

*В. В. КОНЧЫЦ, С. І. ДАКУЧАЕВА, Н. Н. СТАЛОВІЧ,  
В. С. БАШУНОУ, Ю. А. СОБАЛЕУ*

## **ПРА СТЫМУЛЯЦЫЮ РОСТУ БІЯМАСЫ ПЛАНКТОННАГА РАЧКА *DAPHNIA MAGNA STR.* СКАНІРУЮЧЫМ ЛАЗЕРНЫМ ВЫПРАМЕНЬВАННЕМ**

Шматлікімі даследаваннямі за апошнія гады пацверджана высокая біялагічная актыўнасць нізкаінтэнсіўнага лазернага выпраменьвання. З гэтай прычыны Беларускаім навукова-даследчым і праектна-канструктарскім інстытутам рыбнай гаспадаркі Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь сумесна з Акадэмічным навуковым комплексам «Інстытут цепла- і масаабмену імя А. В. Лыкава» Акадэміі навук Рэспублікі Беларусь з 1991 г. праводзяцца даследаванні ўплыву лазерных уздзеянняў на галінаставусых планктонных рачкоў з мэтай пошуку новых і інтэнсіфікацыі вядомых спосабаў гадавання жывых кармоў, прызначаных для падгадоўвання малявак карпавых і іншых відаў рыб, а таксама для павелічэння прыроднай кармавой базы рыбаводных сажалак.

Паколькі ёмістасці для гадавання такіх кармоў (рачкі дафнія магна і маіна макракопа) маюць значныя памеры, а кошт шырокаапертурных аптычных сістэм надзвычай высокі, то для апраменьвання аб'ектаў даследавання выкарыстоўваліся толькі сканіруючыя лазерныя пучкі. У гэтым артыкуле пададзены вынікі эксперыментаў па ацэнцы ўплыву параметраў такога ўздзеяння сканіруючым чырвоным святлом кагерэнтнай

монахраматычнай крыніцы — гелій-неонавага аптычнага квантавага генератора на ефектыўнасць стымуляцыі росту планктоннага рачка дафнія магна.

У нашых эксперыментах выкарыстоўвалася лазерная сістэма на базе гелій-неонавага лазера ЛГ-78 (даўжыня хвалі выпраменьвання — 633 нм, магутнасць выпраменьвання — 2 мВт, разыходнасць — 0,5 ммм). У гэтай сістэме быў выкарыстаны якасны аптычны расшыральнік пучка выпраменьвання лазера ад імпульснай галаграфічнай устаноўкі УИГ-1М-И, які забяспечвае добрую восевую сіметрыю пучка і раўнамернасць шчыльнасці магутнасці апрамянення ў пляме апраменьвання.

У доследах выкарыстоўвалася сінхронная аднаўзростава культура дафніі. Стартавыя шчыльнасці пасадкі рачка ў доследзе і ў кантролі былі аднолькавыя. Ацэнка ўплыву лазернага апраменьвання на рэпрадуктыўныя якасці дафніі магны рабілася па рэгіструемых у доследзе велічынях біямасы, а таксама сярэднясутачнай прадукцыйнасці рачка ў працэсе культывавання дафніі:

Былі праведзены дзве серыі доследаў па тры варыянты ў кожнай з трохразовай паўторнасцю. Доследы ў першай серыі адбываліся ў цыліндрычных шклянках акварыумах аб'ёмам  $V_1 = 5$  л (унутраны дыяметр  $D_1 = 17,2$  см, вышыня слупа вады  $H_1 = 21,5$  см,  $S_1 = D_1 H_1 = 370,3$  см<sup>2</sup>) пры пачатковай шчыльнасці біямасы матачнай культуры дафніі 0,24 мг/л, у другой — у акварыумах аб'ёмам  $V_2 = 1$  л ( $D_2 = 9,8$  см,  $H_2 = 13,3$  см) пры пачатковай шчыльнасці біямасы матачнай культуры дафніі 40 мг/л.

У абедзвюх серыях доследаў акварыумы запаўняліся адстоенай вадаправоднай вадой, падагрэтай да  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . У кожны акварыум уносілі пасту хларэлы ў канцэнтрацыі 1,3—3,7 млн кл/мл. Туды ж змяшчалі матачную культуру дафніі пры адзначаных вышэй велічынях шчыльнасці пасадкі, і пасля гэтага праводзілася яе лазернае апраменьванне.

Пры апраменьванні акварыумаў выкарыстоўвалася растравае сканіраванне з хуткасцямі парадку 100 см<sup>2</sup>/с і з перамяшчэннем лазернага пучка прыкладна на дыяметр плямы пры праходжанні чарговага радка растра, роўнай плошчы прамавугольніка з бакамі: дыяметр акварыума —  $D_i$ , вышыня слупа вады ў акварыуме —  $H_i$ , дзе  $i$  — нумар серыі доследаў.

Адлегласць  $l$  ад выхаднога зрэзу расшыральніка пучка да аб'екта апраменьвання, якая забяспечвае патрэбную велічыню сярэдняй шчыльнасці магутнасці апрамянення  $P_c$ , вызначалася з улікам усярэднянай велічыні дыяметраў плямы апраменьвання на ўваходзе і выхадзе акварыума ( $d_c$ ) па адпаведнай папярэдне вымеранай для дадзенай аптычнай сістэмы залежнасці  $P_c = f(l, d)$ .

Зыходзячы з меркавання, што селектыўныя фотахімічныя механізмы

Табліца 1. Паказчыкі семнацацідзённага развіцця дафніі магны: сярэдніх па варыянтах доследу  $j$  велічыняў біямасы  $B_{cj}$ , сярэднясутачнай прадукцыйнасці  $P_{cj}$  і адноснага павелічэння сярэднясутачнай прадукцыйнасці ў адносінах да кантролю  $K_j$  у залежнасці ад часу апраменьвання  $T_{1j}$  сканіруючым лазерным пучком з  $P_c = 0,1$  мВт/см<sup>2</sup> (першая серыя доследаў)

Нумар варыянта	$T_{1j}$ , с	$B_{cj}$ , г/м <sup>3</sup>	Параметры варыяцыйных радоў і паказчыкі адрознення паміж кантролем і доследам ( $B_c$ )					$P_{cj}$ , г/м <sup>3</sup> сут	$K = \frac{P_{cj}}{P_{ck}}$ , %
			$G$	$\pm m$	$C_D$ , %	крытэрыў Ст'юдэнта $t$	крытэрыў Фішэра $F$		
1	60	281	24,45	14,12	8,70	+4,46*	+19,98*	16,53	140
2	180	273	12,73	9,00	4,66	+5,02*	+20,40*	16,05	136
3	360	253	32,90	18,90	13,00	+2,4	+5,73	14,88	126
Кантроль	—	200	19,70	11,40	9,85	—	—	11,76	100

\* Верагоднасць  $P > 0,95$ .

Табліца 2. Паказчыкі сямідзённага развіцця дафніі магны  $B_{cj}$ ,  $P_{cj}$ ,  $K_j$  у залежнасці ад часу апраменьвання  $T_{ан}$  сканіруючым лазерным пучком з  $P_c = 0,1$  мВт/см<sup>2</sup> (другая серыя доследаў)

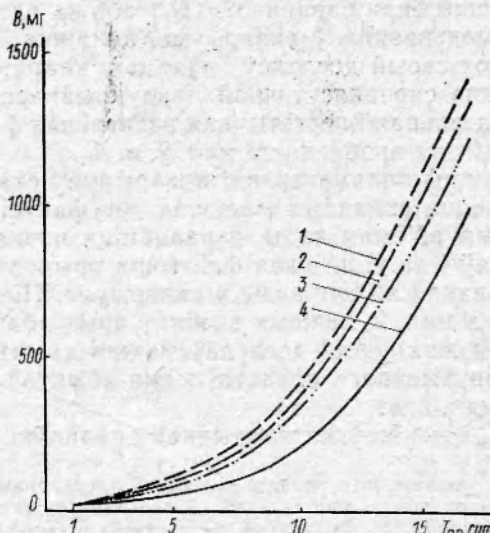
Номер варыянта	$T_{ан}$ , с	$B_{cj}$ , г/м <sup>3</sup>	Параметры варыяцыйных радоў і паказчыкі адрознення паміж кантролем і доследам ( $B_{cj}$ )				крытэрыі Ст'юдэнта $t$	крытэрыі Фішэра $F$	$P_{cj}$ , г/м <sup>3</sup> сут	$K_j = \frac{P_{cj}}{P_{ck}}$ , %
			$G$	$\pm m$	$C_v$ , %					
1	10	887	28,44	16,4	3,20	13,15***	172,50***	121	146	
2	60	794	7,81	4,5	0,98	13,56***	183,00***	108	130	
3	180	752	16,03	9,3	2,13	8,71**	76,00***	102	123	
Кантроль	—	619	20,99	12,1	3,39	—	—	83	100	

\*\* Верагоднасць  $P > 0,93$ , \*\*\*  $P > 0,999$ .

біялагічнага дзеяння лазераў абумоўлены рэзанансным характарам узаемадзеяння выпраменьвання з аб'ектам, што апраменьваецца, велічыня сярэдняй шчыльнасці магутнасці апрамянення  $P_c$  у дадзеных даследаваннях была выбрана значна меншай, чым, напрыклад, у [1], і яна захоўвалася ва ўсіх варыянтах абедзвюх серый доследаў пастаяннай ( $0,1$  мВт/см<sup>2</sup>). Працягласць апраменьвання сканіруючым пучком у першай серыі доследаў вар'іравалася ў межах  $T_1 = 60 + 360$  с, у другой —  $T_2 = 10 + 180$  с. Культываванне планктоннага рачка рабілася ў першай серыі доследаў 17, у другой — 7 дзён. Паста хларэлы ўносілася перыядычна па меры выядання і падтрымлівалася ў прыкладна пастаяннай канцэнтрацыі.

Сістэматызаваныя вынікі доследаў пададзены ў табл. 1 і 2. Аналіз гэтых даных паказвае, што ва ўсіх даследаваных варыянтах лазернае ўздзеянне стымулявала рост біямасы дафніі магны ў параўнанні з кантролем. На дынаміцы экспаненцыяльнага ўзрастання ў часе велічыняў біямасы у акварыуме эфект стымуляцыі колькасна праяўляўся ў росце паказчыка ступеннай функцыі ў параўнанні з кантролем (мал. 1).

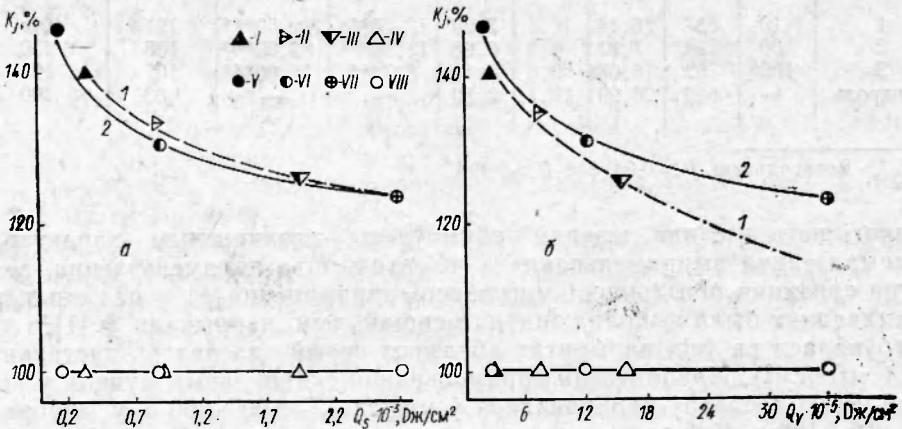
У даследаваных дыяпазонах працягласцяў лазернага апраменьвання і выбранай фіксаванай велічыні  $P_c$  эфект стымуляцыі ўзрастаў у абедзвюх серыях доследаў з памяншэннем працягласці апраменьвання. Павелічэнне выхаду біямасы дафніі пры лазернай біястымуляцыі ў першай серыі доследаў у параўнанні з кантролем па першым і другім варыянтах



Мал. 1. Дынаміка росту ў часе  $T_{ан}$  біямасы  $B$  рачка дафніі магны ў пяцілітровых акварыумах для першай серыі доследаў: 1 — варыянт 1, 2 — 2, 3 — 3, 4 — кантроль

змянялася ў дыяпазоне велічыняў 136—140% пры высокай верагоднасці па абодвух крытэрыях рознасці дослед—кантроль ( $P > 0,95$ ), у трэцім варыянце рознасць была неверагоднай ( $P < 0,95$ , табл. 1).

Як паказваюць вымярэнні, павелічэнне ў другой серыі доследаў пачатковай шчыльнасці пасадкі матачнай культуры амаль у 166 разоў у параўнанні з першай серыяй не выклікала прыкметных эфектаў экраніравання лазернага выпраменьвання, непазбежнага пры вельмі шчыльных пасадках культуры. У сувязі са змяненнем плошчы сканіравання  $S_2$



Мал. 2. Залежнасць каэфіцыента  $K_j$ , які характарызуе эфектыўнасць лазернай біястмуляцыі росту рачка дафніі магны ад удзельных энергетычных экспазіцый  $Q_s$  (а) і  $Q_v$  (б): 1—IV — адпаведна варыянты 1—3 і кантроль (табл. 1); V—VIII — варыянты 1—3 і кантроль (табл. 2)

у другой серыі доследаў у параўнанні з першай ( $S_1$ ) амаль у 2,85 раза працягласць апраменьвання акварыумаў ( $T_2$ ) у гэтай серыі была таксама адпаведна паменшана і вар'іравалася ў межах ад 10 да 180 с\*.

У гэтай серыі эфект лазернай біястмуляцыі быў таксама максімальны пры мінімальнай сярод даследаваных працягласці апраменьвання ( $T_2 = 10$  с), і ў гэтым варыянце доследу за 7 дзён культывавання рачка біямаса прырастае на 887 г/м<sup>3</sup>, у сярэднім за суткі — на 121 г/м<sup>3</sup> (табл. 2), што ў 1,46 раза больш у параўнанні з кантролем.

Уводзячы паняцці ўдзельных энергетычных экспазіцый  $Q_s$  і  $Q_v$  як энергію выпраменьвання лазера  $Q$  за час апраменьвання  $T_i$ , якая прыпадае на адзінку плошчы сканіравання  $S_i$  ( $Q_s$ ) або на адзінку аб'ёму вады  $V_i$  ( $Q_v$ ), што апраменьваецца ў акварыуме, няцяжка эксперыментальныя даныя абедзвюх серыяў доследаў падаць у каардынатах сярэдняе адноснае павелічэнне сярэднясутачнай прадукцыйнасці ў адносінах да кантролю ( $K_j$ ) — удзельная энергетычная экспазіцыя ў варыянце доследу  $j$  ( $Q_s$  або  $Q_v$ ), як гэта зроблена на мал. 2, а, б.

Заўважым, што пры апраменьванні акварыумаў сканіруючым лазерным пучком назіраецца складаны малюнак расфаксіроўкі лазернага пучка цыліндрычным аб'ёмам вады, пераадбіцця пучка на межах раздзялення асяроддзяў і да т. п., якая фактычна прыводзіць да шматпрамянёвага апраменьвання аб'ёму вады ў акварыуме. Нягледзячы на гэта, як можна ўбачыць з мал. 2, лепшых вынікаў пры абагульненні даных эксперыментаў абедзвюх серыяў доследаў можна дасягнуць зыходзячы, напэўна, толькі з двухмернага прадстаўлення аб'ектаў апраменьвання, пра што сведчыць мал. 2, а.

З аналізу мал. 2 і вынікаў матэматычнай апрацоўкі даных табл. 1 і 2

\* Для арыентацыі ўкажам, што пералік велічыняў часу апраменьвання  $T_2$  у адпаведныя значэнні  $T_1$ , зыходзячы з аднолькавай удзельнай энергетычнай экспазіцыі на адзінку плошчы сканіравання  $Q_s$ , прыводзіць да наступных вынікаў:  $T_2 = 10$  с адпавядае  $T_1 = 28,5$  с,  $T_2 = 60$ —171 с і  $T_2 = 180$ —513 с. Заўважым, што аналагічна можна зрабіць пералік велічыняў  $T_1$  у адпаведныя значэнні  $T_2$ , як гэта зроблена намi на мал. 2.

можна выказаць меркаванне, што атрыманы лепшы вынік па прыросце біямасы дафніі магны пры ўдзельнай энергетычнай экспазіцыі  $0,15 \text{ мДж/см}^2$ , больш нізкай, чым у [1], можа быць неаптымальным. З гэтай прычыны ёсць сэнс працягваць работы па далейшым пошуку аптымальных параметраў лазерных уздзеянняў пры апраменьванні рачкоў сканіруючым пучком (напрыклад, пры  $Q_s < 0,15 \text{ мДж/см}^2$ ), аптымальных схемаў такога апраменьвання, пры якіх эфект біястимуляцыі з'яўляецца максімальным.

З супастаўлення атрыманых у дадзенай рабоце максімальных велічыняў прыросту біямасы дафніі з адпаведнымі атрыманымі ў вядомым спосабе культывавання ракападобных на хларэле [2] можна зрабіць вывад, што пры лазернай біястимуляцыі яны больш высокія ў 1,4 раза і што такі спосаб стымуляцыі можа быць эканамічна рэнтабельным пры культываванні рачка ў якасці жывога корму для малявак рыб.

### Summary

More perspective directions of the development of fish industry are: the utilization of the complex of herbivorous fishes; working and inculcation of biotechnologies allowing to use productive possibilities of the water ecosystems of the natural reservoirs completely; the organization of the integral pisciculture on the basis of carp-duck and muskrat industries.

### Літаратура

1. Хмелева Н. Н., Рошин В. Е., Плеинин А. Е. // Докл. АН БССР. 1991. Т. 35, № 10. С. 952—954.
2. Кокова В. Е. Непрерывное культивирование беспозвоночных. Новосибирск, 1982. С. 68.

*БелрыбНДІпракт,  
АНК «Інстытут цепла- і масабмену  
імя А. В. Лыкава» АН Беларусі*

*Паступіў у рэдакцыю  
26.03.93*