

УДК 911.9:634.8

**М. В. КУЦЕНКО**, канд. геогр. наук, доц., **П. В. ВОСКОБОЙНИКОВ**, **П. Г. НАЗАРОК**

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О. Н. Соколовського НААН»*

вул. Чайковська, 4, Харків, 61024, Україна

[kucenko\\_nikolay@mail.ru](mailto:kucenko_nikolay@mail.ru)

### **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ АГРОЕКОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ВИНОГРАДНИКІВ НА УСКЛАДНеноМУ РЕЛЬЄФІ (OPT\_VIN)**

Висвітлено функціональні можливості універсальної автоматизованої системи підтримки агроекологічної оптимізації розміщення виноградників на локальному просторовому рівні деталізації, наведено результати перевірки цієї системи та картограми сум активних температур, що побудовано за її допомогою. Результати перевірки підтвердили просторову адекватність автоматизованих розрахунків порівняно з традиційними.

**Ключові слова:** сума активних температур, вплив рельєфу, виноградники, оптимізація розміщення, геоінформаційна технологія

### **Kutsenko M. V., Voskoboinikow P. V., Nasarok P. G. THE AUTOMATED SUPPORT SYSTEM OF AGROECOLOGICAL OPTIMIZATION OF VINEYARDS PLACEMENT ON THE COMPLICATED RELIEF (OPT\_VIN)**

The article highlights the functionality of the universal automated support system of agroecological optimization of vineyards placement on the local spatial level of detail, there are the results of this test system and cartograms of the sum of active temperatures that are built with it. Test results confirmed the adequacy of the spatial automated payment compared to the traditional ones.

**Key words:** the sum of active temperatures, the influence of relief, vineyards, optimization of placement, GIS technology.

**Куценко Н. В., Воскобойников П. В., Назарок П. Г. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВИНОГРАДНИКОВ НА УСЛОЖНЕННОМ РЕЛЬЕФЕ (OPT\_VIN)**

Освещены функциональные возможности универсальной автоматизированной системы поддержки агроэкологической оптимизации размещения виноградников на локальном пространственном уровне детализации, приведены результаты проверки этой системы и картограммы сумм активных температур, построенные с ее помощью. Результаты проверки подтвердили пространственную адекватность автоматизированных расчетов по сравнению с традиционными.

**Ключевые слова:** сумма активных температур, влияние рельефа, виноградники, оптимизация размещения, геоинформационная технология

**Вступ**

В основу спеціалізації сільського господарства покладено природно-сільськогосподарське районування, що здійснюється на основі врахування тепло- та вологозабезпеченості території. Традиційне районування здійснено на регіональному рівні просторової деталізації. Відомо, що рельєф є головним чинником, що розподіляє тепло й вологу на локальному географічному рівні. З іншого боку мережа гідрометеостанцій не враховує

вплив рельєфу на мікрокліматичні показники. Тому для оптимального використання агрокліматичного потенціалу окремих земельних ділянок необхідно розробити універсальну автоматизовану систему здатну враховувати вплив експозиції та ухилів на перерозподіл тепла в межах окремих земельних ділянок і проводити агроекологічну оптимізацію сільськогосподарських культур на ускладненому рельєфі.

**Аналіз досліджень**

Давітая Ф. Ф. вперше виділив та обґрунтував кліматичні зони винограду у СРСР [1]. Власов В. В. на основі узагальнення попередніх наукових праць детально проаналізував питання оптимізації розміщення виноградників у просторі, в залежності від основних елементів рельєфу [2]. Іванченко В. Й. та Рибалко Є. О. встановили достовірний вплив експозиції схилу на агробіологічні показники виноградної рослини, урожайність та якість отриманої продукції в умовах Західного передгірно-приморського району АР Крим [3]. Власова О. Ю., Бузовська М. Б., Булаєва Ю. Ю. та ін. здійснили подібну роботу за вісьмома румбами для виноградних господарств Тарутинського району Одеської області [4].

Останнім часом для просторової агроекологічної оцінки та просторової оптимізації розміщення виноградних насаджень успішно використовують сучасні ГІС-технології. Так, Іванченко В. Й., Рибалко Є. О. та Баранова Н. В. успішно застосували ArcInfo для складання мікрокліматичної карти Бахчисарайського району АР Крим [5].

Таким чином, питання оптимізації розміщення виноградників за вимогами до агрокліматичних ресурсів на регіональному

рівні деталізації вивчено досить детально. Для подальшої оптимізації використання агрокліматичного потенціалу в межах внутрішньогосподарського землеустрою доцільно перейти на рівень диференційованого врахування комплексного впливу географічного положення та параметрів рельєфу з будь-яким кроком просторової мережі. Теоретичні основи впливу рельєфу на перерозподіл сонячної енергії розробили К. Я. Кондратьєв, З. І. Півоварова, М. П. Федорова [6]. Узагальнення такого впливу для окремих земельних ділянок доцільно проводити на основі репрезентативних розрахунків за щільною просторовою мережею точок (з кроком декілька метрів). Нами накопичено певний досвід розроблення ГІС-технології для ґрунтозахисної оптимізації виноградників на зазначеному рівні деталізації [7 - 8]. Але детальне просторове прогнозування кліматичних параметрів ще не проводилось.

**Постановка завдання.** Метою статті є висвітлення основних функціональних можливостей автоматизованої системи інформаційного забезпечення оптимізації розташування виноградників за вимогами до тепла (OPT\_VIN) на локальному просторовому рівні деталізації.

**Виклад основного матеріалу**

Одним з найбільш важливих агрокліматичних показників для винограду є сума активних температур вище плюс 10 °С. Її використовують для класифікації сортів винограду за групами стиглості. Для територій з ускладненим рельєфом розрахунки сум активних температур здійснюють за формулою Софроні-Ентензона [9], яка одержала певне визнання [10]:

$$\sum t_a = \frac{\sum t_{ac} \cos(\varphi + \arctg((tg.\alpha \cos.\gamma \cos.\eta)))}{\cos.\varphi_c} - K(H - H_c) \quad (1)$$

де  $\sum t_a$ ,  $\sum t_{ac}$  – суми активних температур відповідно в точці земної поверхні та на метеостанції;

$\varphi$ ,  $\varphi_c$  – географічні широти точки та метеостанції;

$\alpha$  – кут нахилу схилу;

$\gamma$  – азимут точки;

$\eta$  – висота Сонця в істинний полудень;

$H$ ,  $H_c$  – висоти над рівнем моря точки та метеостанції;

$K$  – емпіричний коефіцієнт, який для умов Криму має значення 1,51.

Висоту Сонця над обрієм в істинний полудень розраховують як середнє арифметичне значення цього показника за вегетаційний період розвитку рослини, тобто від початку до кінця переходу середньої добової температури повітря через 10<sup>0</sup>С (у позитивну сторону). Висоту Сонця над обрієм в істинний полудень ( $\eta$ ) обчислюють за формулами [11]:

$$\begin{aligned} L &= 280,459 + 0,98564736D; \\ \zeta &= 357,529 + 0,98560028D; \\ \lambda &= L + 1,915\sin\zeta + 0,02\sin2\zeta; \\ \varepsilon &= 23,439 - 0,00000036D; \\ \sigma &= \arcsin(\sin(\varepsilon)\sin(\lambda)); \\ \eta &= 90^0 - \varphi + \sigma, \end{aligned}$$

де:  $L$  – середня довгота Сонця;

$D$  – кількість днів, що пройшли з Юліанської дати (01.01.2000 р.);

$\zeta$  – середня аномалія Сонця;

$\lambda$  – екліптична довгота Сонця;

$\varepsilon$  – середній нахил екліптики;

$\varphi$  – географічна широта.

З метою ефективної автоматизації розрахунків параметрів рельєфу для будь-якої діагностики нами розроблено якісно нову

ГІС-технологію [8]. В її основу покладено структурний принцип ідентифікації властивостей земної поверхні у географічному просторі. Технологію побудовано на основі модульного принципу.

Група модулів технології OPT\_VIN складається з системи EXE-файлів, MapInfo та бази даних. MapInfo використовують для введення первинної географічної інформації та виведення результатів діагностики у вигляді електронних картограм. EXE-файли систематизовано у 2 групи – IMPORT (файли перетворення інформації MIF-файлів у TXT-файли) та OPT\_VIN (файли розрахунку сум активних температур та створення MIF- та MID-файлів, що зберігають результати цих розрахунків). База даних включає з розширеннями TAB, MIF, MID та TXT, що систематизовано певним чином у папці BDV.

Загальну послідовність використання технології OPT\_VIN показано на рисунку 1. Призначення EXE-файлів та їх зв'язки з базою даних показано у таблиці 1. В умовних позначеннях цієї таблиці  $i$  означає номер дослідної ділянки,  $j$  – код режиму діагностики, що призначають у файлі WS.TXT. При  $j = 0$  здійснюється суцільна діагностика, при  $j = 1$  – діагностика в межах полігонів.

Для перевірки технології OPT\_VIN було обрано тестову ділянку території поблизу с. Краснокам'янка Ялтинської міської ради АР Крим. Перевірку здійснено наступним чином. В межах тестової ділянки випадковим чином було обрано 30 точок.

В кожній точці проведено розрахунок суми активних температур за формулою (1) шляхом безпосередніх вимірювань параметрів рельєфу на електронній карті і за технологією OPT\_VIN. Результати перевірки показано у таблиці 2. В цій таблиці  $Y$ ,  $Y_t$  – відповідно суми активних температур, що розраховано традиційним методом та за технологією OPT\_VIN;  $\Delta Y = Y - Y_t$ . Як видно з таблиці, максимальне відхилення розрахунків склало 2,5%, а середнє – 0,6%.

Таким чином, технологія забезпечує високу точність автоматичних розрахунків параметрів рельєфу і забезпечує їх просторову репрезентативність. Швидкість розрахунків за технологією OPT\_VIN складає 147 значень за секунду.



Рис. 1 – Послідовність використання технології OPT\_VIN

Технологія OPT\_VIN характеризується простотою використання, можливостями діагностики сум активних температур за будь-яким просторовим кроком мережі в залежності від складності рельєфу. Детальний облік рельєфу в нашій технології дозволяє більш точно розрахувати значення сум активних температур та інших показників, що залежать від рельєфу, чим це звичайно робиться, що особливо важливо для територій з ускладненим рельєфом.

Технологія дозволяє креслити картограми на різному рівні узагальнення. Картограми супроводжуються легендами із градаціями інтервалів температур, залежно від потреб вирощуваних сортів культур. Користувач заздалегідь складає легенду та зберігає її у TXT-файлі (D:/BDV/i/WS/WS.TXT). Для освоєння нових територій чи понов-

лення старих багаторічних насаджень доцільно складати картограми сум активних температур диференційовано по точках щільної регулярної мережі.

На рисунку 2 показано картограму сум активних температур, накреслену с кроком 3 м. Для планування розміщення виноградників, садів сівозмін технологія OPT\_VIN передбачає автоматизоване складання картограм з узагальненими значеннями цього показника для окремих полігонів (рис. 3).

Результати діагностики зберігаються у вигляді векторних шарів інформації. Це значно зменшує об'єми інформації порівняно з растровими картами і дає можливість одночасного використання декількох шарів інформації важливої для агроекологічної

Таблиця 1

Інформаційне забезпечення та призначення комп'ютерних модулів технології OPT\_VIN

Розташування та назва модуля	Розташування та назви файлів, що супроводжують роботу модуля	Результати, що одержують за допомогою модуля	
		Розташування файлу	Назва та зміст файлу
C:/OPT_VIN/IMP ORT/LSK.EXE	C:/OPT_VIN/ INFM.TXT D:/BDV/LSi.MIF D:/BDV/LSi.MID D:/BDV/LS.MIF D:/BDV/LS.MID	D:/BDV/i/T XT/	infid.txt – кількість ділянок ВСЦМР 1-го рангу, січення горизонталей для кожної ділянки, кількість ліній стоку. lsk.txt – координати характерних точок ліній стоку у проекції Longitude/Latitude (WGS 84) lski.txt – координати характерн. точок ліній стоку у проекції Universal Transverse Mercator (WGS 84) lsn – кількість характерних точок ліній стоку xys.txt – географ. координати геометричного центру дослідної ділянки у градусах xysM.txt – географ. координати геометр. центру дослідної ділянки у метрах (проекція Меркатора)
C:/OPT_VIN/IMP ORT/PTS.EXE	D:/BDV/PTS.MIF D:/BDV/PTS.MID D:/BDV/PTSi.MIF D:/BDV/PTSi.MID	D:/BDV/i/T XT/	PTSk.txt – географ. координати метеостанцій у градусах PTSik.txt – географ. координати метеостанцій у метрах (проекція Меркатора) PTSn.txt – кількість метеостанцій
C:/OPT_VIN/IMP ORT/PZ.EXE	D:/BDV/PZi.MIF D:/BDV/PTSi.MID	D:/BDV/i/T XT/	PZki – координати характерних точок земельних ділянок PZni – кількість координат характерних точок земельних ділянок
C:/OPT_VIN/WS/ WS.EXE	D:/BDV/i/WS/WS.TXT Всі файли папки TXT	D:/BDV/W S/	STj.MIF – координати та колір точок діагностичної мережі в залежності від значень суми активних температур STj.MID – значення сум активних температур в кожній точці діагностичної мережі LGSTj.MIF – легенда до картограми
C:/OPT_VIN/WS/ WSPT.EXE	D:/BDV/PTi.MIF D:/BDV/PTi.MID Всі файли папки TXT	D:/BDV/W S/	ST_T.MIF – координати та колір вибірк. точок в залежності від значень сум активних температур ST_T.MID – значення сум активних температур в кожній точці

Таблиця 2

Порівняння значень сум активних температур, розрахованих традиційним методом (Y) та за технологією OPT\_VIN (Y<sub>t</sub>)

№	Y	Y <sub>t</sub>	ΔY, °C	ΔY, %	№	Y	Y <sub>t</sub>	ΔY, °C	ΔY, %
1	4324	4336	-12	-0,3	16	4218	4181	37	0,9
2	4167	4203	-36	-0,9	17	4016	3960	56	1,4
3	4208	4271	-63	-1,5	18	4006	4044	-37	-0,9
4	4214	4106	107	2,5	19	4224	4134	90	2,1
5	4327	4267	60	1,4	20	4373	4340	33	0,8
6	4324	4265	59	1,4	21	4180	4187	-7	-0,2
7	4350	4299	51	1,2	22	4317	4303	14	0,3
8	4348	4297	52	1,2	23	4207	4118	89	2,1
9	4348	4297	52	1,2	24	4278	4198	81	1,9
10	4396	4414	-18	-0,4	25	4136	4040	96	2,3
11	4363	4286	77	1,8	26	3506	3488	18	0,5
12	4365	4465	-99	-2,3	27	3563	3594	-31	-0,9
13	4218	4304	-86	-2,0	28	4351	4341	10	0,2
14	4215	4201	13	0,3	29	4333	4345	-12	-0,3
15	4208	4135	73	1,7	30	4300	4217	83	1,9
Середня арифметична								52	0,6

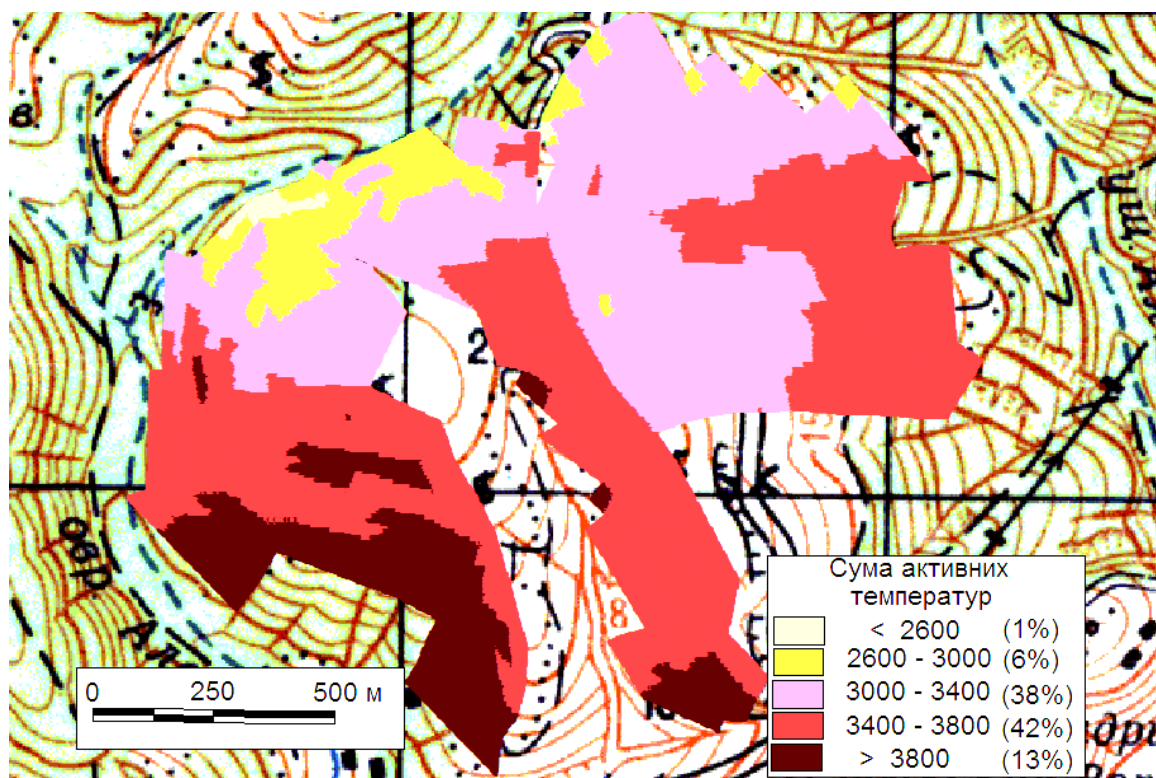


Рис. 2 – Суми активних температур, що розраховано з кроком 3 м для території під виноградниками поблизу м. Алушта АР Крим

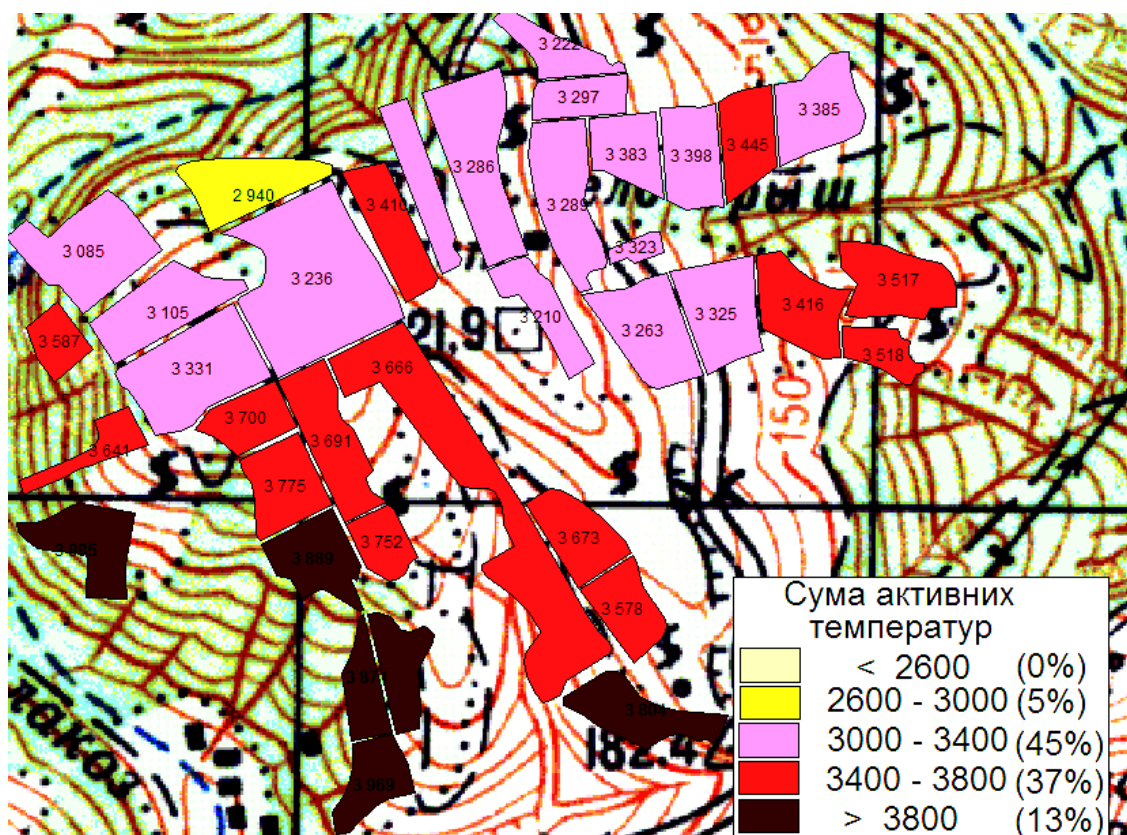


Рис. 3 – Суми активних температур, що розраховано з кроком 3 м та узагальнено для окремих полігонів виноградників (Передмістя Алушти АР Крим)

оптимізації сільськогосподарських культур у географічному просторі.

Картограми сум активних температур доцільно переносити до мобільних польових з метою їхнього використання в польових умовах (для моніторингу оптимального розміщення культур по відповідності їхніх екологічних вимог до суми активних температур). До таких ГІС, що використовують в польових умовах належать ArcPad, QGIS

for Android. На даний час, актуальною операційною системою у мобільних пристроях (GPS та планшетах) є Android. Польова ГІС повинна володіти такими якостями: підтримка растрових, векторних шарів та управління ними; можливість редагування векторних шарів; безкоштовність. Найбільш перспективною за функціональними можливостями є QGIS for Android.

### Висновки

Розроблено автоматизовану інформаційну систему підтримки агроєкологічної оптимізації розміщення виноградників на ускладненому рельєфі, що дозволяє проводити діагностику сум активних з будь-яким наперед заданим кроком просторової деталізації та узагальнено для окремих полігонів. Результати перевірки підтвердили просторову адекватність автоматизованих розрахунків порівняно з традиційними. Технологія OPT\_VIN відрізняється широкими можливостями диференційованого врахування параметрів рельєфу, простотою і зру-

чністю використання. Модульний принцип архітектури системи дозволяє практично безмежно розширювати її функціональні можливості в залежності від інформаційного забезпечення первинною інформацією та потреб користувачів. Перспективним для агроєкологічної оптимізації є подальше використання картограм сум активних температур та інших кліматичних показників, що залежать від рельєфу, в GPS та планшетних комп'ютерах на базі польових ГІС ArcPad та QGIS for Android.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Давитая Ф. Ф. Климатические зоны винограда в СССР [Текст] / Ф. Ф. Давитая. – М.: Пищепромиздат, 1948. – 192 с.
2. Виноградарство Северного Причерноморья: Монография [Текст] / Под. ред. Власова В. В. – Арциз: ФООП Петров О. С., 2009. – 232 с.
3. Иванченко В. И. Влияние экспозиции склона на виноградное растение в условиях Западного предгорно-приморского района АР Крым [Текст] / В. И. Иванченко, Е. А. Рыбалко // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. НИВиВ «Магарач». Том ХLI. Ялта, 2011. – С. 18-20.
4. Власова О. Ю. Ампліоекологічна оцінка рельєфу Тарутинського району Одеської області для проектування виноградників. / О. Ю. Власова, М. Б. Бузовська, Ю. Ю. Булаєва [та інш.], //Аграрний вісник Причорномор'я: Біологічні та сільськогосподарські науки. Випуск 51. 2009. [Електронний ресурс] – режим доступу: www.nbv.gov.ua.
5. Иванченко В. И. Оценка агроэкологических ресурсов Бахчисарайского района АР Крым применительно к культуре винограда [Текст] / В. И. Иванченко, Е. А. Рыбалко, Н. В. Баранова, Р. Г. Тимофеев // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. НИВиВ «Магарач». Том ХLIИ. Ялта, 2012. – С. 24-28.
6. Кондратьев К. Я. Радиационный режим наклонных поверхностей [Текст] / К. Я. Кондратьев, З. И. Пивоварова, М. П. Федорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 215 с.
7. Куценко М. В. Комп'ютерна технологія оцінки ерозійної небезпеки земель під виноградниками [Текст] / М. В. Куценко // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2009. – № 1(12). – С. 32 – 41.
8. Куценко М. В. Геосистемні основи регулювання ерозійно-аккумулятивних процесів: геоморфосистемний аспект: Монографія [Текст] / М. В. Куценко. – Х.: КП «Міська друкарня», 2012. – 320 с.
9. Софрони В. Е. Методы расчета температурных показателей и их использование в сельскохозяйственном производстве [Текст] / В. Е. Софрони, М. М. Энтензон // Почвы Молдавии и их использование в условиях интенсивного земледелия [Сборник статей] Отв. ред. И. А. Крупенников. Кишинев: Штиинца, 1978. – С. 42-49.
10. Иванченко, В. И. Оценка агроэкологических ресурсов местности в контексте эффективности размещения сортов винограда [Текст] / В. И. Иванченко, Р. Г. Тимофеев, Н. В. Баранова // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. НИВиВ «Магарач». Том XXXIX. Ялта, 2009. – С. 35-38.
11. Назарок, П. Г. Методологический подход к моделированию гидротермического режима почв в теплый период года [Текст] / П. Г. Назарок //Мат-лы IV Межд. научн. конф. «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах». – Белгород: Константа, 2010. – С. 483 – 488.

Надійшла до редколегії 30.04.2012





