

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ  
МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ

УДК 551.582.2(477)

Затула В. І.

Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка

ГІГРОМЕТРИЧНА ОКЕАНІЧНІСТЬ КЛІМАТУ УКРАЇНИ

*Ключові слова:* гігрометрична океанічність, континентальність клімату, регресійний аналіз, статистичні моделі

**Вступ.** Серед численних кліматичних показників особливий інтерес становлять інтегральні показники континентальності або океанічності клімату. Фундаментальні відмінності між материковим і морським типами клімату зумовлені специфічним відгуком різного типу діяльних поверхонь на зміни радіаційного балансу протягом року. У першу чергу ці відмінності виявляються в річному ході температури повітря над материками і океанами.

**Постановка та актуальність проблеми.** Відмінності ходу температури повітря над материками і океанами добре виявляються на картах ізаномал широтних температур, вперше побудованих Генріхом Дове ще в 1852 р. З 1884 р. для виявлення регіональних відмінностей кліматичного режиму використовується річна амплітуда температури. Цю традицію започаткував австрійський географ і метеоролог Олександр Зупан, який декілька років свого життя присвятив викладанню географії в Чернівецькому університеті.

На використанні співвідношення річної амплітуди температури повітря та географічної широти або побудованої від них функції ґрунтуються численні індекси континентальності клімату (В. Ценкер, Л. Горчинський, Г. Лаутензах, М.М. Іванов, С.П. Хромов та ін.).

Загальні риси географічного розподілу річної амплітуди температури повітря на території України представлено в колективній монографії [1], а індексу континентальності клімату (за С.П. Хромовим) – в статті [9]. Ряд важливих особливостей їх просторового розподілу показано також в роботах [5, 7].

Важливим джерелом інформації щодо впливу океанів і материків на кліматичний режим є внутрішньорічний розподіл атмосферних опадів [11, 12, 14]. У якості

такого розподілу найчастіше використовується співвідношення опадів за різні періоди року. Так, в [4] представлено докладний аналіз просторового розподілу співвідношення кількості атмосферних опадів в весняно-літнє та осінньо-зимове півріччя на території України. Аналіз річної амплітуди кількості атмосферних опадів на території колишнього СРСР представлено в монографії [12]. Разом з тим, на відміну від температури повітря, кількість атмосферних опадів усе ще рідко використовується для конструювання показників континентальності або океанічності клімату [2, 12].

**Об'єкт дослідження** – океанічність клімату України.

**Основною метою роботи** є характеристика закономірностей просторового розподілу гігрометричної океанічності на території України за кліматологічний стандартний період 1961-1990 рр.

**Матеріал і методи досліджень.** Представлені нижче результати отримано шляхом статистичного опрацювання рядів середньої місячної кількості атмосферних опадів по статистичній вибірці із 187 метеорологічних станцій України за період 1961-1990 рр. Станції, що ввійшли до розглядуваної вибірки, достатньо рівномірно розподілені по території країни і репрезентують усі її природно-кліматичні зони. Матеріали цих станцій узагальнювалися та аналізувалися за допомогою методів регресійного аналізу, реалізованих в пакеті програм "Microsoft Excel".

**Виклад основного матеріалу.** Кліматичний режим внутрішньо-континентальних і приморських територій відрізняється особливостями річного ходу атмосферних опадів.

Як відомо, на величезній території Східної Європи переважає напівконтинентальний клімат.

нентальний тип річного ходу опадів з двома максимумами і двома мінімумами. На північному узбережжі Чорного моря головна і вторинна амплітуди опадів майже однакові [12]. За даними [6], внесок піврічної гармоніки, відповідальної за наявність двох максимумів і двох мінімумів у річному ході опадів, в загальну дисперсію річного ходу опадів в Харкові становить 57 %, а в Одесі – навіть 73 %.

Таким чином, більша частина території України характеризується перехідним типом річного ходу атмосферних опадів від морського типу до внутрішньоматерикового типу помірних широт. У морському типі переважають зимові опади, або спостерігається рівномірний їх розподіл протягом року. Зокрема, на західному узбережжі Європи максимум опадів припадає на осінь – зиму, а мінімум – на весну та раннє літо. У внутрішньоматериковому типі помірних широт річний хід опадів чітко корелює з інтенсивністю циклонічної діяльності, а саме: максимум опадів припадає на літо, а мінімум – на зиму [10].

Особливості річного ходу атмосферних опадів лежать в основі деяких показників клімату. Ступінь нерівномірності випадіння опадів протягом року відображає індекс [12]

$$w = \frac{\sum_{i=1}^{12} \left| r_i - \frac{r_p}{12} \right|}{r_p} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $w$  – показник нерівномірності (або показник періодичності) річного розподілу атмосферних опадів, %;  $r_i$  – середня кількість атмосферних опадів за  $i$ -й

місяць, мм;  $r_p$  – середня річна кількість опадів, мм.

Просторові особливості розподілу показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні розглядалися в [8].

Відмінності ходу атмосферних опадів протягом теплого періоду року в різних типах клімату характеризує гігromетрична океанічність [13]

$$K_r = \sum r_{VIII-X} - \sum r_{V-VII}, \quad (2)$$

де  $K_r$  – показник гігromетричної океанічності, мм;  $\sum r_{VIII-X}$  і  $\sum r_{V-VII}$  – суми середньої кількості атмосферних опадів за серпень – жовтень і травень – липень відповідно, мм.

З (2) видно, що при симетричному розподілі кількості атмосферних опадів у першу і другу половину теплого періоду року показник  $K_r$  дорівнює нулю. Очевидно також, що зі збільшенням асиметричності такого розподілу відносно кінця липня – початку серпня абсолютне значення показника  $K_r$  зростає.

За даними багаторічних спостережень (1961-1990 рр.), показник гігromетричної океанічності в Україні коливається в межах від -192 мм (Яремче Івано-Франківської обл.) до 14 мм (Чорноморське, АР Крим) і в середньому становить -65,6 мм. Майже на 58 % метеорологічних станцій цей показник коливався від -40 до -80 мм.

В табл. 1 представлено середню річну кількість атмосферних опадів та деякі характеристики рівномірності їх випадання в розрізі деяких регіонів України.

Таблиця 1 – Середня річна кількість атмосферних опадів та характеристики рівномірності їх випадання в окремих регіонах України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Середня річна кількість опадів, мм	Показник нерівномірності випадання атмосферних опадів, %	Гігromетрична океанічність, мм
1	Рівнинна територія України (основна)	557,0	21,1	-64,3
2	Українські Карпати	933,4	28,4	-118,7
2а	Закарпатська низовина	843,3	19,6	-73,7
2б	власне Українські Карпати	1112,3	26,4	-134,0
2в	Прикарпаття	764,6	36,0	-116,7
3	Кримські гори	610,3	18,7	-19,0
4	Центрально-кримський степ	415,9	12,7	-12,3
1-4	Україна в цілому	599,7	20,7	-65,6

Найвологішим регіоном в країні є Українські Карпати, а найсухішим – центральньо-кримський степ. Показники нерівномірності випадання атмосферних опадів і гігromетричної океанічності по регіонах країни розподілилися аналогічно до їх розподілу за річною кількістю опадів. Зокрема, найбільшою гігromетричною океанічністю характеризується центр і на південь Кримського півострова, а найменші її значення властиві Карпатському регіону.

Загальний характер і ступінь впливу різних факторів на гігromетричну океанічність оцінювалися за допомогою методів регресійного аналізу. Для оцінки залежності гігromетричної океанічності від окремих елементів географічного положення метеостанції – її довготи ( $\lambda$ , град.), широти ( $\phi$ , град.), висоти над рівнем моря ( $h$ , м н.р.м.) та середнього ступеня закритості горизонту ( $\theta$ , град.) використовувався метод парної лінійної регресії, для сукупності географічних умов – метод множинної лінійної регресії.

Статистичну модель залежності між двома величинами можна представити у вигляді

$$K_r = ax + b, \quad (3)$$

де  $K_r$  – залежна величина, тобто гігromетрична океанічність, мм;  $x$  – незалежна величина (досліджуваний фактор впливу);  $a$  і  $b$  – деякі коефіцієнти, які визначалися методом найменших квадратів.

Тісноту залежності між цими величинами характеризує коефіцієнт детермінації  $R^2$ , що є співвідношенням частини варіації, яка визначається відповідним фактором впливу, до загальної варіації залежної величини. Чим ближче цей показник до одиниці, тим тіснішою є розглядувана залежність [3].

Як видно з табл. 2, в більшості регіонів гігromетрична океанічність з віддаленням від Атлантичного океану вглиб Євразійського материка зменшується (про це говорять від'ємні значення коефіцієнта  $a$ ).

Таблиця 2 – Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність гігromетричної океанічності від географічної довготи для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			$a$	$b$	$R^2$
1	рівнинна територія України (основна)	145	2,953	-158,6	0,268
2	Українські Карпати	22	-27,871	543,5	0,531
2а	Закарпатська низовина	3	-7,900	106,0	0,999
2б	власне Українські Карпати	10	-36,734	739,4	0,729
2в	Прикарпаття	9	-17,998	316,7	0,382
3	Кримські гори	13	-11,082	359,9	0,044
4	центральньо-кримський степ	7	-4,170	133,8	0,198
1-4	Україна в цілому	187	4,805	-215,8	0,393

Дуже швидко зменшується гігromетрична океанічність в Карпатському регіоні ( $a = -27,9$  мм/1° довготи), у високогірній частині Українських Карпат зокрема ( $a = -36,7$  мм/1° довготи). Великі значення відповідних коефіцієнтів детермінації вказують на статистичну значущість такої тенденції. Разом з тим, через двомодальність річного ходу атмосферних опадів, на основній частині рівнинної території України ця закономірність порушується (додатне значення коефіцієнта  $a$ ). За рахунок цього регіону порушеним виявився зв'язок гігromетричної океанічності з довготою і для України в цілому.

Табл. 3 також відображає протилежні за змістом тенденції зміни атмосферних опадів з широтою. В Карпатському регіоні

та центральньо-кримському степу гігromетрична океанічність з широтою зростає, а в Кримських горах та на основній частині рівнинної території країни вона зменшується. Послаблення гігromетричної океанічності на основній частині рівнинної території країни і, особливо, на крайньому півдні України відповідає загальним уявленням про роль Чорного і Азовського морів та пов'язаної з ними циркуляції атмосфери. Після перевалювання через Кримські гори морське повітря сильно втрачає вологу, а тому в степовому Криму реалізується інша залежність  $K_r$  з широтою, ніж на Південному березі Криму. По Україні в цілому показник  $K_r$  з широтою спадає із середньою швидкістю 7,8 мм/1° широти.

Таблиця 3 – Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність гігromетричної океанічності від географічної широти для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			a	b	R <sup>2</sup>
1	рівнинна територія України (основна)	145	-4,756	168,5	0,135
2	Українські Карпати	22	24,446	-1310,0	0,131
2а	Закарпатська низовина	3	13,515	-726,9	0,673
2б	власне Українські Карпати	10	50,036	-2562,3	0,287
2в	Прикарпаття	9	37,305	-1948,0	0,535
3	Кримські гори	13	-73,376	3262,3	0,386
4	центрально-кримський степ	7	24,942	-1143,4	0,050
1-4	Україна в цілому	187	-7,807	313,0	0,199

Найбільш стійким і однорідним виявилося зменшення гігromетричної океанічності з висотою (табл. 4). Разом з тим, темпи падіння  $K_r$  з висотою в Кримських горах і в центрально-кримському степу відрізняються на порядок. Значно меншою диференціацією цього показника характеризується регіон Українських Карпат. В

усіх регіонах України залежність  $K_r$  від висоти не тільки має один знак, але й характеризується значною, або помірною тіснотою (параметр  $R^2 = 0,13 \div 0,84$ ).

Найслабшою виявилася залежність гігromетричної океанічності від середнього ступеня закритості горизонту (табл. 5).

Таблиця 4 – Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність гігromетричної океанічності від абсолютної висоти для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			a	b	R <sup>2</sup>
1	рівнинна територія України (основна)	145	-0,1912	-36,5	0,526
2	Українські Карпати	22	-0,0597	-91,0	0,330
2а	Закарпатська низовина	3	-0,1280	-56,9	0,838
2б	власне Українські Карпати	10	-0,0435	-103,7	0,207
2в	Прикарпаття	9	-0,1056	-83,5	0,137
3	Кримські гори	13	-0,0328	-8,8	0,244
4	центрально-кримський степ	7	-0,2821	-7,5	0,127
1-4	Україна в цілому	187	-0,0930	-48,0	0,310

Таблиця 5 – Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність гігromетричної океанічності від середнього ступеня закритості горизонту для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			a	b	R <sup>2</sup>
1	рівнинна територія України (основна)	140	-1,490	-54,4	0,056
2	Українські Карпати	21	0,688	-123,8	0,006
2а	Закарпатська низовина	3	-0,620	-68,4	0,913
2б	власне Українські Карпати	9	-1,667	-121,9	0,027
2в	Прикарпаття	9	3,223	-140,0	0,220
3	Кримські гори	11	2,002	-29,1	0,313
4	центрально-кримський степ	7	0,344	-13,2	0,003
1-4	Україна в цілому	179	-1,484	-55,8	0,028

Для решти трьох елементів фізико-географічних умов (географічних координат та висоти над рівнем моря) було побудовано таку модель множинної регресії:

$$K_r = 2,923\lambda - 5,092\varphi - 0,0645h + 102,3, \quad (4)$$

де  $K_r$  – гігromетрична океанічність, мм;  $\lambda$  і  $\varphi$  – географічні координати (довгота і широта) метеорологічної станції, град.;  $h$  – висота над рівнем моря, м.

Коефіцієнт детермінованості рівняння (4) дорівнює 0,584, що свідчить про велику тісноту зв'язку між розглядуваними чинниками впливу і залежною від них величиною гігрометричної океанічності. На не випадковість цього зв'язку вказує високе значення  $F$ -статистики (85,5). Емпіричні значення  $t$ -статистики також перевищують критичний рівень цієї статистики (1,973) для рівня значущості  $\alpha = 0,05$ , що говорить про

статистичну значущість отриманих коефіцієнтів та корисність усіх змінних для практичного використання отриманої моделі множинної регресії.

Рисунок ілюструє в цілому добру відповідність оціночних значень гігрометричної океанічності за моделлю (4) їхнім фактичним значенням для більшості метеорологічних станцій країни (рис.).

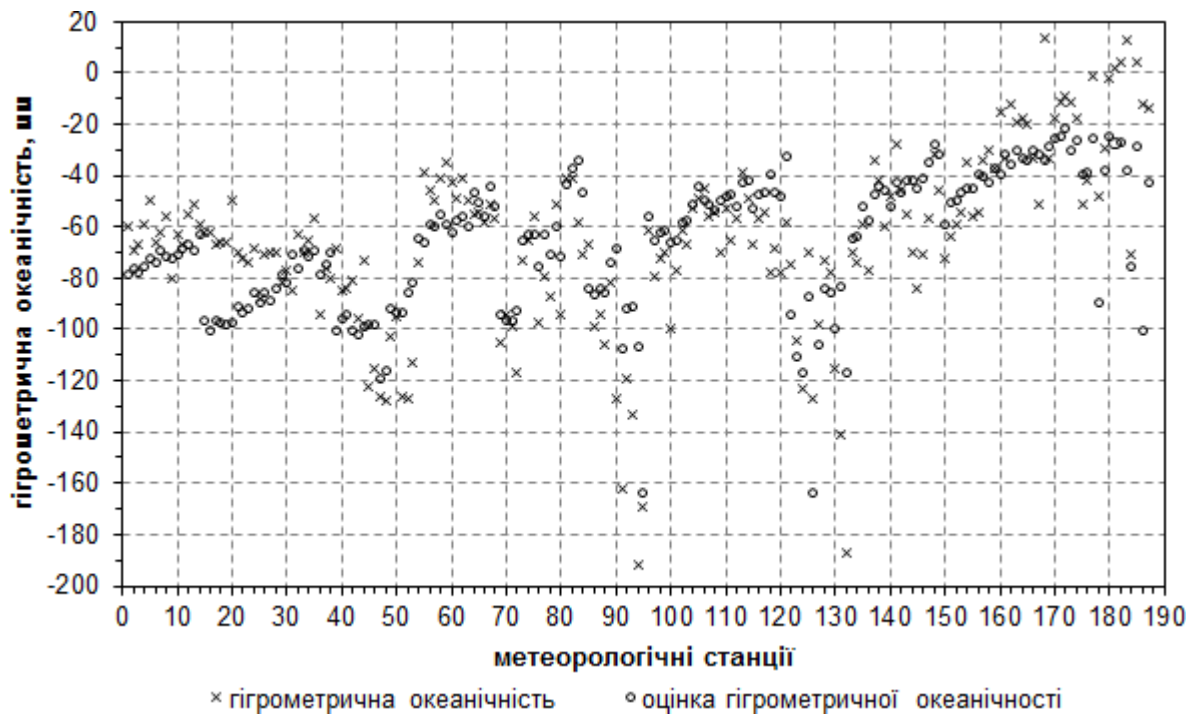


Рис. – Відповідність змодельованих і фактичних значень гігрометричної океанічності на території України

Середня абсолютна похибка оцінки гігрометричної океанічності за рівнянням (4) дорівнює 16,5 мм. У 24,1 % випадків відносна похибка оцінки величини  $K_r$  не перевищує 10 % і майже у половині випадків – 20 %.

Склавши нормовану модель множинної регресії [3], було встановлено, що для гігрометричної океанічності усі три складові географічного положення приблизно в однаковій ролі важливі. Так, внесок географічної довготи в загальну дисперсію показника  $K_r$  в Україні за трифакторною моделлю регресії (4) становить 36,0 %,

географічної широти – 27,4 %, абсолютної висоти – 36,5 %.

**Висновки.** Проведене дослідження говорить про принципову можливість використання гігрометричної океанічності в якості показника континентальності клімату. Для усіх регіонів України характерні від'ємні значення цього показника. Абсолютні значення гігрометричної океанічності визначаються перебігом умов зволоження великих територій в теплий період року. В Українських Карпатах та Кримських горах велику роль у простором розподілі цієї величини відіграє орографічний чинник.

#### Список літератури

1. Температура воздуха на Украине / [В.Н. Бабиченко, С.Ф. Рудышина, З.С. Бондаренко, Л.М. Гущина] ; под ред. В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 400 с.
2. Блютген И. География климатов / И. Блютген. – М.: Прогресс, 1973. – Т. 2. – 402 с.
3. Жлуктенко В.І. Теорія ймовірностей і математична статистика: У 2-х ч. – Ч. II. Математична статистика / В.І. Жлуктенко, С.І. Наконечний, С.С. Савіна. – К.: КНЕУ, 2001. – 336 с.
4. Затула В.І. Регіональні особливості співвідношення кількості атмосферних опадів в весняно-літнє та осінньо-зимове півріччя в Україні /

В.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т. 4(39). – С. 32-40. **5. Затула В.І.** Річна амплітуда температури повітря і континентальність клімату України / В.І. Затула, Н.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 4(31). – С. 95-101. **6. Затула В.І.** Гармонічний аналіз сезонних коливань деяких метеорологічних величин на території України / В.І. Затула, Н.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т. 2(33). – С. 98-103. **7. Затула В.І.** Дослідження залежності ступеня континентальності клімату України від географічного положення методами регресійного аналізу / В.І. Затула, Н.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т. 1(36). – С. 130-136. **8. Затула В.І.** Регіональні особливості показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні / В.І. Затула, Н.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т. 3(38). – С. 100-108. **9. Колісник П.І.** Континентальність клімату України / П.І. Колісник // Вісник Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1980. – Вип. 22. – С. 36-41. **10. Сніжко С.І.** Метеорологія / С.І. Сніжко, Л.В. Паламарчук, В.І. Затула. – К.: ВПЦ «Київ. ун-тет», 2010. – 592 с. **11. Швер Ц.А.** Степень сезонности осадков / Ц.А. Швер // Труды ГГО. – 1973. – Вып. 303. – С. 93-103. **12. Швер Ц.А.** Атмосферные осадки на территории СССР / Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 302 с. **13. Henze H.** Ozeanität und Kontinentalität bei den sommerlichen Niederschlägen Norddeutschland / H. Henze // Meteor. Z. – 1929. – Bd. 46. – S. 129-137. **14. Markham G.G.** Seasonality of precipitation in the United States / G.G. Markham // Ann. Assoc. Am. Geogr. – 1970. – Vol. 60, N 3. – P. 593-597.

**Затула В.І. Гігрометрична океанічність клімату України.** Розглянуто вплив фізико-географічних умов на гігрометричну океанічність в окремих регіонах України. Побудовано регресійні моделі показника гігрометричної океанічності залежно від фізико-географічних умов. Оцінено внесок окремих елементів географічного положення в загальну дисперсію розглядуваного показника на території України.

*Ключові слова:* гігрометрична океанічність; континентальність клімату; регресійний аналіз; статистичні моделі.

**Zatula V.I. The hygrometric oceanicity of the Ukrainian climate.** This article is devoted to the hygrometric oceanicity that represents the difference of the sums of atmospheric precipitation during August – October and during May – July. It characterizes differences of change of atmospheric precipitation during the warmest period of the year in various types of climate. The paper studied regularities of spatial distribution of hygrometric oceanicity index in Ukraine for the period 1961-1990 years. The data of 187 weather stations that quite uniformly distributed across the country and represent all its climatic zones were processed.

The degree of influence of components of the geographical environment was estimated using regression analysis techniques. The simple linear regression method was used for the estimation of hygrometric oceanicity depending on the geographical location of individual components of weather station – its longitude, latitude, altitude and average degree of closeness of the horizon, and the method of multiple linear regression – on the totality of the conditions geographical location of weather stations.

It was found that weather station geographical coordinates and altitudes reveal a significant impact on the hygrometric oceanicity across the country. The hygrometric oceanicity in most regions of the country decreases from west to east. Its value also decreases with distance from Black sea and Azov sea on the main part of the flat territory of Ukraine and in Crimean mountains. The vertical gradient of hygrometric oceanicity is about -9.3 mm per 100 m of height. The largest absolute values of the oceanicity (14 mm) occur on the territory of Crimea, and the lowest value (-192 mm) – in Carpathian region. The regional features of the hygrometric oceanicity distribution are the same to distribution of the unevenness indicator of atmospheric precipitation fall and annual precipitation.

The 3-factor regression model was built for the above elements of the geographical location. It was determined that the contribution of geographic longitude in the total variance of hygrometric oceanicity is 36.0 %, latitude – 27.4 %, altitude – 36.5 %.

*Keywords:* hygrometric oceanicity; climate continentality; regression analysis; statistical models.

**Затула В.І. Гигрометрическая океаничность климата Украины.** Рассмотрено влияние физико-географических условий на гигрометрическую океаничность в отдельных регионах Украины. Построены регрессионные модели показателя гигрометрической океаничности в зависимости от физико-географических условий. Оценен вклад отдельных элементов географического положения в общую дисперсию рассматриваемого показателя на территории Украины.

*Ключевые слова:* гигрометрическая океаничность; континентальность климата; регрессионный анализ; статистические модели.

**Надійшла до редколегії 23.05.2016**