

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ НА СОЦІАЛЬНУ СКЛАДОВУ УРБОСОЦІОЕКОСИСТЕМИ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

Я.М. Семчук¹, І.І. Мердух²

На основі аналізу літературних даних обґрунтовано актуальність дослідження впливу електромагнітних полів техногенного походження радіочастотного діапазону на соціальну складову екологічної безпеки. Використано метод фізико-математичного моделювання поширення електромагнітних полів на основі вектора Умова-Пойнтінга та еколого-географічний метод побудови екологічних карт на основі моніторингу впливу електромагнітних полів техногенного походження на соціальну складову екологічної безпеки урбанізованої території.

Ключові слова: електромагнітні поля, урбосоціоекосистема, соціальна складова екологічної безпеки, вектор Умова-Пойнтінга.

Вступ. Для контролю за впливом електромагнітних полів (ЕМП) техногенного походження на соціальну складову урбанізованої соціоекосистеми розроблено "Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань", затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України № 239 від 01.08.1996 р. За цим документом: "До джерел електромагнітного випромінювання у населених пунктах належать радіо-, телевізійні і радіолокаційні станції різного призначення, що працюють у смузі радіочастот, а також мережа ліній електропередачі, яка складається з повітряних високовольтних ліній електропередачі та електричних підстанцій. До складу підстанцій можуть входити: розподільні пристрої, перетворювачі електроенергії, трансформатори, випрямлячі та інші пристрої і споруди".

Однак, перелік радіотехнічних об'єктів (РТО), які випромінюють електромагнітну енергію в навколишнє середовище, потребує розширення у зв'язку із використанням цифрових радіорелейних станцій і базових станцій стільникового зв'язку [1, 2, 4, 5]. Постанова Кабінету Міністрів України № 808 від 28 серпня 2013 р. визначає "Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку". У п. 26 цього переліку наведено РТО, що становлять підвищену екологічну небезпеку: радіопередавальні, радіотелевізійні, радіолокаційні станції, цифрові радіорелейні станції, базові станції систем стільникового зв'язку. Тому нормативна база, що регламентує ГДР ЕМП в Україні, потребує оновлення, а вплив електромагнітних хвиль у радіочастотному діапазоні на соціальну складову екологічної безпеки урбосоціоекосистем становить науковий інтерес.

Методи фізико-математичного моделювання. Згідно з теорією Максвелла, електромагнітна хвиля має дві складові – електричну та магнітну, тому і енергія хвилі складається з двох енергій – магнітного та електричного полів. Відповідно об'ємна густина енергії електромагнітного поля ω дорівнює сумі об'ємної густини енергії електричного поля ω_e та магнітного поля ω_m

¹ проф. Я.М. Семчук, д-р техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

² зав. лаб. природничо-математичних дисциплін І.І. Мердух – Івано-Франківський НТУ нафти і газу

$$\omega = \omega_e + \omega_m = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}. \tag{1}$$

Напруженості E і H в електромагнітній хвилі зв'язані співвідношенням:

$$\sqrt{\frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}} = \sqrt{\frac{\mu\mu_0 H^2}{2}}. \tag{2}$$

Тому рівняння для об'ємної густини енергії можна переписати так:

$$\omega = \epsilon\epsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2. \tag{3}$$

Повну енергію електромагнітного поля в об'ємі V діелектрика можна визначити за формулою

$$W = \int \left(\frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} \right) dV = \int_V \epsilon\epsilon_0 E^2 dV = \int_V \mu\mu_0 H^2 dV. \tag{4}$$

Потужність випромінювання визначається як перша похідна від енергії за часом

$$N = -\frac{\partial W}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \int \left(\frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} \right) dV = -\frac{\partial}{\partial t} \int_V \epsilon\epsilon_0 E^2 dV = -\frac{\partial}{\partial t} \int_V \mu\mu_0 H^2 dV. \tag{5}$$

Якщо E описує монохроматичну хвилю, $E = E_0 \sin \omega(t - x/v)$ то для потужності випромінювання з об'єму V , який за спрощеною моделлю будемо вважати $V = x_0 y_0 z_0$, паралелепіпедом, де x_0, y_0, z_0 – розміри його сторін по відповідних осях. Тоді для потужності отримаємо вираз

$$N = 2\omega\epsilon\epsilon_0 E^2 \int_0^{x_0} \int_0^{y_0} \int_0^{z_0} \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) dx dy dz. \tag{6}$$

Після інтегрування отримаємо

$$N = \epsilon\epsilon_0 y_0 z_0 \left(E \sin \left(t - \frac{x}{v} \right) \right)^2 = v\epsilon\epsilon_0 E^2 S, \tag{7}$$

де: v – швидкість поширення електромагнітних хвиль, S – поверхня, перпендикулярна до напрямку поширення електромагнітних хвиль (ОХ), через яку проходить потік електромагнітної енергії. Потік електромагнітної енергії крізь одиницю поверхні можна виразити формулою:

$$\Pi = \frac{N}{S} = v\epsilon\epsilon_0 E^2 = v\omega, \tag{8}$$

тобто дорівнює добутку поширення хвилі на об'ємну густину енергії електромагнітного поля ω .

Для діелектрика значення швидкості поширення електромагнітної хвилі визначається за формулою

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\epsilon_0 \mu\mu_0}}. \tag{9}$$

Тоді потік енергії буде дорівнювати

$$\Pi = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\epsilon_0\mu\mu_0}} E^2 = \frac{\sqrt{\epsilon\epsilon_0}}{\sqrt{\mu\mu_0}} EE = HE. \quad (10)$$

Ці дві величини є векторні і напрямлені один до одного під прямим кутом та з напрямком поширення хвилі утворюють правогвинтову систему. Тому густину потоку енергії можна подати як векторний добуток \vec{E} і \vec{H}

$$\vec{\Pi} = [\vec{E}\vec{H}]. \quad (11)$$

Цей вектор називають вектором Пойтінга, а в деякій літературі [3] – вектором Умова-Пойтінга:

$$\Pi = \frac{N}{\int dS}. \quad (12)$$

Найпотужнішим транслятором в Івано-Франківську є телевізійна вежа, побудована в 1965 р., висота якої 195 м. Для прикладу, візьмемо, що електромагнітні хвилі поширюються від вежі в просторі у всі сторони однаково, тобто у сфері, площа поверхні якої обчислюється за формулою

$$S = 4\pi R^2. \quad (13)$$

Для розрахунку густини потоку енергії скористаємося даними потужностей випромінювання основних телевізійних каналів: Канал 1+1-2,5 кВт; Тоніс – 0,5 кВт; Новий канал – 2,5 кВт; Галичина – 1 кВт; ICTV – 1 кВт. Тоді сумарна потужність цих випромінювань дорівнює 7,5 кВт. Отримаємо розрахунок густини потоку енергії на певних відстанях від телевізійної вежі (табл. 1).

Табл. 1. Розрахунок густини потоку енергії залежно від відстані від телевізійної вежі за сумарної потужності 7,5 кВт

№ з/п	Відстань, м	Площа, м ²	Густина енергії, Вт/м ²	Допустима норма, Вт/м ²
1	500	3140000	0,002388	0,025
2	1000	12560000	0,000597	
3	1500	28260000	0,000265	
4	2000	50240000	0,000148	

Для базових станцій (БС) мобільного зв'язку встановлено норми потужності в межах 5-20 кВт. Розрахунок густини потоку енергії за максимальної (дозволеної) потужності 20 кВт для базової станції подано у табл. 2.

Табл. 2. Розрахунок густини потоку енергії залежно від відстані від базової станції мобільного зв'язку за її потужності 20 кВт

№ з/п	Відстань, м	Площа, м ²	Густина енергії, Вт/м ²	Допустима норма, Вт/м ²
1	500	3140000	0,006368	0,025
2	1000	12560000	0,001592	
3	1500	28260000	0,000707	
4	2000	50240000	0,000395	

На державному рівні контроль за потужністю джерел ЕМП радіочастотного діапазону в межах урбанізованих територій міст та населених пунктів здійснюють державні установи Укрчастотнагляд, санітарно-епідеміологічні станції не менше ніж один раз на рік [2, 4]. Однак контроль здійснюється за рівнем ЕМВ від окремих джерел ЕМП і не враховує їх вплив на соціальну складову урбосоціоекосистеми загалом.

Методи еколого-географічного дослідження. Для вивчення впливу ЕМП радіочастотного діапазону на соціальну складову вибрано урбосоціоекосистему Івано-Франківська. На урбанізованій території Івано-Франківська, що вибрана тест-полігоном, визначено 122 точки на відстані 200-500 м. Вибір контрольних точок тест-полігону проводили відповідно до специфіки забудови міста з урахуванням місць великого і тривалого скупчення людей та місць з ймовірно підвищеною електромагнітною небезпекою.

Урбоекосистема Івано-Франківська займає площу 51,36 км², загальна площа міста – 83,73 км². Середня густина розміщення контрольних точок на тест-полігоні становить 2,4 точки на 1 км², причому в центральній частині міста густина розміщення контрольних точок дещо більша.

У кожній точці тест-полігону вимірювали напруженість електричного поля (E), напруженість магнітного поля (H) та поверхневої густини потоку енергії (μ). Для вимірювань використано тестер електромагнітних полів Tenmars RF three-Axis Field Strength Meter TM-195. Прилад застосовують для вимірювання електромагнітних полів техногенного походження у частотному діапазоні 50 МГц-3,5 ГГц, зокрема для вимірювання напруженості поля високочастотних електромагнітних хвиль, поверхневої густини потоку енергії антен баз мобільного зв'язку, додатків безпроводних комунікацій (CW, TDMA, GSM, DECT), передавачів, безпроводних мереж LAN (Wi-Fi), визначення витоку мікрохвильових печей, безпечності рівня випромінювання мобільних телефонів, визначення електромагнітної безпеки робочих і житлових приміщень. Прилад працює з частотою дискретизації – 3 вимірювання за 1 с і дає змогу проводити виміри миттєвого, середнього та максимального значення вимірюваної величини. Для ізотопних вимірювань ЕМП прилад обладнаний триканальним сенсором. Налаштування дають змогу використовувати окремо осі X, Y чи Z сенсора (неізотопне вимірювання ЕМП) або всі осі одночасно (ізотопне вимірювання ЕМП).

У кожній точці тест-полігону проводили ізотопне вимірювання ЕМП на відстані 1,8 м від поверхні ґрунту протягом 10 хв, причому прилад розміщувався нерухомо і на відстані не менше 1 м від експериментатора. Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). Ближня зона охоплює простір, що має радіус, який приблизно дорівнює 1/6 довжини хвилі. У цій зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складових поля, несприятлива дія ЕМП у цій зоні переважно зумовлена електричною складовою.

Відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України № 1040 від 29.11.2013 р. "Про затвердження Методики розрахунку розподілів рівнів елек-

тромагнітного поля" з урахуванням "Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань", затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України № 239 від 01.08.1996 р. ГДР ЕМП в частотному діапазоні 30-300 МГц становлять 3 В/м, а в частотному діапазоні 300 МГц-300ГГц – 2,5 мкВт/см². До порівняння – в Російській Федерації та Білорусі така норма становить 10 мкВт/см², а у деяких країнах Європи – 100 мкВт/см².

Результати дослідження. Отримані дані показують перевищення ГДР поверхневої густини потоку енергії електромагнітного поля у розрізі середніх значень цього фактора в районі вулиць Євгена Коновальця – Січових Стрільців – Академіка Сахарова – В'ячеслава Чорновола (рис. 1), у розрізі максимальних значень цього фактора в районі вулиць Євгена Коновальця – Січових Стрільців – Академіка Сахарова – В'ячеслава Чорновола; Залізнична – Марійки Підгірянки – Незалежності; Пилипа Орлика (рис. 2).

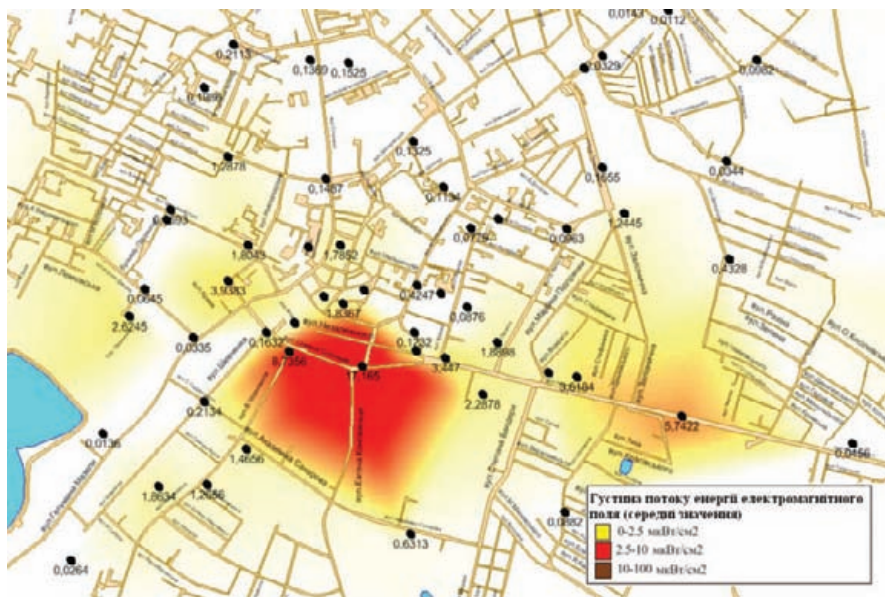


Рис. 1. Середні значення густини потоку енергії в Івано-Франківську

Перевищення ГДР напруженості електричного поля в розрізі середніх значень цього фактора спостерігаємо в районі вулиць Короля Данила – Євгена Коновальця – Січових Стрільців – Академіка Сахарова – В'ячеслава Чорновола – Незалежності – Привокзальна (рис. 3), у розрізі максимальних значень цього фактора в районі вулиць Короля Данила – Євгена Коновальця – Січових Стрільців – Академіка Сахарова – Шевченка – В'ячеслава Чорновола – Незалежності – Привокзальна, а також перехресть вулиць Івасюка – Вовчинецької та Івасюка – Тисменицької (рис. 4). Карти створено за допомогою геоінформаційної системи MAP INFO, а точки тест-полігону позначено з допомогою сервісу Google Maps.

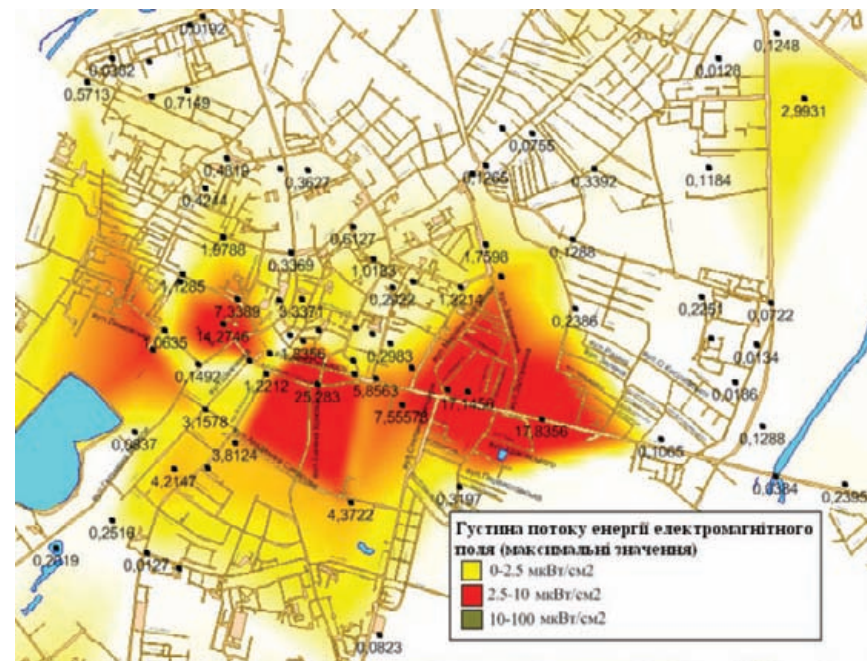


Рис. 2. Максимальні значення густини потоку енергії в Івано-Франківську

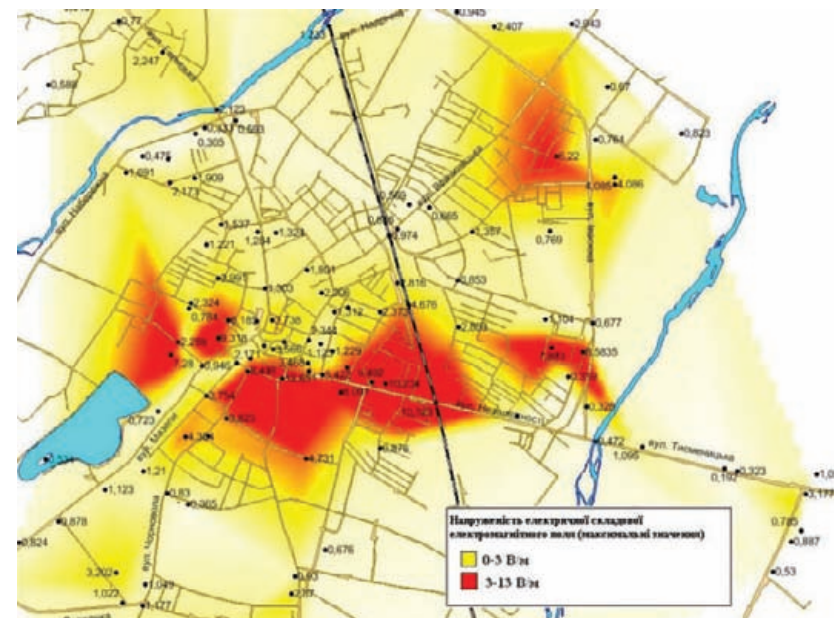


Рис. 3. Середні значення напруженості електричної складової електромагнітного поля в Івано-Франківську

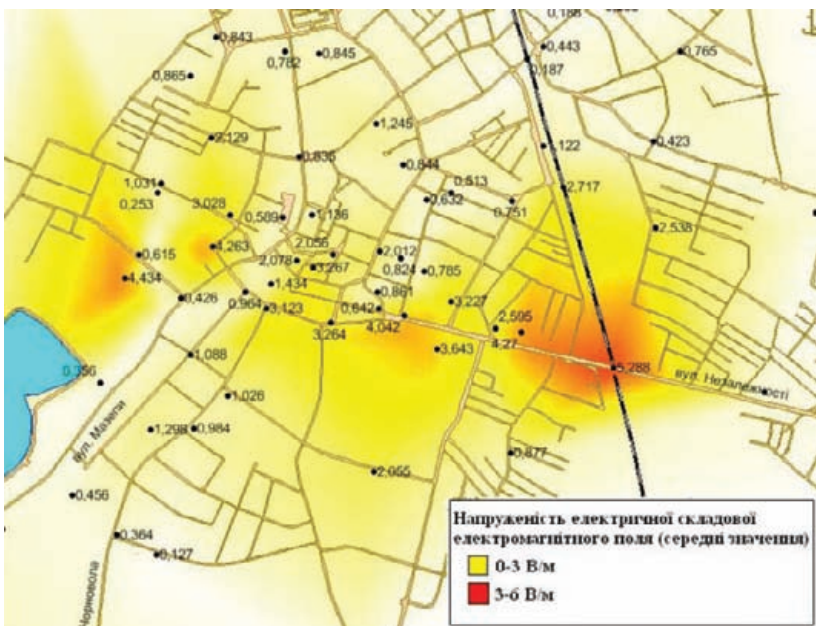


Рис. 4. Максимальні значення напруженості електричної складової електромагнітного поля в Івано-Франківську

Висновки. В урбосоціоекосистемі Івано-Франківська спостережено перевищення ГДР поверхневої густини потоку енергії ЕМП μ у розрізі середніх значень цього фактора у 7 точках тест-полігону і становить від 2,62 до 17,16 мкВт/см², а у розрізі максимальних значень цього фактора – у 22 точках тест-полігону і становить від 2,73 до 25,28 мкВт/см² (ГДР становить 2,5 мкВт/см²). Середнє значення $\mu_{сер}$ по Івано-Франківську становить 0,65 мкВт/см², а середнє значення $\mu_{макс}$ – 1,73 мкВт/см².

Перевищення ГДР напруженості електричного поля E у розрізі середніх значень цього фактора спостережено в 11 точках тест-полігону і становить від 3,03 до 5,29 В/м, а у розрізі максимальних значень даного фактора – у 29 точках тест-полігону і становить від 3,08 до 12,65 В/м (ГДР становить 3 В/м). Середнє значення $E_{сер}$ по Івано-Франківську становить 0,97 В/м, а середнє значення $E_{макс}$ – 2,31 В/м.

Література

1. Безверхая А.П. Гигиеническая оценка влияния электромагнитного излучения на организм человека и животных / А.П. Безверхая // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. – 2009. – № 53. – С. 228-231.
2. Бурлака Н.И. Электромагнитное поля, его виды, характеристики, классификация и влияние на здоровье населения / Н.И. Бурлака, С.С. Гоженко // Актуальные проблемы транспортной медицины : сб. науч. тр. – 2010. – № 4. – С. 24-32.
3. Воловик П.М. Фізика для університетів / П.М. Воловик. – К. : Вид-во "Перун", 2005. – 864 с.
4. Грачев Н.Н. Медико-биологические аспекты воздействия ЭМИ / Н.Н. Грачев. [Электронный ресурс]. – Доступный с http://grachev.distudy.ru/Uch_kurs/sredstva/Temp1_1/temp1_1_4.html.

5. Нікітіна Н.Г. Вплив електромагнітних випромінювань на здоров'я населення (науковий огляд) / Н.Г. Нікітіна, В.А. Баркевич // Гігієна населених місць : зб. наук. праць. – 2007. – № 50. – С. 209-214.

Надійшла до редакції 23.05.2016 р.

Семчук Я.М., Мердх І.І. Воздействие электромагнитных полей радиочастотного диапазона на социальную составляющую урбосоциоекосистемы города Ивано-Франковска

На основе анализа литературных данных обоснована актуальность исследования влияния электромагнитных полей техногенного происхождения радиочастотного диапазона на социальную составляющую экологической безопасности. Используются метод физико-математического моделирования распространения электромагнитных полей на основе вектора Умова-Пойнтинга и эколого-географический метод построения экологических карт на основе мониторинга воздействия электромагнитных полей техногенного происхождения на социальную составляющую экологической безопасности урбанизированной территории.

Ключевые слова: электромагнитные поля, урбосоциоекосистема, социальная составляющая экологической безопасности, вектор Умова-Пойнтинга.

Semchuk Ya.M., Merdukh I.I. The Influence of Electromagnetic Fields of Anthropogenic Origin on the Social Component of Urban Social Ecosystem of the City of Ivano-Frankivsk

The necessity of the study of the influence of electromagnetic fields of anthropogenic frequency range on the social component of environmental safety is based on the analysis of published data. The method of physical mathematical modeling of electromagnetic fields on the basis of the Umov-Poynting vector and eco-geographical method of constructing environmental maps is based on monitoring of electromagnetic fields anthropogenic component of social environmental safety of urban areas.

Keywords: electromagnetic fields, the urban social ecosystem, the social component of ecological safety, Umov-Poynting vector.

УДК 631.879

COMPARISON OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SELECTED CULTIVARS OF ONION (*ALLIUM CEPA* L.)

G. Jurgiel-Malecka¹, U. Bashutska², M. Gibczyńska³, M. Nawrocka-Pęzik⁴

The analysis comprised four common onion (*Allium cepa* L.) cultivars grown in Poland of yellow-brown color of scale leaves and different ripening times: "Zorza" (very early cultivar), "Francisco" (medium early cultivar), "Kristine" (medium late cultivar) and "Polanowska" (late cultivar). All onion cultivars were obtained from the Experimental Station of Cultivar Testing in Węgrzce, near Kraków. The analysis comprised determination of content of macronutrients (N, Ca, S, K, P), micronutrients (Mg, Cu, Mn, Zn, Fe), reducing and total sugars, and vitamin C. The analysis showed significant differences in chemical composition between the analyzed cultivars. The late cultivar "Polanowska" accumulated the highest amounts of total macro- and micronutrients, and very early cultivar "Zorza" accumulated the least. The latter cultivar was marked by the highest content of vitamin C.

¹ assist. prof. G. Jurgiel-Malecka, dr. – West Pomeranian Technological University in Szczecin, Szczecin, Poland;

² assist. prof. U. Bashutska, dr. – Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine;

³ prof. M. Gibczyńska, dr.hab. – West Pomeranian Technological University in Szczecin, Szczecin, Poland;

⁴ scientific-technical specialist M. Nawrocka-Pęzik, mgr. – West Pomeranian Technological University in Szczecin, Szczecin, Poland