

вносити зміни, як в графічні об'єкти, так і в базу даних (атрибутивну складову), здійснювати пошук інформації та її аналіз з метою відпрацювання заходів управління річковим басейном та раціонального використання водних ресурсів регіону, забезпечує легкий доступ споживача до екологічної інформації, що відповідає вимогам Європейської Рамкової Водної Директиви.

### Список літературних джерел

1. Національна екологічна політика України [Електронний ресурс] : оцінка і стратегія розвитку. – К. : ВАІТЕ, 2007. – Режим доступу : [http://myfiles.at.ua/\\_ld/0/28.pdf](http://myfiles.at.ua/_ld/0/28.pdf).
2. Управління довкіллям та інтеграція екологічної політики до інших галузевих політик [Електронний ресурс] : короткий опис Директив ЄС та графіку їх впровадження. – К. : Європейський Союз, 2014. – Режим доступу : [http://www.if.gov.ua/files/uploads/Upravlinnya\\_brochure\\_final.pdf](http://www.if.gov.ua/files/uploads/Upravlinnya_brochure_final.pdf)
3. Якість води та управління водними ресурсами [Електронний ресурс]: короткий опис Директив ЄС та графіку їх реалізації. К. : Європейський Союз, 2014. – Режим доступу : [http://buvrtysa.gov.ua/newsite/download/Water\\_brochure.pdf](http://buvrtysa.gov.ua/newsite/download/Water_brochure.pdf).
4. Водний фонд Житомирської області. Видання II-е доповнене / В. А. Стащук, С. М. Рижук, В. Я. Невмержицький [та ін.]. – Житомир : Облдрукарня, 2013. – 118 с.
5. Житомирське обласне управління водних ресурсів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zouvr.gov.ua/index.html>.
6. Багмет А. П. Екологічне картографування та основи ГІС-технологій : навч. посіб. [Електронний ресурс] / А. П. Багмет, С. Г. Герасимов, О. В. Пшоняк ; за ред. А. П. Багмет. – Житомир : ЖНАЕУ, 2010. – Режим доступу : <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3921>.
7. Моніторинг довкілля : підруч. : Том. 2. [Електронний ресурс] / А. К. Запольський, П. М. Малярчук, А. П. Багмет [та ін.]. – Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2012. – Режим доступу : <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/4022>.
8. Багмет А. П. Основи комп'ютерного дизайну в ГІС-технологіях : навч. посіб. [Електронний ресурс] / А. П. Багмет, О. М. Климчик, С. В. Ковальчук ; за ред. А. П. Багмет. – Житомир : ЖНАЕУ, 2016. – Режим доступу : <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/5357>.

УДК 631.6 : 631.432

## АГРОГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ВОЛОГОЗАПАСІВ В ЯКОСТІ ДОПОМІЖНОЇ ЛАНКИ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Коваленко Володимир Васильович, Довганенко Денис Олександрович

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,*

**Постановка проблеми.** Розвиток технологій водного господарства сумісно з точним землеробством робить необхідним детальне врахування вологості ґрунтів, та, в ідеалі, можливість прогнозувати зміни вологості у період активного синтезу біомаси. Найточнішим методом оцінки вологості ґрунту, безперечно, є лабораторний термічно-ваговий аналіз. Однак, цей метод доволі трудомісткий, часовитратний, та не дає можливості одночасної оцінки вологості на значних масивах земель. Портативні вологоміри мають свої, досить вагомні, вади, що ускладнює їх використання для аналізу ґрунтів. В той же час, сучасні умови диктують необхідність швидкого та детального просторового аналізу вологості ґрунту, що дає змогу агрономам вчасно коригувати застосування окремих агрозаходів та суттєво підвищити точність прогнозу врожаїв сільгоспкультур [1].

Розвиток методології дослідження та моніторингу вологості ґрунту є необхідним не лише безпосередньо для сільського господарства. В подібних методах зацікавлені також спеціалісти з гідрології і дослідники більш вузького напрямку – водно-балансових досліджень.

**Актуальність** подальших досліджень в даному напрямі можна охарактеризувати наступними рисами. Моніторинг природного середовища в Україні, як і в будь-якій іншій державі, передбачає роботу налагодженої мережі або мереж станцій та постів безперервного спостереження. Така система надає дискретну інформацію про стан природних об'єктів. В залежності від потреб тих чи інших завдань дослідження, отриману гідрометеорологічну інформацію інтерпретують у вигляді безперервних поверхонь, шляхом інтерполяції. Нажаль інтерполяції дещо узагальнює показники досліджуваного об'єкту через неможливість врахування впливу другорядних факторів.

При моніторингу стану зволоження ґрунтового покриву ситуація ще більш ускладнюється через сильну залежність динаміки показників ґрунту від орографії місцевості. Тобто узагальнювати показники по території за допомогою інтерполяції здебільшого є недостатньо точним методом.

Слід зауважити, що визначення рівня зволоження активного шару ґрунту займає особливу нішу в системі моніторингу стану водних об'єктів. Коректне визначення величини попереднього зволоження території басейну водного об'єкту перед настанням та під час проходження стокових явищ є ключовим моментом для всіх послідовних гідрологічних [2,3].

Зважаючи на раптовість деяких небезпечних гідрологічних явищ, оперативність подання інформації про стан зволоження поверхні басейнів річок повинно стояти на одному рівні з метеорологічними та синоптичними спостереженнями. Як відомо, технічного забезпечення для здійснення подібних заходів на базі державної гідрометеорологічної мережі ще немає.

Найбільш раціонально з нашої точки зору вирішити поставлену проблему можна шляхом впровадження до регіональних центрів з гідрометеорології спеціалізованого програмного забезпечення у вигляді геоінформаційних систем, що вирішують комплекс водно-балансових та водно-господарських питань.

У відповідності до цього, науковцями Дніпропетровському державному аграрно-економічному університету (ДАЕУ) [4] було розроблено агрогідрометеорологічний метод розрахунку вологозапасів (АГММРВ), який зараз проходить стадію емпіричних досліджень та поступово реалізовується на базі відкритих геоінформаційних систем та [5].

**Методологія дослідження.** Авторами було запропоновано в основу методу внести поправочний коефіцієнт, при врахуванні якого розрахункове значення запасів вологи на кожний день в точці з довільними координатами може бути визначене за рівнянням [6]

$$W = (c - a \cdot \exp(-b \cdot P)) \mp \Delta W,$$

де  $a$ ,  $b$  та  $c$  – емпіричні параметри;  $P$  – комплексний показник попередніх погодних умов;  $\Delta W$  – поправочний коефіцієнт.

Явною перевагою методу є те, що для його роботи необхідні лише поточні або прогнозні значення метеорологічних величин, за виключенням емпіричних показників вологості ґрунтів. Дані про зволоження ґрунтів використовувались на етапі перевірки адекватності роботи запропонованої моделі та визначення похибки розрахунку, результати та основні висновки якої викладено нижче.

Проблема врахування орографічних та мікрокліматичних умов місцевості практично повністю нівелюється через поправочний коефіцієнт  $\Delta W$ . Його розрахунок базується на використанні, так званих цифрових моделей рельєфу (ЦМР) SRTM30 та SRTM 4. ЦМР представляють собою растрові дані з закодованими в них висотними даними місцевості.

Використання ЦМР дозволяє одночасно врахувати мікрокліматичну складову

зволоження поверхні, яка виражається через експозицію схилів та просторову складову вологообміну, що, в свою чергу, виражається через топографічний індекс зволоження (Topographic Wetness Index (TWI)) та крутизну схилів. Через ці складові вдалося значно підвищити ступінь деталізації просторового розподілу вологості на місцевостях різної складності. На практиці також виявилось, що TWI досить органічно доповнює метод Ачасова А.В. при визначенні ступеня ксероморфності ландшафтів, що позитивно вплинуло на точність просторової інтерпретації агрогідрометеорологічного методу [7].

**Викладення основного матеріалу.** Основним завданням даного дослідження було встановлення точності визначення вологості в активному шарі ґрунту за допомогою АГММРВ в порівнянні з даними польових вимірювань.

Алгоритм розрахунку волозапасів в активному шарі ґрунту було реалізовано на базі ГІС QGIS. Реалізація методу на базі вказаної програми представляє собою скрипт-модель, в якій закладена послідовність дій з результируючими параметрами у вигляді растрових зображень вологості ґрунту. Рішення відносно реалізації методу у вигляді скрипт-моделі було прийнято оскільки в такому вигляді до скрипт-моделі можна легко вносити модифікації та правки.

Після того, як реалізацію методу на базі геоінформаційної системи було завершено було прийнято рішення про проведення польових досліджень. Польовий етап дослідження включав в себе стандартний набір процедур по відборі проб ґрунту та визначення вологості шляхом висушування проб до постійної маси. Всі етапи польових робіт, починаючи від закладення розрізу, відбору та транспортування проб були виконані з дотриманням вимог ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Подальша обробка проб виконувалась на базі лабораторії ДАЕУ. Лабораторія є сертифікованою до проведення подібних досліджень.

Відбір проб ґрунту виконувався на дослідних ділянках Інституту зернових культур НААНУ (ІЗКНААНУ). Зокрема на рис. 1 зображено супутниковий знімок ділянки дослідних угідь, що знаходиться в 2 км на південь від м. Дніпра. Обрана ділянка має характерний нахил поверхні (0,037%) в південно-східному напрямі. Перепад висот в межах досліджуваної ділянки за напрямку падіння схилу становить 31 м. Це дало змогу перевірити як впливає складова рельєфу на перерозподіл вологи в межах ділянки.

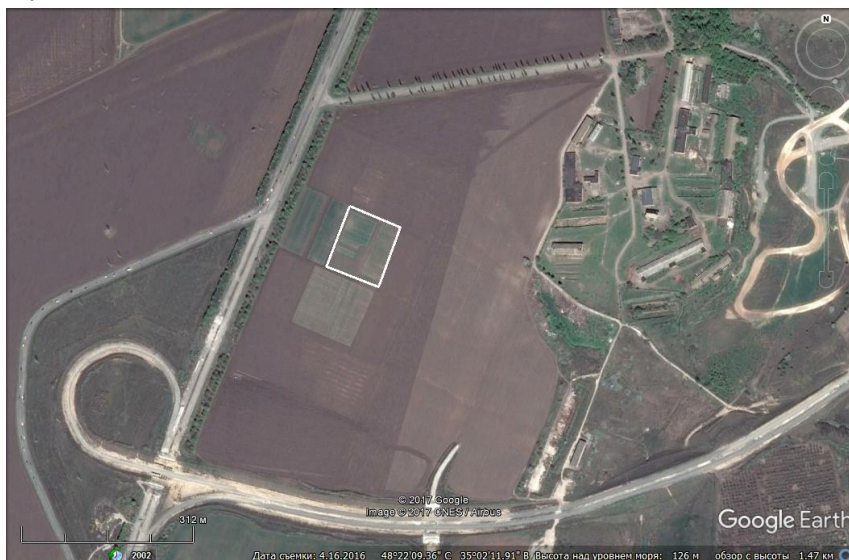


Рис. 1 Місцерозташування ділянки для відбору проб (знімок з Google Earth).

Відбір зразків на вологість проводився в строки 18.05, 28.05 та 08.06.2017 р у 3-х та 4-х разовій повторюваності, через кожні 10 см до глибини 100 см. Вказані строки були обрані таким чином, щоб була можливість їх співставлення з даними ІЗКНААНУ.

Значення вологості отримані за результатами лабораторної обробки проб наведені в табл. 1.

Таблиця 1 Загальна вологість шарів ґрунту 0 - 50 см та 0 - 100 см

Строки	Загальна волога		Продуктивна волога	
	Виміряна (За даними ІЗК)		Виміряна (За даними ІЗК)	
	0-50 см	0-100 см	0-50 см	0-100 см
18.05.17	108 (92)	231 (209)	45 (29)	94 (72)
28.05 17	71 (60)	180 (163)	8 (0)	42 (25)
08.06.17	62 (53)	150 (136)	0 (0)	12 (0)

Слід відзначити, що проведені польові вишукування дозволили встановити факт ущільнення підорного горизонту ґрунтів на досліджуваній ділянці. Це, відповідно, вплинуло на відмінність розподілу вологи по глибині та відмінність вимірних результатів з даними, представленими ІЗК. Основним поясненням в даній ситуації може бути неактуальність показників водно-фізичних властивостей ґрунту за даними ІЗК.

На наступному етапі були, безпосередньо, проведено порівняння вимірних значень вологості з розрахованими. Для розрахунку вологості, згідно АГММРВ, були взяті дані по кількості опадів, вологості повітря та дефіциту вологості повітря за найближчою метеорологічною станцією (в даному випадку це м/с Дніпропетровськ). Сформована вибірка охоплювала період спостереження з 11.04.17 р по 21.06.17 р. В табл. 2 представлені відповідні результати співставлення. Слід зауважити, що для порівняння також були представлені результати розрахунку за АГММРВ без врахування TWI та з врахуванням цього показника.

Таблиця 2 – Співставлення вимірних та розрахованих значень вологості активного шару ґрунту

Строки	Загальна виміряна волога /за даними ІЗК, мм	Розрахована вологість за АГММРВ (без TWI) / за АГММРВ (з TWI) /за даними ІЗК, мм	Відхилення за АГММРВ (без TWI) / за АГММРВ (з TWI) /за даними ІЗК
	0-100 см	0-100 см	± мм (%)
18.05.17	231 / 209	220 /213/ 251	-11 (4.1) /-18(2)/ -16 (6,2)
28.05 17	180 / 163	188 /182/ 211	8 (3.0) /2(1)/ -26 (10,0)
08.06.17	150 / 136	156 /147/ 173	-6 (2.3) /-3(2)/ -20 (7,6)

Як вже було сказано, має місце системна похибка за даними ІЗКНААНУ через їх неактуальність. В цілому результати розрахунку вологості ґрунту є більш ніж задовільними. Похибка розрахунку є меншою від 5%, що підтверджує адекватність методу АГММРВ.

Графічно отримані результати матимуть наступний вигляд (рис.2). Видно, що вимірні та розраховані строкові значення вологості знаходяться в межах визначеного допуску та зберігається загальна від'ємна тенденція. Можна стверджувати, що запропонована модель запасів вологи в ґрунті можна використовувати в прогностичних цілях.

Моделювання волозапасів ґрунту за допомогою ГІС дають, як можна побачити, досить строкаті результати навіть на такій невеликій території як ця. Найбільше зволоження характерно для невеликих западин, найменше – для підвищених ділянок. Для збалансування розподілу вологості, в даному випадку, рекомендується більше уваги приділити вирівнюванню орних ділянок.

Наведений приклад карти є показовим свідченням необхідності симбіозу геоінформаційних технологій та подібних розрахункових методів. Керуючись подібними картами можна в разі підвищити ефективність меліоративних заходів або результативність гідрологічних прогнозів.



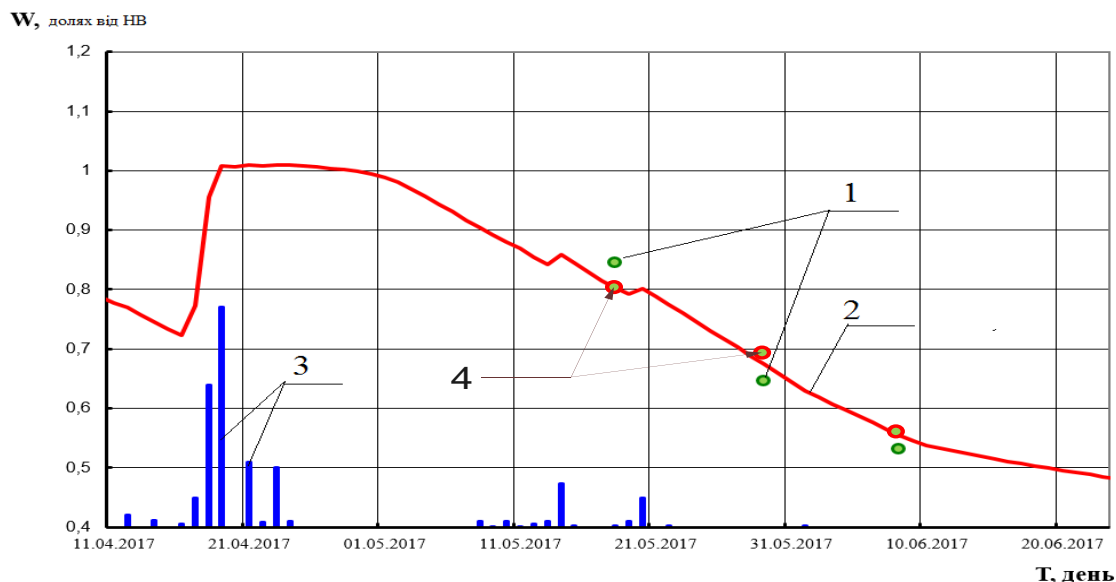


Рис. 2 Динаміка вологості активного шару ґрунту: 1 – виміряна вологість; 2 – розрахована вологість за АГММРВ (без врахування TWI); 3 – хід опадів (за м/с Дніпропетровськ); 4 – розрахована (в строк) вологість ґрунту за АГММРВ (з врахуванням TWI).

Приклад результату роботи методу на базі ГІС QGIS наведено на рис. 3.

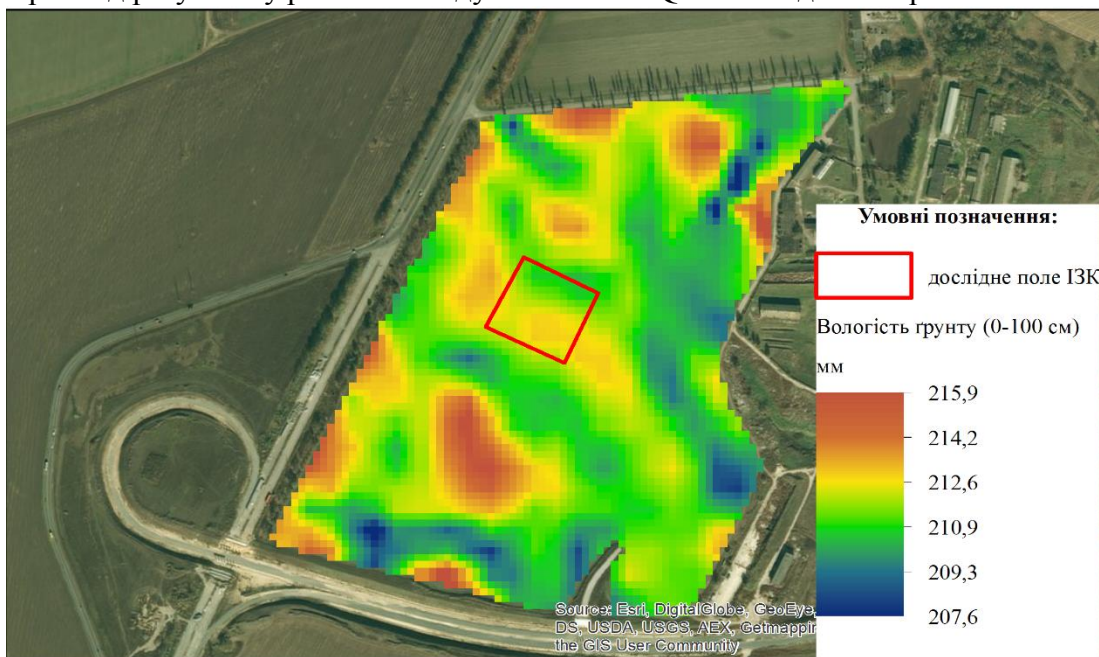


Рис. 3 Розподіл волозapasів в метровому шарі ґрунту в межах досліджуваної ділянки (18.05.2017 р.).

**Висновки та перспективи.** Узагальнюючи все вище викладене, можна стверджувати що агрогідрометеорологічний метод розрахунку вологи активного шару ґрунту показав добрі результати моделювання вологи. Метод є завершеним, повноцінним продуктом, повністю готовим до інтегрування у моніторингову мережу на регіональному і навіть національному рівнях.

Кажучи про перспективи розвитку АГММРВ можна сказати, що в планах розробників є залучення даних дистанційного зондування земної поверхні (ДЗЗ). Супутникові знімки повинні зіграти уточнюючу роль оскільки вони мають достатню просторову та часову розділову здатність, щоб виконувати моніторинг стану рослинно-ґрунтового покриву окремого поля, господарства або, навіть, басейну окремого водного об'єкту. Зважаючи на те, що більшість репозитаріїв надають необмежений та безкоштовний доступ до знімків (GloVis, Earth Explorer та ін.), то можна скласти

потужну базу для проведення ретроспективного аналізу стану поверхні. ДЗЗ також повинно надати пропонованому методу адаптивності при використанні його в різних природних зонах України.

#### Перелік використаної літератури:

1. Ачасов А. Б. Використання геоінформаційних технологій для оцінки просторової неоднорідності вологості орних ґрунтів / А. Б. Ачасов, А. О. Ачасова, О. Ю. Селіверстов, А. О. Сєдов, О. В. Товстокорий // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. - 2015. - № 1-2. - С. 18-23. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd\\_2015\\_1-2\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2015_1-2_4)

2. Прошляков И. В. К теории формирования максимального дождевого склонового стока/ И. В. Прошляков, Г.Х. Исмайылов// Природообустройство. 2016. №2. - Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/k-teorii-formirovaniya-maksimalnogo-dozhdevogo-sklonovogo-stoka>.

3. Довганенко Д.О. возможность оценки влияния антропогенных факторов на формирование склонового стока рек степной зоны украины с использованием QUANTUM GIS //Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2014. –Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2014. – С. 4331 - 4336

4. Литовченко А. Ф. Агрогидрометеорологический метод расчета влажности почвы и водосберегающих режимов увлажнения орошаемых культур в Степи и Лесостепи Украины: монография / А. Ф. Литовченко. – Д.: изд-во «Свідлер А.Л.», 2011. – 244 с.

5. Коваленко В.В. Методологічні підходи до створення ГІС режиму ґрунтової вологи на основі агрогидрометеорологічного методу / В.В. Коваленко, Д.О. Довганенко, А.С. Білоброва // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2016. – № 3. – С. 49-54. – Режим доступу : <http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/vestnik/article/view/767/739>.

6. Коваленко В.В. Оптимізація агрогидрометеорологічного методу в задачах розрахунку режиму ґрунтової вологи/ В.В Коваленко., В.І. Доценко, Л.М. Рудаков, І.Ю Бугайова// Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць. – Рівне, 2015. - №3(71). – С. 277-280.

7. Довганенко Д.О., Коваленко В.В. Проблематика розвитку систем моніторингу вологозабезпеченості агроландшафтів / Д.О. Довганенко, В.В. Коваленко// Еколого-економічні проблеми та перспективи розвитку водогосподарського комплексу України Збірник матеріалів всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених - Херсон, 2017 – С. 27 - 29.

УДК 691.175:699.8

### САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНІ БЕТОННІ СУМІШІ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ВІД ФІЛЬТРАЦІЇ І РУЙНУВАНЬ

Коваленко О.В., к.т.н., заввідділу експлуатації водогосподарсько-меліоративних систем, Юзюк О.Ю., аспірант

*Інститут водних проблем і меліорації НААН*

**Постановка проблеми.** Гідротехнічні споруди (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) в нашій країні, в переважній більшості, збудовані в середині минулого сторіччя. Тривалі терміни експлуатації, що перевищують нормативні строки, фізичний знос, недостатність ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) та своєчасних діагностичних обстежень, підвищують ризик виникнення на них