

**Т.К. Костюкевич, О.В. Вольвач, к.геогр.н.**

*Одесский государственный экологический университет*

## **АГРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ**

*В работе выполнено физико-статистическое моделирование урожаев сахарной свеклы разного уровня на основе количественной оценки распределения радиационных ресурсов, а так же показателя влагообеспеченности на территории Одесской области. Определены коэффициенты благоприятности климата для возделывания сахарной свеклы и эффективности использования климатических ресурсов. Анализируются причины различий между потенциальной продуктивностью сахарной свеклы и ее производственными урожаями.*

**Ключевые слова:** сахарная свекла, потенциальная урожайность, радиационные ресурсы, фотосинтетически активная радиация, влагообеспеченность.

**Вступление.** Сахарная свекла принадлежит к наиболее высокопродуктивным сельскохозяйственным культурам, которые выращивают в средних широтах. Это одна из важнейших технических культур. В настоящее время более 40 % мирового количества сахара получают из её корнеплодов. В Украине сахарная свекла – единственный источник сырья для производства сахара. Кроме того, внедрение сахарной свеклы в сельское хозяйство способствует повышению общей культуры земледелия. При введении её в севооборот увеличивается глубина обработки почвы, что, в свою очередь, приводит к значительному повышению урожайности других культур севооборота, улучшает систему удобрения, а так же очищает поля от сорняков [1,2].

Урожайность сахарной свеклы колеблется в больших пределах – от 100 до 450 ц/га, в зависимости от периода посева и погодных условий конкретного года. В настоящее время одной из главных задач, которые стоят перед свекловодством, является повышение урожайности и улучшение качества (сахаристости) корнеплодов при любых погодных условиях. Необходимо повсеместно улучшать сорта сахарной свеклы, принимая во внимание, что важнейшим направлением повышения урожайности является правильное размещение этой культуры с учётом её биологических требований на территории Украины.

Решение практических задач по размещению сортов с учетом почвенно-климатических условий и выявление потенциальных возможностей климата с точки зрения продуктивности сельскохозяйственных культур требует исследования агроклиматических ресурсов территории.

**Материалы и методы исследований.** Развитию методов агрометеорологических прогнозов, как одной из наиболее эффективных форм обслуживания сельскохозяйственного производства, в настоящее время уделяется особое внимание. Всё большее признание получают агрометеорологические прогнозы урожая. Существует несколько методов для прогноза урожайности сахарной свеклы: метод О.М. Конторщиковой [3], Н.И. Михайловой [4], В.П. Дмитренко [5,6].

В последние годы широкое применение получила физико-статистическая модель продуктивности, разработанная Х. Г. Тоомингом [7]. Он ввел понятие эталонных урожаев,

предлагает рассматривать разные категории урожаев и производить их сравнительную оценку.

1. Урожай в производстве ( $Y_{П}$ ) получаемый по данным ежегодных статистических справочников.
2. Потенциальный урожай ( $Y_{ПТ}$ ).
3. Действительно возможный урожай ( $Y_{ДВ}$ ).

Потенциальный урожай – это величина урожая, которая обеспечивается приходом ФАР в конкретной местности при идеальных условиях в течение всего вегетационного периода рассматриваемой культуры. При этом урожай составляющей сухой фитомассы можно приближенно рассчитать на основании среднего за вегетационный период потенциального КПД

$$Y_{ПТ} = \frac{\eta_n \sum Q_{\Phi}}{q} K_{ХОЗ}, \quad (1)$$

где  $Y_{ПТ}$  – потенциальный урожай посева, ( $\text{кг}/\text{м}^2$ );  $\eta_n$  – коэффициент полезного действия посева, %;  $q$  – калорийность растений, ( $\text{МДж}/\text{кг}$ );  $\sum Q_{\Phi}$  – сумма фотосинтетически активной радиации за вегетационный период культуры, ( $\text{МДж}/\text{м}^2$ ).

В эту формулу введён  $K_{ХОЗ}$ , с помощью которого можно определить хозяйственно ценную часть урожая. Этот коэффициент зависит от сорта сельскохозяйственных культур и от агрометеорологических условий.

Действительно возможный урожай  $Y_{ДВ}$  – это урожай, который определяется значением  $Y_{ПТ}$  и лимитирующим действием метеорологических факторов на протяжении вегетации.  $Y_{ДВ}$  отличается от  $Y_{ПТ}$  тем больше, чем больше метеорологические факторы отличаются от оптимальных. Для территории с недостаточным увлажнением его рассчитывают по следующей формуле

$$Y_{ДВ} = Y_{ПТ} \frac{E}{E_0}, \quad (2)$$

где  $E$  – фактическое испарение, (мм);  $E_0$  – испаряемость, (мм).

Величина  $E/E_0$  характеризует влагообеспеченность конкретной культуры.

Значения  $E_0$  определены по формуле, предложенной А.М.Алпатьевым[8]

$$E_0 = K_6 \cdot \sum d, \quad (3)$$

где  $K_6$  – биологический коэффициент испарения, рассчитанный за вегетационный период;  $\sum d$  – сумма дефицитов влажности воздуха, рассчитанная за тот же период, (мм).

Расчёты  $E$  выполнены по уравнению водного баланса в виде

$$E = \sum r + (W_H - W_K) - f, \quad (4)$$

где  $\sum \Gamma$  – сумма осадков за вегетационный период, (мм);  $W_H$  и  $W_K$  - запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на начало и конец периода вегетации, (мм);  $f$  – поверхностный сток, (мм).

Достоинство метода эталонных урожаев заключается в том, что он позволяет выйти на агроклиматическую оценку продуктивности сельскохозяйственных культур применительно к территории разного масштаба с определением степени благоприятности климата и эффективности его использования.

**Результаты исследований и их анализ.** Солнечная радиация является энергией, которая используется для создания органического вещества в процессе фотосинтеза. Поэтому для характеристики радиационных ресурсов исследуемой территории необходимо определить величину сумм суммарной радиации  $\sum Q$  и фотосинтетически активной радиации  $\sum Q_{\phi}$ . Для получения массовых данных по  $\sum Q$  и  $\sum Q_{\phi}$  за тёплый период с температурой воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  применяется косвенный метод расчёта [10]. По пяти станциям Одесской области нами были получены результаты (табл.1). Проанализировав их, можно сделать следующие выводы. Даты весеннего перехода температуры воздуха через  $10^{\circ}\text{C}$  ( $D_B$ ) изменяются от 20 апреля до 23 апреля. Даты осеннего перехода ( $D_0$ ) соответственно от 11 ноября до 23 ноября. Продолжительность теплого периода ( $N_{\text{ТП}}$ ) в Одесской области увеличивается с севера на юг от 172 до 183 дней. В соответствии с распределением характеристик солнечной радиации изменяется и термический режим территории. А именно, суммы активных температур воздуха за тёплый период ( $\sum T_c > 10^{\circ}\text{C}$ ) соответственно возрастают в направлении с севера на юг от 2913 до 3224 $^{\circ}\text{C}$ . Суммарная радиация и ФАР также заметно возрастают с севера на юг. Так, в северном, относительно прохладном районе области (станция Любашевка) они составляют за тёплый период 3122 и 1563 мДж/м<sup>2</sup> соответственно. В южной части свеклосеющей зоны Одесской области (станция Одесса) приход сумм суммарной радиации и ФАР составляет соответственно 3304 и 1653 мДж/м<sup>2</sup>.

Таблица 1 - Радиационно-тепловые ресурсы тёплого периода по Одесской области

Станции	$D_B$	$D_0$	$N_{\text{ТП}}$ дни	$\sum T_c > 10^{\circ}\text{C}$	$\sum Q$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\sum Q_{\phi}$ , мДж/м <sup>2</sup>
Любашевка	22.04	11.10	172	2913	3122	1563
Затишье	21.04	13.10	175	3010	3179	1590
Сербка	20.04	15.10	178	3162	3267	1635
Раздельная	20.04	16.10	179	3148	3260	1631
Одесса	23.04	23.10	183	3224	3304	1653

В результате выполненной работы оказалось возможным дать количественную оценку потенциальных ( $U_{\text{ПТ}}$ ) и действительно возможных ( $U_{\text{ДВ}}$ ) урожаев сахарной свеклы по пяти станциям Одесской области (станции Любашевка, Затишье, Сербка, Раздельная, Одесса). Эти расчеты выполнены для равнинных земель при различных значениях КПД солнечной радиации ( $\eta$ ): 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3% по формулам (1) и (2).

Эффективность использования солнечной радиации посевами любой сельскохозяйственной культуры характеризуется величиной КПД, который определяется

отношением количества энергии, запасенной в продуктах фотосинтеза или образованной в фитомассе урожая, к количеству использованной радиации.

Калорийность или теплообразующая способность биомассы растений – это количество тепла, которое выделяется при сгорании 1 кг абсолютно сухой биомассы. В случае сахарной свеклы при сгорании 1 кг абсолютно сухой биомассы (корнеплод и ботва) выделяется 18,63 мДж/м<sup>2</sup> или 4447 ккал/кг.

Для получения количественной оценки хозяйственно-ценной части урожая сахарной свеклы в расчетные формулы введен соответствующий коэффициент  $K_{ХОЗ}$ , равный 0,7. Он характеризует долю основной продукции в общей биомассе. Так как потенциальный урожай в значительной степени зависит от распределения суммарной радиации и ФАР, а значения ФАР возрастают с севера на юг, то  $У_{ПТ}$  соответственно возрастает в этом же направлении (табл. 2).

Таблица 2 - Распределение потенциального ( $У_{ПТ}$ ) урожая сахарной свеклы в Одесской области

Станции	$\Sigma Q_{ФБ}$	$У_{ПТ}$ , ц/га при $\eta$ , %					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Любашевка	1383	260	520	780	1040	1300	1560
Затишье	1404	264	527	791	1055	1319	1583
Сербка	1449	272	544	816	1088	1360	1632
Раздельная	1439	270	541	811	1081	1351	1621
Одесса	1401	263	526	789	1052	1315	1578

Например, при КПД использования солнечной радиации в 1% на станции Любашевка, расположенной на севере области, потенциальный урожай равен 520 ц/га. На станции Сербка, расположенной в центре области,  $У_{ПТ}$  равен 544 ц/га, а на станции Одесса, которая характеризует южную часть исследуемой свеклосеющей территории, потенциальный урожай составляет 526 ц/га.

При КПД использования ФАР в 3 % потенциальный урожай сахарной свеклы на станции Любашевка составляет 1560 ц/га, на станции Сербка - 1632 ц/га, а на станции Одесса 1578 ц/га. Таким образом, диапазон различий в значениях потенциальных урожаев между пунктами, расположенными на севере области, и пунктами, представляющими ее южную часть, при КПД, равном 1%, 2%, 3% составляет соответственно 6 ц/га, 12 ц/га и 18 ц/га.

Количественно оценены действительно возможные урожаи сахарной свеклы (табл.3). Значения  $У_{дв}$  рассчитывались с учетом относительного показателя испарения на тех же станциях Одесской области. Средние многолетние значения ресурсов влаги вегетационного периода сахарной свеклы представлены в табл.4. Установлено, что  $У_{дв}$  уменьшается в направлении от северных станций к югу области.

При КПД использования ФАР равном 1%, 2%, 3%  $У_{дв}$  сахарной свеклы составляет на севере области (станция Любашевка) 208, 416 и 624 ц/га соответственно. В центральной части области (станция Сербка)  $У_{дв}$  оказывается меньше и не превышает 180, 360 и 540 ц/га. На юге (район станции Раздельная и Одесса)  $У_{дв}$  составляет 184 – 570 ц/га в зависимости от КПД.

Таблица 3 – Распределение действительно возможного ( $У_{дв}$ ) урожая сахарной свеклы в Одесской области

Станции	E/E <sub>0</sub>	У <sub>дв</sub> , ц/га при η, %					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Любашевка	0,40	104	208	312	416	520	624
Затишье	0,37	98	293	391	489	587	685
Сербка	0,33	90	180	270	360	450	540
Раздельная	0,35	95	190	285	380	475	570
Одесса	0,35	92	184	276	368	460	552

Таблица 4 - Средние многолетние показатели ресурсов влаги и влагообеспеченности вегетационного периода сахарной свеклы

Станции	Дата посева	Дата уборки	Сумма за период вегетации			E / E <sub>0</sub>
			осадков , мм	дефицитов, мм	E <sub>0</sub> , мм	
Любашевка	14.04	20.09	270	1392	905	0,40
Затишье	13.04	20.09	254	1433	931	0,37
Сербка	12.04	22.09	249	1616	1050	0,33
Раздельная	12.04	22.09	254	1503	976	0,35
Одесса	10.04	24.09	202	1264	822	0,35

Сравнение между собой урожаев действительно возможных и урожаев в производстве позволяет сделать следующее заключение. Разность ( $У_{дв} - У_{п}$ ) при КПД 1, 2 и 3 % составляет соответственно в северных районах 98, 110 и 318 ц/га. Недобор производственных урожаев по сравнению с урожаями действительно возможными при тех же значениях КПД составляет на юге свеклосеющей территории 50, 140 и 328 ц/га. Следовательно, на севере урожай производственный оказывается ближе к урожаям действительно возможным, чем на юге.

Также мы рассчитали по формуле (5) коэффициент эффективности использования погодных условий  $K_{э}$

$$K_{э} = \frac{У_{п}}{У_{дв}} . \quad (5)$$

Фактическое значение этого коэффициента (табл.5) характеризует существующий уровень и культуру растениеводства, а разность ( $У_{дв} - У_{п}$ ) показывает недобор урожая, выращенного в производстве от действительно возможного по климатическим условиям.

Отсюда следует вывод, что в настоящее время при выращивании сахарной свеклы в производственных условиях КПД по использованию солнечной радиации для формирования урожайности находится на уровне 1-1,5 %. Следовательно, имеется громадный резерв для получения более высоких урожаев корнеплодов сахарной свеклы в соответствии с биоклиматическим потенциалом территории Одесской области. Вполне возможно повышение КПД использования ФАР посевами до 2% за счет введения

засухоустойчивых сортов и гибридов, совершенствования технологии возделывания и введения на сельскохозяйственных полях орошения.

Таблица 5 - Количественная оценка степени благоприятности климата и эффективности его использования для получения урожая сахарной свеклы (ц/га) в Одесской области

Станции	У <sub>ПВ</sub>	(У <sub>ПТ</sub> – У <sub>ДВ</sub> ) при η, %			(У <sub>ДВ</sub> – У <sub>П</sub> ) при η, %			К <sub>Э</sub> при η, %		
		1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0
Любашевка	306	312	624	936	98	110	318	1,47	0,74	0,49
Затишье	258	332	665	998	63	132	327	1,32	0,66	0,44
Раздельная	239	352	702	1054	50	140	328	1,26	0,63	0,42

**Выводы.** Так как потенциальный урожай в значительной степени зависит от распределения суммарной радиации и ФАР, а значения ФАР возрастают с севера на юг, то У<sub>ПТ</sub> соответственно возрастает в этом же направлении.

При КПД использования солнечной радиации 1 % на станции Любашевка, расположенной на севере области, потенциальный урожай равен 520 ц/га, а на станции Одесса, которая характеризует южную часть исследуемой свеклосеющей территории, потенциальный урожай составляет 526 ц/га. При КПД использования солнечной радиации 3 % потенциальный урожай сахарной свеклы на станции Любашевка составляет 1560 ц/га, а на станции Одесса 1578 ц/га. Таким образом, диапазон различий в значениях потенциальных урожаев между пунктами, расположенными на севере области и пунктами, представляющими ее южную часть, при КПД, равном 1 %, 2 %, 3 % составляет соответственно 6 ц/га, 12 ц/га и 18 ц/га.

Количественно оценены действительно возможные урожаи сахарной свеклы с учетом относительного показателя испарения на тех же станциях Одесской области. Установлено, что У<sub>ДВ</sub> уменьшается в направлении от северных станций к югу области. В районе станции Одесса и Раздельная наблюдаются более засушливые условия. При КПД использования ФАР равном 1 %, 2 %, 3 % У<sub>ДВ</sub> сахарной свеклы составляет на севере области (станция Любашевка) 208, 416 и 624 ц/га соответственно. На юге (район станции Раздельная и Одесса) У<sub>ДВ</sub> составляет 184-570 ц/га, в зависимости от КПД.

Сравнение между собой урожаев действительно возможных и урожаев в производстве позволяет сделать следующее заключение. Разность (У<sub>ДВ</sub> – У<sub>П</sub>) при КПД 1, 2, 3 % составляет соответственно в северных районах 98, 110 и 318 ц/га. Недобор производственных урожаев по сравнению с урожаями действительно возможными при тех же значениях КПД составляет на юге свеклосеющей территории 50, 140 и 328 ц/га. Следовательно, на севере урожай производственный оказывается ближе к урожаям действительно возможным, чем на юге.

Рассчитана разность (У<sub>ДВ</sub> – У<sub>П</sub>), показывающая недобор урожая, выращенного в производстве, от действительно возможного по климатическим условиям.

Можно сказать, что в настоящее время при выращивании сахарной свеклы в производственных условиях КПД использования солнечной радиации для формирования урожайности находится на уровне 1-1,5 %. Следовательно, имеется громадный резерв для получения более высоких урожаев корнеплодов сахарной свеклы в соответствии с биоклиматическим потенциалом территории Одесской области.

### Список литературы

1. Бузанов И.Ф. и др. Сахарная свекла. – М.: Сельхозиздат, - 1963. – 215с.
2. Якушин И.В. Сахарная свекла. - М.:Сельхозиздат, 1953.-325с
3. Конторщикова О.М. Методические указания по составлению прогноза урожайности сахарной свеклы.М.: Гидрометеоздат, 1982. – 24с.
4. Михайлова Н.И. Методика прогноза средней областной урожайности сахарной свеклы. // Тр. УкрНИИ, 1978, вып.164, с.90-96.
5. Дмитренко В.П. Математическая модель урожайности сельскохозяйственных культур. // Тр. УкрНИИ, - 1973, - вып.122.- с.3-13
6. Перелёт Н.А., Тимошенко Г.Л. О методе прогноза средней областной урожайности и валового сбора сахарной свеклы // Тр. УкрНИИ, - 1985, - вып.213, - с.51-56.
7. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 200с
8. Алтапьев А.М. Влагодобороты в природе и их преобразования.- Л.: Гидрометеоздат, 1969.- 324 с.
9. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В.,Ляхова С.В. Взаимосвязь агроклиматических показателей радиационно-световых ресурсов на Украине.Киев:Деп. ГНТБ Украина №1110,1994.

#### **Агрокліматична оцінка продуктивності цукрового буряка в Одеській області. Костюкевич Т.К., Вольвач О.В.**

*У праці виконано фізико-статистичне моделювання врожаю цукрового буряку різного рівня на основі кількісної оцінки розподілу радіаційних ресурсів, а також показника вологозабезпечення на території Одеської області. Визначені коефіцієнти сприятливості клімату для обробки цукрового буряку та ефективності використання кліматичних ресурсів. Аналізуються причини різниць між потенційною продуктивністю цукрового буряку та його виробничими врожаєми.*

**Ключові слова:** цукровий буряк, потенційна врожайність, радіаційні ресурси, фотосинтетично активна радіація, вологозабезпеченість.

#### **Agroclimatic estimation of sugar beet productivity in the Odessa region. T. Kostyukevich, O. Volvach**

*In the work it was fulfilled physical statistical modeling of sugar beet crops of different level on the basis of quantity estimation of the distribution of radiation resources and also of the index of provision by moisture on the territory of the Odessa region. The coefficient of climatic favorability for cultivation of sugar beet and effectiveness of use of climatic resources were defined. The reasons of differences between potential productivity of sugar beet and its real crops are analyzed.*

**Keywords:** sugar beet, potential productivity of the crops, radiation resources, photosynthetic active radiation, provision by moisture.