

*І. С. НАГОРСКИ, Л. У. МІСУН*

## **ЭНЕРГЕТЫЧНЫ АНАЛІЗ ПРАМЫСЛОВАЙ ТЭХНАЛОГІІ ВЫРОШЧВАННЯ БУЙНАПЛОДНЫХ ЖУРАВІНАУ ВА УМОВАХ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ**

У пошуках магчымасцяў стабілізацыі рэсурсаў ягад дзеля задавальнення ўзрастаючых патрэбаў народнай гаспадаркі Рэспублікі Беларусь у прадуктах іх перапрацоўкі вызначыўся рэальны і эфектыўны шлях — вырошчванне культураў на прамысловай тэхналогіі. Гэтаму садзейнічала прынятая ў 1986 г. Пастанова ўрада рэспублікі «Аб арганізацыі ў Беларускай ССР прамысловай вытворчасці буйнаплодных журавінаў», якая з'явілася асновай для развіцця прамысловага журавінаводства з перспектывай ператварэння яго ў самастойную рэнтабельную галіну раслінаводства. Развіццё гэтага накірунку мае і важнае сацыяльнае значэнне: у пладах буйнаплодных журавінаў акрамя наяўнасці багатага комплексу біялагічна актыўных злучэнняў, вітамінаў, шэрагу кіслотаў, макра- і мікраэлементаў, змяшчаецца вялікая колькасць пекціну, валодаючага ахоўнымі ўласцівасцямі ў дачыненні да радыеактыўных металаў і ўтвараючага з імі\* (стронцыем, цэзіем, свінцом і інш.) злучэнні, якія не перастраўліваюцца і выводзяцца з арганізма чалавека [1], што асабліва актуальна для насельніцтва Беларусі пасля аварыі на Чарнобыльскай АЭС.

Распрацоўцы тэхналогіі (у тым ліку сродкаў механізацыі) для вырошчвання буйнаплодных журавінаў ва ўмовах Рэспублікі Беларусь,

якая не мае аналагаў у айчынай і еўрапейскай практыцы ягаводства, папярэднічалі спецыяльныя даследаванні БелМДС замежных узораў машын. У выніку толькі для чатырох машын з 13 (касілкі, хедараў для абразання гарызантальных парасткаў і ўборачнага, а таксама грабляў для расчэсвання расліннасці) было рэкамендавана ўзнавіць канструкцыю з выкарыстаннем прагрэсіўных яе элементаў і кампановачнай схемы.

У цяперашні час агульная плошча наяўных і ствараемых журавінавых чэкаў у Беларусі складае 418 га (адпаведна 108 і 310 га), а прамысловая плантацыя сумеснага беларуска-германскага прадпрыемства «Журавушка» ў Пінскім раёне, дзе для вырошчвання журавінаў выкарыстоўваецца як айчынная тэхніка (НВА «Белсельгасмеханізацыя»), так і амерыканскія машыны, з'яўляецца самай буйной у Еўропе.

Улічваючы фактар адсутнасці распрацовак такога накірунку, мэтай энергетычнага аналізу працэсаў прамысловага вырошчвання буйнаплодных журавінаў і тэхналогіі наогул з'яўляецца абгрунтаванне зыходнай базы для наступнага яе параўнання па энергетычных крытэрыях, удасканалвання шляхам стварэння і выкарыстання болей эканамічных і прадукцыйных агрэгатаў.

Спачатку вызначаліся параметры асноўных рэсурсаў шляхам падсумоўвання іх па кожным тэхналагічным працэсе ў разліку на адзінку аб'ёму работы ад 1-га да 6-га гадоў уключна (да атрымання запланаванай ураджайнасці). Разлікі затратаў энерганосьбітаў, металу, скарыстанага ў сродках механізацыі, выдаткавання ўгнаенняў, пестыцыдаў, пасадачнага матэрыялу і іншай сыравіны, а таксама затратаў на эксплуатацыю збудаванняў для выканання вытворчых працэсаў (захоўвання ўгнаенняў і пестыцыдаў, падачы вады на плантацыю, сартавання ягад і да т. п.), долі жывой працы, непасрэдна затрачанай на вытворчасць адзінкі прадукцыі, рабілі па методыцы, прапанаванай Севярнёвым [2]. Неабходныя для разлікаў даныя бралі з даведчнага матэрыялу да тэхналагічных картаў [3] і дадаткаў [2]. Удзельныя затраты ў цэлым па тэхналогіі разлічваліся падсумоўваннем удзельных затратаў на выкананне тэхналагічных працэсаў па гадах вырошчвання за пачатковы (шасцігадовы) перыяд. Затраты рэсурсаў на адзінку прадукцыі вызначалі дзяленнем удзельных затратаў на ўраджайнасць ягад.

Аналіз атрыманых вынікаў (табл. 1) паказвае, што ў сярэднім за першыя шэсць гадоў вырошчвання буйнаплодных журавінаў (да дасягнення запланаванай ураджайнасці) на вытворчасць 1 т ягад неабходна выдаткаваць 151,5 кг чаранкоў (прычым гэтыя затраты прыпадаюць на першы год), 19,9 чал.-гадз (для параўнання: у раслінаводстве на 1 га ворнай зямлі ў сярэднім затрачваецца 30,4 чал.-гадз за год), унесці 89 кг мінеральных угнаенняў. Выдаткі паліва і электраэнергіі складаюць адпаведна 27,3 кг і 61,8 кВт·гадз, а металу, змешчанага ў сродках механізацыі, 11,4 кг на 1 т сабранай прадукцыі.

У наступныя гады (7—20-ы) затраты рэсурсаў на адзінку прадукцыі не перавышаюць узровень шостага года. Гэта тлумачыцца пэўным паямянненнем колькасці аперацый па доглядзе раслінаў і ростам ураджайнасці культуры.

Поўная энергаёмкасць ( $\Theta_{\Sigma}$ ) прамысловай вытворчасці 1 т ягад вызначалася з выразу

$$\Theta_{\Sigma} = \frac{1}{u} (\Sigma \Theta_{\text{пр. } j} + \Sigma \Theta_{\text{а. } j}), \quad (1)$$

дзе  $\Theta_{\text{пр. } j}$  — прамыя удзельныя затраты энергіі на выкананне  $j$ -га тэхналагічнага працэсу, МДж/га;  $\Theta_{\text{а. } j}$  — удзельныя затраты энергіі, арэчаўленыя пры вытворчасці энерганосьбітаў і іншых рэсурсаў, МДж/га;  $u$  — ураджайнасць культуры, т/га;

Табліца 1. Затраты асноўных відаў рэсурсаў на вытворчасць ягад буйнаплодных журавінаў

Год вырошчвання	Ураджайнасьць, т/га	Затраты рэсурсаў (у разліку на 1 га/1 т)										Працоўныя затраты, чал.-гадз	
		аўтатрактарнае паліва, кг		электрычная энергія, кВт/гадз	метал, кг	мінеральныя ўгнаенні, кг	пестыцыды, кг	чаранкі, кг	пясок, кг	збудаванні, м <sup>2</sup>	механізатараў	падсобных рабочых	
		бензін	дызпаліва										
Першы	—	2,60/—	58,8/—	939,9/—	37,3/—	1943/—	20,5/—	3000/—	—	0,68	32,4/—	8,4/—	
Другі	—	0,81/—	173,3/—	779,9/—	56,8/—	1612/—	20,5/—	—	320/—	0,68	33,2/—	2,4/—	
Трэці	—	0,21/—	5,0/—	379,9/—	2,6/—	412/—	20,5/—	—	—	0,68	6,2/—	0,8/—	
Чацвёрты	2	5,14/2,57	20,31/101,55	496,3/248,2	72,7/36,4	412/206	27,0/13,5	—	320/160	0,93	49,6/24,6	37,7/18,9	
Пяты	8	10,50/1,31	219,4/27,43	588,9/73,6	96,6/12,1	412/51,5	27,0/3,3	—	320/40	0,93	64,2/8,0	56,1/7,0	
Шосты	10	20,5/2,05	252,6/25,25	617,8/61,8	113,8/11,4	412/41,2	27,0/2,7	—	320/32	0,93	76,6/7,7	69,1/6,9	
Усяго за першыя 6 гадоў	20	39,70	912,0	3802,6	380,0	5203	142,5	3000	1280	4,83	262,0	175,9	
У сярэднім за першыя 6 гадоў	3,3	6,60/1,80	152,0/41,50	633,6/172,9	63,3/17,3	867,2/89,0	23,7/5,9	500/151,5	213,3/70,3	0,81	43,7/11,9	29,2/8,0	

$$\mathcal{E}_{\text{пр.}j} - \sum_{k,j} e_k, \quad (2)$$

дзе  $\mathcal{E}_{k,j}$  — затраты энерганосьбітаў пры выкананні  $j$ -га тэхналагічнага працэсу, кг/га, кВт·гадз/га;  $e_k$  — энергазмяшчэнне  $k$ -га энерганосьбіта, МДж/кВт·гадз, МДж/кг.

Удзельныя затраты энергіі, арэчаўленыя пры вытворчасці энерганосьбітаў і іншых рэсурсаў  $\mathcal{E}_{a,j}$ , вызначаюцца наступным чынам [2]:

$$\mathcal{E}_{a,j} = \mathcal{E}_{a.a,j} + \mathcal{E}_{m,j} + \mathcal{E}_{y,j} + \mathcal{E}_{z,j}, \quad (3)$$

дзе  $\mathcal{E}_{a.a,j}$  — удзельныя затраты энергіі, арэчаўленыя ў энерганосьбітах (энергаёмістасць), МДж/га;  $\mathcal{E}_{m,j}$  — удзельныя затраты энергіі, арэчаўленыя ў сродках механізацыі, МДж/га;  $\mathcal{E}_{y,j}$  — энергаёмістасць мінеральных угнаенняў, пестыцыдаў, чаранкоў і да т. п., МДж/га;  $\mathcal{E}_{z,j}$  — энергаёмістасць збудаванняў, неабходных для забеспячэння тэхналагічных працэсаў, МДж/га.

Велічыні складовых  $\mathcal{E}_{a,j}$  вызначалі па вядомых формулах [2], атрыманая вынікі па гадах вырошчвання пададзены ў табл. 2.

Поўная энергаёмістасць  $j$ -га працэсу вызначалася падсумоўваннем энергаёмістасці матэрыяльных рэсурсаў і прамых удзельных затратаў энергіі на выкананне гэтага працэсу.

Энергаёмістасць затраты жывой працы (працоўных рэсурсаў), неабходнай для выканання  $j$ -га працэсу:

$$\mathcal{E}_{ж,j} = \sum_t \frac{N_{tj}}{\bar{w}_j} \alpha_t, \quad (4)$$

дзе  $N_{tj}$  — колькасць работнікаў  $t$ -й катэгорыі, якія выконваюць  $j$ -ы тэхпрацэс, чал.;  $\bar{w}_j$  — прадукцыйнасць агрэгата, га/гадз;  $\alpha_t$  — энергетычны эквівалент жывой працы, МДж/чал.·гадз [2].

Такім чынам, мы атрымалі зыходныя даныя (табл. 2) для параўнання па энергетычных крытэрыях айчынай прамысловай тэхналогіі вытворчасці ягад буйнаплодных журавінаў. Калі супаставіць іх па гадах вырошчвання, то некалькі большая велічыня энергаёмістасці прамых затратаў працы і поўнай энергаёмістасці працэсу за першы год тлумачыцца выкананнем у гэтым адрэзку часу аперацый пасадкі чаранкоў. Павелічэнне энергазатратаў за 4—6-ы гады вырошчвання мае сувязь з планавым з'яўленнем аперацый працэсу ўборкі ягад. Пры прайвыльным і своечасовым выкананні тэхналагічных працэсаў ураджайнасць ягад з сямі—дзесяцігадовых плантацый можа дасягаць 12—17 т/га, што адбіваецца на зніжэнні поўнай энергаёмістасці прадукцыі. Адзначым таксама, што за мяжой з асобных чэкаў збіраюць 40 т ягад і болей з 1 га, а энергетычныя запасы 1 т журавінаў складаюць 5234 кДж [4], і гэта пры вялікай колькасці іншых важных для здароўя людзей бялагічных элементаў і вітамінаў.

Як адзначалася вышэй, толькі чатыры машыны пасля выпрабаванняў БелМДС рэкамендаваны да вытворчасці і выкарыстання ва ўмовах Рэспублікі Беларусь. І замежная і распрацаваная айчынная тэхніка выкарыстоўваецца ў вытворчых умовах, на плантацыях СП «Журавушка» ў Пінскім, эксперыментальнай базе «Журавінка» ў Ганцавіцкім раёнах. Для параўнання разлічым энергаёмістасць выканання наступных аперацый: догляду (скошвання і здрабнення пустазелля; абразання, расчэсвання і зграбання гарызантальных парасткаў) і ўборкі ягад (на вадзе). Зыходныя даныя для разліку пададзены ў табл. 3.

У якасці крытэрыяў энергетычнай эфектыўнасці выканання аперацый выкарыстоўваліся каэфіцыенты энергазатратаў ( $K_3$ ) і ўзровень інтэнсіфікацыі  $I_3$ , якія вызначаліся з выказаў [2]:

$$K_{3,j} = \mathcal{E}_{\text{пр}} / \mathcal{E}_j, \quad (5)$$

$$I_{3,j} = (1 - K_{3,j}) 100\%, \quad (6)$$

Табліца 2. Абгрунтаванне зыходнай базы для параўнання па энергетычных крытэрыях айчынай прамысловай тэхналогіі вытворчасці ягад буйнаплодных журавінаў

Год вырошчвання	Ураджай-насць, т/га	Колькасць аперацый (усяго)	Затраты, МДж/га							
			прамыя энергызатраты	удзельныя энергызатраты, арэчаўленыя ў энерганосьбітах	энергаёміскасць сродкаў механізацыі	энергаёміскасць угнаенняў, пестыцыдаў і іншай сыравіны	энергаёміскасць збудаванняў	поўная энергаёміскасць	энергаёміскасць прамых затратаў працы	поўная энергаёміскасць прадукцыі, МДж/т
Першы	—	68	6008,5	7570,5	3991,1	66149,4	3019,2	86738,7	48,4	—
Другі	—	58	10243,1	7512,7	6077,5	60721,5	3019,2	87573,5	44,0	—
Трэці	—	29	1590,3	2863,5	278,2	41041,0	3019,2	48792,2	8,5	—
Чацвёрты	2	60	2879,4	3929,6	7779,9	9941,8	4129,2	28659,9	96,4	14329,9
Пяты	8	60	11949,3	6662,3	10335,2	9941,8	4129,2	43017,9	141,4	5377,2
Шосты	10	59	13910,0	7313,0	12175,6	9941,8	4129,2	47469,5	159,7	4746,9
У сярэднім за першыя 6 гадоў	(планава)	—	7763,4	5975,3	6772,9	32956,1	3574,2	57042,1	498,4	—
Сёмы — дваццаты	3,3	59	13910,0	7313,0	12175,6	9941,8	4129,2	47469,5	83,1	3164,6

Таблиця 3. Данія для параўнальнай энергаацэнкі некаторых аперацый прамысловай тэхналогіі вытворчасці ягад буйнаплодных журавінаў [3, 5, 6]

Паказчык	Аперацыі па доглядзе плантацыяў						Уборка (на вадзе)	
	зразанне і здрабненне пустазеля		абразанне гарызантальных парасткаў		расчэсванне і зграбанне парасткаў		базавы варыянт	новы варыянт
	базавы варыянт	новы варыянт	базавы варыянт	новы варыянт	базавы варыянт	новы варыянт		
Ураджайнасць, т/га	10	10	10	10	10	10	10	10
Склад агрэгата	«Богтрак» (ЗША) + сілка ротарная (ЗША)	МТЗ-220 + сілка ротарная (НВА «Белсельгасмеханізацыя»)	«Богтрак» (ЗША) + хедар для абразання парасткаў (ЗША)	МТЗ-220 + хедар для рэзкі парасткаў (НВА «Белсельгасмеханізацыя»)	«Богтрак» (ЗША) + граблі (ЗША)	МТЗ-220 + граблі (НВА «Белсельгасмеханізацыя»)	«Богтрак» (ЗША) + уборачны хедар (ЗША)	МТЗ-220 + уборачны хедар (НВА «Белсельгасмеханізацыя»)
Прадукцыйнасць, га/гадз	0,35	0,51	0,60	0,50	0,41	0,50	0,28	0,52
Выдаткі паліва, кг/га	13,7	8,6	9,0	8,8	11,7	10,7	17,4	8,5
Маса, кг:								
трактара	700	1100	700	1100	700	1100	700	1100
машыны	200	250	320	240	60	120	170	180
Гадавая загрузка, гадз:								
трактара	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
машыны	300	300	50	50	160	160	140	140

Таблиця 4. Вьнікі разлику енергаємiстасцi i ефектyнасцi двох варьянтаў выканання пекаторых апераций прамысловай тэхналогii вьтворчасцi ягад буйнаплодных журавiнаў

Затраты	Зразанне i здрабненне пустазелля				Абразанне гарызантальных парасткаў				Расчэсванне i зграбванне парасткаў				Уборка ягад (на вадзе)			
	па варьянтах, МДж/га		каэфiцыент энергазатратаў $K_Э$	узровень iн-тэнсiфикацыi $I_Э, \%$	па варьянтах, МДж/га		каэфiцыент энергазатратаў $K_Э$	узровень iн-тэнсiфикацыi $I_Э, \%$	па варьянтах, МДж/га		каэфiцыент энергазатратаў $K_Э$	узровень iн-тэнсiфикацыi $I_Э, \%$	па варьянтах, МДж/га		каэфiцыент энергазатратаў $K_Э$	узровень iн-тэнсiфикацыi $I_Э, \%$
	базавы	новы			базавы	новы			базавы	новы			базавы	новы		
Прамыя энсргазатраты	614,6	367,2	0,60	40	395,1	375,8	0,95	5	513,6	456,9	0,89	11	763,9	362,9	0,47	53
Энергазатраты, арэчаўленныя ў палiве	147,0	86,0	0,58	42	94,5	88,0	0,93	7	122,8	88,0	0,72	28	182,7	85,0	0,46	54
Энергазатраты сродкаў механiзацыi	112,5	109,6	0,97	3	303,4	267,0	0,88	12	73,4	102,5	1,39	—	170,3	117,7	0,69	31
Поўная энергаємiстасць	871,1	562,8	0,64	36	793,0	730,8	0,92	8	718,6	647,4	0,90	10	1116,9	565,5	0,51	49
Энергаємiстасць прамых затратаў працы	3,6	2,5	0,69	31	2,1	2,5	1,19	—	3,1	2,5	0,81	19	4,5	2,4	0,53	47

дзе  $\mathcal{E}_{\text{и}}$  і  $\mathcal{E}_{\text{б}}$  — велічыні поўнай энергаёмістасці  $j$ -й аперацыі адпаведна новага і базавага варыянтаў.

З табл. 4 відаць, што каэфіцыент энергазатратаў і ўзровень інтэнсіфікацыі, напрыклад аперацыі ўборкі ягад на вадзе, складаюць 0,51 і 49% адпаведна. Высокія велічыні паказчыкаў атрыманы ў першую чаргу за кошт больш сучаснай новай канструкцыі хедара, якая дазваляе павысіць прадукцыйнасць і якасць уборкі.

Высока ацэньваюць работу агрэгата і работнікі вытворчасці, у тым ліку амерыканскія спецыялісты. Супастаўляючы велічыні кожнай са складовых поўнай энергаёмістасці новага і базавага варыянтаў аперацыі ўборкі, можна вызначыць чыстыя каэфіцыенты энергазатратаў (табл. 4). Так, эканомія паліва складае 53%, металу — 31, затратаў жывой працы — 47%.

Для аналізу тэхналогіі на «экалагічную чысціню» выкарыстоўваўся выраз [2]

$$K_{\text{э.ч}} = \frac{\mathcal{E}_{\Sigma}}{\mathcal{E}_{\Sigma} - \mathcal{E}_{\text{а.ч}}}, \quad (7)$$

дзе  $K_{\text{э.ч}}$  — каэфіцыент экалагічнай чысціні тэхналогіі;  $\mathcal{E}_{\Sigma}$  — поўная энергаёмістасць тэхналагічных працэсаў, МДж/га;  $\mathcal{E}_{\text{а.ч}}$  — затраты па ліквідацыі наступстваў забруджвання навакольнага асяроддзя, МДж/га.

У тэхналогіі прадугледжаны ахоўныя варыянты, якія прадухіляюць забруджванне навакольнага асяроддзя. Акрамя таго, сістэма тэхналагічных мерапрыемстваў па рэгуляванні водна-паветранага рэжыму глебы, затратная частка якіх улічваецца пры вызначэнні поўнай энергаёмістасці працэсаў, адпавядае патрэбам раслінаў, садзейнічае інтэнсіфікацыі іх росту і развіцця, атрыманню экалагічна чыстага прадукту. З гэтай прычыны велічынёй  $\mathcal{E}_{\text{а.ч}}$  можна пагрэбаваць, у выніку чаго атрымаем каэфіцыент экалагічнай чысціні, блізкі да адзінкі, а гэта сведчыць, што поўныя энергазатраты на атрыманне чыстай прадукцыі не павялічваюцца.

Праведзены аналіз дазволіў вызначыць, што павыя канструкцыі машын забяспечваюць зніжэнне поўнай энергаёмістасці на 28% пры эканоміі 33% паліва, 5% металу і 25% затратаў жывой працы, пры гэтым найлепшыя паказчыкі адзначаны пры выкарыстанні касілка і ўборачнага хедара, на якія ў сваю чаргу атрыманы станоўчае рашэнне па заяўцы [7] і аўтарскае пасведчанне на вынаходку [8].

## Summary

The results obtained and the substantiation of the initial base for comparing, by the power-intensive criteria, the domestic technology of producing cranberries of big size will facilitate to reveal the energy-intensive operations as well as to avoid the introduction of the power-material consuming technologies and techniques into the cranberry growing industry.

## Літаратура

1. Сидорович Е. А. и др. Клюква крупноплодная в Белоруссии. Мн., 1987.
2. Севернев М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. Мн., 1994.
3. Технологи́я промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Сидорович Е. А., Рубан Н. Н., Шерстеникина А. В. и др. Мн., 1992.
4. Cranberry production in the pacific northwest. A pacific northwest extension publication Washington; Oregon; Idaho. 1984.
5. Протокол № 7-48-61-87С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях. Западная МИС, 1987.
6. Протокол № 7-43-46-88С специальных испытаний комплекса импортных машин для возделывания клюквы крупноплодной на промышленных плантациях и послуборочная обработка. Западная МИС, 1988.
7. Положительное решение по заявке № 5007933 от 11.11.93 г.
8. А. с. 1706443 (СССР) // Бюл. изобрет. 1992. № 3.