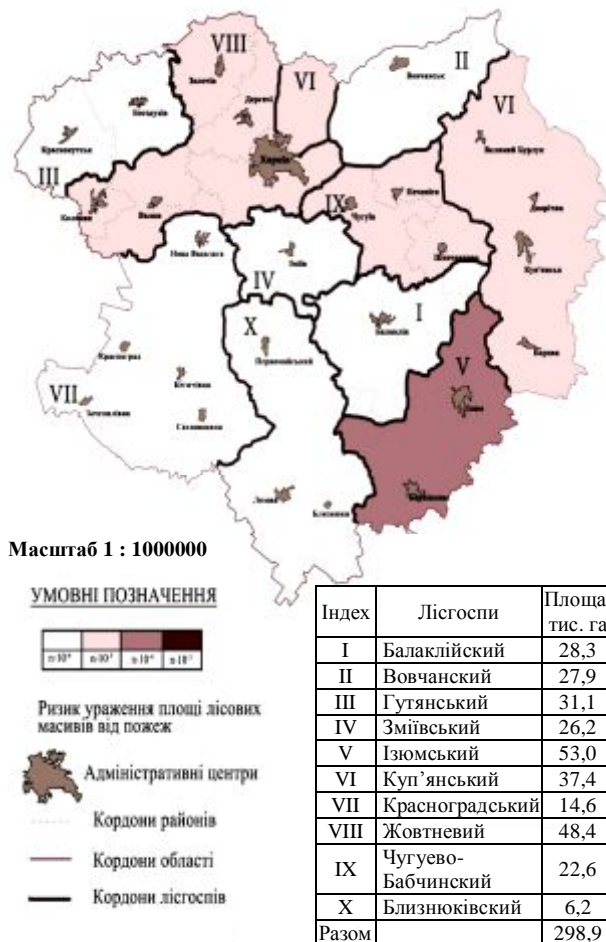


Рис. 2 – Питомий ризик ураженості території ХОУЛМГ від лісових пожеж в екогеосистемах

Питомий ризик пошкодження є перспективним показником для картографування й порівняльної оцінки ризику від небезпек чинних природних і техноприродних процесів, які призводять до трансформації екогеосистем, особливо за відсутності вірогідної інформації про розміщення й вартість окремих екогеосистем (табл. 2). За даними проведених розрахунків нами було створено картографічний матеріал, що характеризує ризик ураження території внаслідок лісових пожеж (рис. 2).

Харківської області (1 : 1000000), із попередньо визначеними кордонами лісгоспів Харківського обласного управління лісового та мисливського господарства [9].

Диференціація якісного фону відображає на карті ймовірність ураження території лісових масивів внаслідок пожеж по держлісгоспах ХОУЛМГ [10, 11].

Порівнюючи отриманий картографічний матеріал, що характеризує ризик ураженості території Харківського регіону внаслідок лісових пожеж та динаміку виникнення пожеж з картою рослинності та ландшафтну карту, можемо виявити певні тенденції.

Територія лісгоспів, де спостерігають найбільші за площею пожежі відносяться до долинних природних комплексів, що включають рівнини дрібногорбисті та рівнини плоскі і слабохвилясті.

Наголосимо, що на територіях лісгоспів, які у ландшафтному відношенні являють собою вирівняні та піднесені рівнини і віднесені до міжрічкових природних комплексів, площа лісів, пройдених вогнем пожеж, суттєво менша.

Окремої уваги заслуговує аналіз рослинності, яку недоречно розглядати відокремлено від ландшафтної карти [8].

## Висновки.

Аналізуючи представлений картографічний матеріал, варто зауважити, що в Україні використову-

ються такі нормативні значення ризику:  $10^{-3}$  – неприйнятний,  $10^{-4}$  – прийнятний лише в особливих обставинах,  $10^{-5}$  – потребує детального обґрунтування,  $10^{-6}$  – прийнятний [1].

Із 10 представлених держлісгоспів території, 6 із них знаходяться в межах прийняттого ризику за ймовірністю ураження території від лісових пожеж. Лісові масиви «ДП Куп'янський лісгосп», «ДП Жовтневий лісгосп» і «ДП Чугуєво-Бабчанський лісгосп» віднесено до групи ризику, що потребує детального обґрунтування. І в решті, екогеосистеми «ДП Ізюмський лісгосп» характеризуються ризиком, прийнятним лише в особливих обставинах.

Необхідно зазначити, що суттєво вплинула на підвищений ризик земель даного лісгоспу лісова пожежа 2008 року (загальна площа лісових пожеж на території лісгоспу склала понад 1600 га).

#### Список літератури

1. Данилишин Б. М. *Природно-техногенна (екологічна) безпека* / Б. М. Данилишин, А. В. Степаненко, О. М. Ральчук. – К.: Наукова думка, 2008. – 389 с.
2. Олійник Я. Б. Районування території України за рівнем природно-техногенної безпеки / Я. Б. Олійник, О. Ю. Кононенко, А. М. Мельничук // *Часопис соціально-економічної географії*. – 2009. – № 6 (1). – С. 76 – 84.
3. Руденко Л. Г. Концепция создания Атласа природных, техногенных, социальных опасностей и рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на территории Украины / Л. Г. Руденко, Е. Л. Дронова, Д. А. Ляшенко. – К.: Институт географии НАН Украины, 2010. – 48 с.
4. Рудко Г. І. Екологічна безпека техноприродних геосистем адміністративних областей (на прикладі Львівської області) / Г. І. Рудко, В. С. Гошовський. – К.: Академпрес, 2009. – 192 с.
5. Андреев Ю. А. Результаты оценки лесопожарных рисков как основа планирования противопожарных мероприятий / Ю. А. Андреев, А. Ю. Андреев, С. П. Амельчугов // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*. – 2014. – № 4. – С. 59 – 70.
6. Пономарчук А. И. Оценка дискриминирующего влияния пространственных факторов на риски возникновения лесных пожаров / А. И. Пономарчук, С. В. Пьянков // *Географический вестник*. – 2016. – № 4(39). – С. 118 – 128.
7. Брушлинский Н. Н. О понятии лесопожарного риска и связанных с ним понятиях / Н. Н. Брушлинский // *Пожарная безопасность*. – 1999. – № 3. – С. 83 – 84.
8. Доррер Г. А. Характеристики данных о природных пожарах, полученных из разных источников / Г. А. Доррер // *Труды X Междунар. ФАМЭБ'2011 конф. по финансово-актуарной математике и эвентологии безопасности*, 24 апреля 2011. – Красноярск: НИИППБ, СФУ, КГТЭИ, 2011. – С. 131 – 133.
9. Макаровський С. Л. Екологічний атлас Харківської області / С. Л. Макаровський, О. В. Соловійов, О. В. Клімов. – Х.: МОНОАП-Майдан, 2001. – 80 с.
10. Буц Ю. В. Пожежна небезпека лісових масивів у Харківському регіоні та моделювання ризику їх ураження / Ю. В. Буц // *Економічна та соціальна географія: науковий збірник*. – 2013. – Вип. 2 (67). – С. 150 – 160.
11. Буц Ю. В. Ранжирование административных районов Харьковского региона по уровню экологического риска / Ю. В. Буц, Е. В. Крайнюк // *Scientific Journal «ScienceRise»*. – 2015. – № 1/1 (6). – С. 14 – 18.

#### References

1. Danylyshyn B. M., Stepanenko A. V., Ralchuk O. M. *Pryrodno-tekhnohenna (ekolohichna) bezpeka* [Natural-technogenic (ekolohichna) bezpeka]. Kiev, Naukova dumka Publ., 2008, 389 p.
2. Oliynyk Ya. B., Kononenko O. Iu., Melnychuk A. M. *Raionuvannya terytorii Ukrainy za rivnem pryrodno-tekhnohennoi bezpeky* [The zoning of the territory of Ukraine on the level of natural and technological safety]. *Chasopys sotsialno-ekonomichnoi heohrafii*, 2009, No 6 (1), pp. 76 – 84.
3. Rudenko L. H., Dronova E. L., Liashenko D. A. *Kontseptsyia sozdannya Atlasa pryrodnykh, tekhnohemykh, sotsyalnykh opasnostei y ryskov voznyknoveniya chrezvyichaynykh sytuatsiy na terrytorii Ukrainy* [The concept of creation of the Atlas of natural, man-made, social dangers and risks of emergencies in the territory of Ukraine]. Kiev, Institute of Geography, National Academy of Sciences of Ukraine Publ., 2010, 48 p.
4. Rudko H. I., Hoshovskiy V. S. *Ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh heosystem administratyvnykh oblastei (na prykladi Lvivskoi oblasti)* [Environmental safety of techno-natural geosystems of administrative regions (for example, Lviv oblast)]. Kiev, Akadempres Publ., 2009. 192 p.
5. Andreev Yu. A., Andreev A. Yu., Amelchugov S. P. *Rezultaty otsenki lesopozharnykh riskov kak osnova planirovaniya protivopozharnykh meropriyatiy* [The results of the assessment of fire risks as a basis for planning fire prevention measures]. *Trudyi Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyaystva*, 2014, No 4, pp. 59 – 70.
6. Ponomarchuk A. I., Pyankov S. V. *Otsenka diskriminiruyushchego vliyaniya prostranstvennykh faktorov na riski vozniknoveniya lesnykh pozharov* [Assessment of the discriminating effect of spatial factors on the risks of forest fires]. *Geograficheskyy vestnik*, 2016, No 4(39), pp. 118 – 128.
7. Brushlinskiy N. N. O ponyatii lesopozharnogo riska i svyazannykh s nim ponyatiyah [About the notion of forest fire risk and related concepts]. *Pozharnaya bezopasnost*, 1999, No 3, pp. 83 – 84.
8. Dorrer G. A. *Harakteristiki dannykh o prirodnykh pozharah, poluchennykh iz raznykh istochnikov* [Characteristics of data on natural fires from different sources]. *Trudyi X Mezhdunar. FAMEB'2011 konf. po finansovo-aktuarnoy matematike i eventologii bezopasnosti* [Proceedings X of the international conference on financially-actuarial mathematics and eventology safety], Krasnoyarsk, Russia, 24.04.2011. Krasnoyarsk, NIIPPB, SFU, KHTEEI Publ., 2011, pp. 131 – 133.
9. Makarovskiy Ye. L., Soloviov O. V., Klimov O. V. *Ekolohichnyi atlas Kharkivskoi oblasti* [Ecological atlas of Kharkiv region]. Kharkiv, MONOAP-Maidan Publ., 2001, 80 p.
10. Buts Yu. V. *Pozhezhna nebezpeka lisovykh masyviv u Kharkivskomu rehioni ta modeliuvannya ryzyku yikh urazhennia* [Fire hazard of forest areas in the Kharkiv region and simulation of the risk of their damage] *Ekonomichna ta sotsialna heohrafia: naukovy zbirnyk*, 2013, Vol. 2(67), pp. 150 – 160.
11. Buts Yu. V., Krainyuk E. V. *Ranzhirovanie administrativnykh rayonov Harkovskogo regiona po urovnyu ekologicheskogo riska* [Ranking of administrative districts of the Kharkov region in terms of environmental risk]. *Scientific Journal «ScienceRise»*, 2015, No 1/1 (6), pp. 14 – 18.

Надійшла (received) 04.12.17

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Моделювання ризику ураження пожежами лісових екогеосистем у харківському регіоні / Ю. В. Буц //** Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 49 (1270). – С. 15 – 19. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-0821.

**Моделирование риска поражения пожарами лесных экогеосистем в харьковском регионе / Ю. В. Буц //** Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 49 (1270). – С. 15 – 19. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-0821.

**A design of risk of defeat the fires of forest ecogeosystems is in the Kharkov region / Y. V. Buts //** Bulletin of NTU “KhPI”. – Series: Chemistry, chemistry technology and ecology. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – No 49 (1270). – P. 15 – 19. – Bibliogr.: 4 names. – ISSN 2079-0821

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Буц Юрій Васильович** – кандидат географічних наук, доцент, завідувач кафедри природоохоронних технологій, екології та безпеки життєдіяльності Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця; м. Харків, Україна; тел.: (050) 6830899, e-mail: butsyura@ukr.net

**Буц Юрий Васильевич** – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой природоохранных технологий, экологии и безопасности жизнедеятельности Харьковского национального экономического университета имени Семена Кузнеця; г. Харьков, Украина; тел.: (050) 6830899, e-mail: butsyura@ukr.net

**Buts Yuri Vasilievich** – Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Nature Protection Technologies, to Ecology and Safety of Vital Functions of the Kharkov National Economic University name by Semena Kuzneta; tel.: (050) 6830899, e-mail: butsyura@ukr.net