

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНаВОДСТВА

УДК 525.235+631.427

А. А. РЭВЯКА, В. П. ТРЫБІС

**УПЛЫЎ СОНЕЧНАЙ АКТЫЎНАСЦІ
НА ГЕНЕРАЦЫЮ ВУГЛЯКІСЛАГА ГАЗУ
МАДЭЛЬНАЙ ГЛЕБАВАЙ ЭКАСІСТЭМЫ**

Пра ўплыў сонечнай актыўнасці (СА) на працэсы жыццядзейнасці ў біясферы шырока вядома. Аднак няма яшчэ цэльнай або дастаткова несупярэчлівай тэорыі, здольнай адэкватна адлюстраваць увесь комплекс узаемадзеянняў паміж Сонцам і жыццём на Зямлі. У сувязі з гэтым работа па зборы і аналізе новых даных па тых або іншых прыватных аспектах сонечна-зямных сувязяў, як і спробы тэарэтычнага асэнсавання даных, не страціла свайго значэння. Намі была пастаўлена мэта дэталёва і ў маштабе штодзённых назіранняў разгледзець сувязі паміж СА і генерацыяй вуглякіслага газу глебавымі мікраарганізмамі ў спецыяльным мадэльным эксперыменце.

Як відаць, першым рэакцыю ўласна мікраарганізмаў на СА апісаў С. Т. Вяльховер [3], назіраючы штодня рост і афарбоўванне карынебактэрыяў і супастаўляючы гэтыя паказчыкі з лікамі Вольфа. Была паказана выразная сувязь паміж СА і актыўнасцю мікробаў. Выказана таксама гіпотэза пра актынарэцэптарную функцыю валюцінавай субстанцыі клетак.

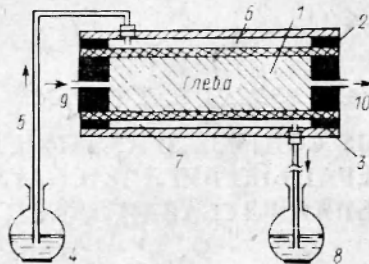
Пазней уплыў СА на мікробную дынаміку ў глебах пачалі вывучаць у групе П. Рахно [9]. Ва ўмовах, набліжаных да прыродных (выкарыстоўвалі насыпныя глебавыя калонкі ў ёмістасцях тыпу лізіметраў), было выяўлена, што калі колькасць нітрыфікуючых і аманіфікуючых бактэрыяў знаходзіцца ў дадатнай сувязі з лікамі Вольфа, то колькасць даступных формаў азоту — у адмоўнай. Гэта, на наш погляд, можа быць спалучана з імабілізацыяй азоту мікробнай масай. Дынаміка колькасці глебавых грыбоў у той жа серыі даследаванняў знаходзілася ў супрацьфазе з колькасцю водарасцяў. Важна адзначыць, што для тарфяной глебы каэфіцыент карэляцыі паміж лікамі Вольфа і колькасцю грыбоў быў самы высокі сярод усіх даследаваных глебаў. У больш позняй рабоце [10] выказана гіпотэза, што ўплыў СА на водарасці можа праяўляцца пры дапамозе актынарэцэптарнай функцыі фотасінтэзуючага апарату.

Сведчанне пра ўплыў СА на тарфяную мікрафлору змяшчаецца ў рабоце [6], у якой вызначана статыстычна значная сувязь паміж частатой выпадкаў самаўзгарання торфу ў штабелях з лікамі Вольфа. Як вядома, зыходнай прычынай самаўзгарання тарфоў з'яўляецца бурнае развіццё мікрафлоры, якое суправаджаецца павышэннем тэмпературы прыкладна да 70 °С, пасля чаго ў справу ўступаюць працэсы, у якіх асноўную ролю адыгрываюць свабоднарадыкальныя рэакцыі. Тут спашлёмся на работу [8], у якой на падставе аналізу вялікага доследнага матэрыялу выказваецца думка, што менавіта свабодныя радыкалы, з'яўляючыся асцылятарамі метабалізму, могуць прымацца ў якасці акцэптару знешняга магнітнага поля.

І нарэшце, нядаўна [4] на культуры дражджэй было прадэманстра-

вана існаванне выразнай сінхранізацыі іх біясінтэтычнай актыўнасці з адным з паказчыкаў перыядычнай (160,01 мін) актыўнасці Сонца. Пры гэтым аўтар лічыць, што мікрабіялагічныя аб'екты з'яўляюцца вельмі зручнымі для метаў пошуку заканамернасцяў уплыву касмафізічных фактараў на біялагічныя сістэмы.

Гэты невялікі літаратурны агляд паказвае, што мікробныя працэсы, як уласна метабалізм, так і рэакцыі і працэсы, якія імі запускаяцца ў



Мал. 1. Схема доследнай устаноўкі для вывучэння дынамікі генерацыі вуглякіслага газу глебай і фільтрацыі глебавага раствору (тлумачэнні ў тэксце)

знешнім асяроддзі, з'яўляюцца дастаткова адчувальнымі да пэўных элементаў дзейнасці Сонца.

Метадыка. У спецыяльнай устаноўцы (мал. 1) стваралі глебавую мікракасістэму (аб'ём адсека з глебай 1 407 см³) з кантралюемай падачай паветра і забеспячэннем патоку вады праз глебу, якая знаходзіцца ў ненасычаным стане.

Як відаць з малюнка, глеба 1 знаходзіцца паміж двума порыстымі керамічнымі мембранамі 2 і 3, праз якія паступае і адводзіцца вада па наступным маршруце: з колбы 4 па трубку 5 праз адсек 6 і керамічную мембрану 2 яна пападае ў глебу 1 і ў выніку прасочвання праз яе паступае ў адсек 7, пасля чаго сцякае ў зборную колбу 8. Паветра пранікае ў глебу праз трубку 9, а адбіраецца на аналіз праз патрубак 10.

Працэдура вымярэння колькасці вуглякіслага газу, які генеруецца глебай, складалася ў наступным. Да патрубак 10 была далучана поліхлорвінілавая трубка (на схеме не паказана), праз якую пры дапамозе аспірацыйнай сістэмы газааналізатара штодзённа ў адзін і той жа час (15 гадз) адбіралі аднолькавую порцыю паветра (278 см³) і аналізавалі яго на колькасць вуглякіслага газу (тры аналізы). Адначасова ўзамен праз патрубак 9 у глебу паступала порцыя паветра такога ж аб'ёму. З мэтай мінімізацыі газаабмену сістэмы з навакольным асяроддзем да патрубак 9 была далучана трубка (на схеме не паказана), закрытая з канца заглушкай, якую адкрывалі толькі на час адбору новай порцыі паветра на аналіз. Цана дзялення шкалы газааналізатара 0,066 аб.%. Вынікі вымярэнняў прыводзілі да нармальных умоў і выражалі ў 10⁻⁶ частак вугляроду СО₂ на вуглярод наважкі за суткі.

Тэмпературу ў перыяд доследу фіксавалі з дапамогай тэрмографа, звяраючы яго з паказаннямі ртутнага тэрмометра. Паказчык СА ($F_{10,7}$) выпісаны з [11]. Ён уяўляе сабой патак радыёвыпрамянення ад Сонца на даўжыні хвалі 10,7 см у сонечных адзінках патоку (10—22 Вт/м²·с) і добра карэлюе з лікамі Вольфа. Перавагі паказчыка $F_{10,7}$ перад лікамі Вольфа ў тым, што ён мае выразны фізічны сэнс, вызначаецца незалежна ад надвор'я і можа быць мерай мяккага рэнтгенаўскага выпрамянення Сонца (1—100 Å).

Глеба для даследавання была адабрана на палявым участку Мінскага эксперыментальна-вытворчага прадпрыемства з ворнага слоя арганамінеральнай тарфяністай глебы працяглай (больш за 60 гадоў) даўнасці асушэння і выкарыстання.

Перамяшчэнне вады праз глебу кантралювалася штодзённым вымя-

Зыходныя даныя для разлікаў

Дзень доследу	Тэмпера- тура, °С	СА F _{10,7}	Генерацыя CO ₂ , 10 ⁻⁶ сут	Дзень доследу	Тэмперату- ра, °С	СА F _{10,7}	Генерацыя CO ₂ , 10 ⁻⁶ сут
1	16,7	212,3	40,6	51	17,1	144,0	43,1
2	18,0	229,5	31,3	52	18,5	144,7	43,8
3	17,9	244,0	37,0	53	20,0	147,1	48,3
4	17,0	250,1	30,3	54	20,3	155,2	54,1
5	17,1	248,3	35,4	55	21,0	150,3	50,6
6	18,2	248,0	61,8	56	22,1	158,9	55,4
7	18,9	293,5	58,3	57	20,9	185,6	56,7
8	19,5	228,8	68,6	58	20,0	204,8	54,7
9	17,9	213,9	63,1	59	19,7	207,7	47,3
10	19,5	196,8	61,2	60	19,5	206,5	52,8
11	21,4	178,3	74,4	61	18,3	197,1	51,2
12	19,9	160,3	68,6	62	18,4	184,8	47,3
13	19,1	157,1	57,0	63	18,0	174,7	47,6
14	19,2	152,4	57,3	64	18,4	162,9	47,0
15	19,5	153,1	61,8	65	18,5	155,7	49,9
16	18,2	157,2	60,2	66	19,6	145,0	47,6
17	19,5	179,4	63,4	67	20,1	139,1	51,5
18	19,3	169,4	64,4	68	21,8	130,4	49,6
19	19,2	167,0	62,8	69	25,8	132,5	60,9
20	20,5	163,1	65,0	70	22,3	129,9	63,4
21	20,6	161,7	63,1	71	18,8	133,0	51,5
22	18,1	163,3	56,4	72	20,1	138,0	49,6
23	17,9	162,9	46,7	73	20,0	127,8	49,3
24	18,6	167,2	53,8	74	18,8	137,0	48,3
25	18,0	159,7	34,1	75	19,2	135,4	46,7
26	19,5	157,6	42,2	76	18,1	133,0	47,0
27	19,2	159,0	54,1	77	17,7	131,5	41,5
28	19,7	166,1	58,6	78	16,9	145,3	38,6
29	19,9	167,2	51,8	79	16,1	129,2	39,9
30	22,6	166,4	57,0	80	15,2	126,9	31,6
31	20,9	159,7	62,1	81	15,8	128,8	38,6
32	20,3	165,3	58,6	82	14,6	127,8	36,4
33	17,1	174,7	57,6	83	14,3	128,2	34,8
34	15,1	185,1	43,1	84	15,0	129,3	31,6
35	15,6	177,9	35,1	85	16,0	124,8	32,8
36	13,2	180,0	36,7	86	17,1	118,5	33,5
37	12,1	185,4	27,3	87	14,9	115,5	31,2
38	9,3	192,4	28,1	88	16,2	120,2	32,5
39	10,9	182,1	27,9	89	18,1	134,5	34,8
40	14,9	191,2	33,2	90	19,5	140,3	40,6
41	18,2	185,9	38,6	91	20,4	145,5	42,8
42	19,3	161,2	39,6	92	19,3	148,4	43,1
43	20,2	159,8	46,7	93	19,8	145,6	44,8
44	20,1	154,0	50,6	94	20,3	136,9	44,8
45	19,8	154,7	48,9	95	18,9	126,1	46,0
46	19,8	143,0	49,3	96	18,2	122,1	44,4
47	19,6	141,8	52,5	97	18,8	117,7	42,2
48	18,9	151,6	53,8	98	19,7	113,9	42,5
49	18,0	140,2	49,6	99	19,8	108,1	44,1
50	16,6	141,2	43,8	100	20,1	101,7	44,1

рэннем колькасці сцёку ў сасудзе 8, а сасуд 4 далівалі дыстыляванай вадой да меткі.

Працягласць назіранняў — з 21 лютага да 30 мая 1992 г. (100 сут). Даныя статыстычна апрацоўвалі з дапамогай праграмы STATGRAFICS (вер. 3.0).

Вынікі работы. Генерацыя вуглякіслага газу, тэмпература і паток радыёвыпрамянення ад Сонца на даўжыні хвалі 10,7 см у сонечных адзінках патоку пададзены ў табліцы.

Для вылічэння ўплыву фактару СА на ўзровень жыццядзейнасці глебай мікрафлары прынялі наступную паслядоўнасць разлікаў: а) падбор апраксіруючай функцыі рэгрэсіі паміж тэмпературай і генерацыяй глебай вуглякіслага газу; б) вылічэнне па атрыманай залежнасці разліковых («тэарэтычных») велічынь генерацыі вуглякіслага

газу; в) вылічэнне рэгрэсійных рэшткаў, г. зн. розніцы паміж фактычнымі і разліковымі велічынямі генерацыі CO_2 ; г) пабудова рада каэфіцыентаў карэляцыі паміж рэгрэсійнымі рэшткамі і паказчыкам $F_{10,7}$ з заданнем часу апырэджвання і запазнення рэакцыі.

Залежнасць выдзялення CO_2 (q) ад тэмпературы выражаецца рэгрэсійнымі суадносінамі

$$q = \exp(0,0786t + 2,388), \quad (1)$$

дзе t — сярэдняя тэмпература дня аналізу і папярэдняга, °С. Каэфіцыент карэляцыі склаў 0,774 пры стандартнай памылцы 0,148.

Па формуле (1) былі разлічаны «тэарэтычныя» велічыні q як функцыі тэмпературы і вылічаны рэгрэсійныя рэшткі. Затым гэтыя рэшткі супастаўляліся з СА. Выніковы графік (мал. 2) паказвае наяўнасць выражаных максімумаў і мінімумаў карэляцыі супастаўляемых радоў у інтэрвале ад часу апырэджвання 6 сут да часу запазнення рэакцыі 34 сут.

У выніку ўзаемасувязь паміж генерацыяй глебай вуглякіслага газу (q), тэмпературай (t , °С) і $F_{10,7}$ можна запісаць так:

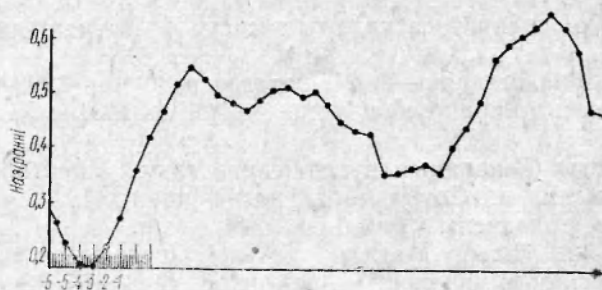
$$q = \exp(0,080t + 0,0009F_4 + 0,0019F_{30} + 1,848), \quad (2)$$

дзе F_4 і F_{30} — паказчыкі сонечнай актыўнасці ($F_{10,7}$) з запазненнем 4 і 30 сут адпаведна. Квадрат каэфіцыента карэляцыі склаў 0,751 пры стандартнай памылцы 0,116. Разлік сярэдняй адноснай хібнасці мадэлі (1) даў велічыню менш за 10%.

Абмеркаванне вынікаў. Адназначныя вывады пра вынікі геліябіялагічных эксперыментаў зрабіць нялёгка. Спачатку разгледзім праблему ў цэлым. Абагульнена ўсю разнастайнасць магчымых шляхоў уплыву сонечнай актыўнасці на жывыя арганізмы можна паказаць у выглядзе схемы (мал. 3). На малюнку адлюстраваны асноўныя ўзаемадзеянныя блокі: сонечная актыўнасць, прамежкавае асяроддзе з уласнай або выкліканай актыўнасцю (атмасфернай, магнітнай, біялагічнай і да т. п.), жыццядзейнасць арганізмаў, кантралюемая знізу дзейнасцю генетычнага апарату і «біялагічным гадзіннікам», а зверху — дзейнасцю «сонечнай кухні».

Падзел дзеяння Сонца на энергетычнае і неэнергетычнае ёсць сэнс правесці па велічыні kT , г. зн. сярэдняй энергіі цеплавога фону. Новы падыход да так званай kT праблемы ў біялогіі прапанаваны ў [5] на аснове існавання стахастычнага рэзанансу, пры гэтым роля прамежкавага асяроддзя заключаецца ў ёмістай (рэакцыі запазнення), фільтруючай (адсяканне каналаў) і рэзананснай (прымусовая сінхранізацыя) функцыях.

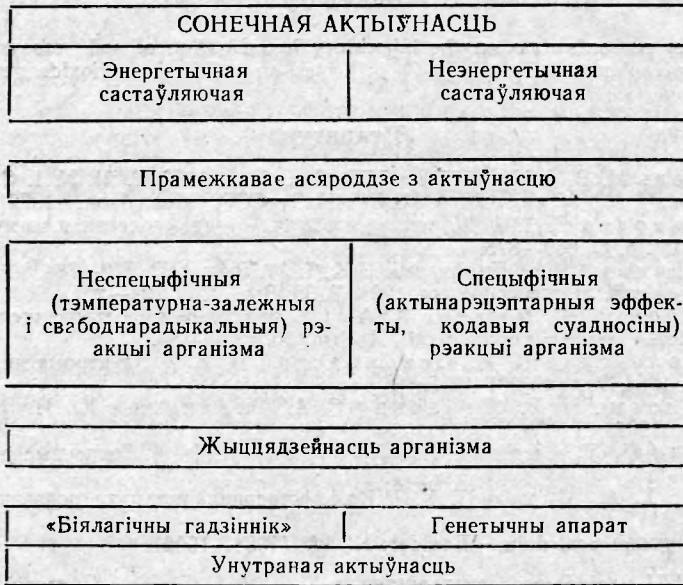
У рэагуючым арганізме неабходна выдзеліць слой акцэпцыі, або ўспрымання СА. Можна выдзеліць два асноўныя віды акцэпцыі: 1) неспецыфічная, або цеплавая, якая праяўляецца ў выглядзе тэмпературна-залежных рэакцый і праз парамагнітныя ўласцівасці свабодных



Мал. 2. Велічыня каэфіцыента карэляцыі (r) паміж рэшткамі (рознасць паміж разліковымі і фактычнымі велічынямі генерацыі вуглякіслага газу) і СА ($F_{10,7}$) пры розным часе запазнення рэакцыі (x) — вось абсцыс

радыкалаў, і 2) спецыфічная, якая здзяйсняецца праз актынарэцэптарныя «ўстройства», роля якіх прыпісваецца розным унутрыклетачным форменным утварэнням.

Роля сігналаў ад унутранага асяроддзя зводзіцца, як відаць, да дзеяння генетычнага апарату і «біялагічнага гадзінніка», эндагенныя рытмы якіх з'яўляюцца, магчыма, добра забытымі экзагеннымі рытмамі.



Мал. 3. Схема магчымых шляхоў уплыву сонечнай актыўнасці на жывыя арганізмы.

Вяртаючыся да атрыманых намі даных, можна вытлумачыць наяўнасць піка каэфіцыента карэляцыі пры часе запазнення рэакцыі генерацыі вуглякіслага газу 4 сут ад $F_{10,7}$ характэрным часам пераносу сонечнай вадароднай плазмы да арбіты Зямлі (4,5 сут). Блізкія велічыні запазнення (3 ± 1 сут) атрымліваюць і ў стандартным унітыёлавым тэсце [7]. Другая пікавая велічыня каэфіцыента карэляцыі пры лагу 30 дзён знаходзіцца ад першай на часовай адлегласці 26 сут, што блізка да велічыні 27-сутачнага перыяду вярчэння Сонца вакол сваёй восі.

Аналіз атрыманага рада каэфіцыентаў карэляцыі паказаў у сярэднім даволі высокую ступень сувязі паміж СА і рэшткамі (0,445), максімальная велічыня была роўная 0,646 (запазненне 30 сут) і мінімальная — 0,180 (апырэджванне 3 сут). Істотным з'яўляецца высокі часавы трэнд з узрастаннем каэфіцыента карэляцыі па меры павелічэння часу запазнення рэакцыі. Спектральны аналіз атрыманага намі рада каэфіцыентаў карэляцыі паміж СА і генерацыяй глебай вуглякіслага газу паказаў максімум у інтэрвале 25,0—28,6 сут, што зноў жа пацвярджае сонечную зададзенасць працэсу.

У заключэнне неабходна адзначыць, што паколькі дзейнасць Сонца з'яўляецца перыядычнай функцыяй, то цесната сувязі паміж тымі або іншымі сонечна-залежнымі рэакцыямі таксама можа змяняцца перыядычна, аднак наўрад ці ёсць сэнс надаваць прычынна-выніковыя значэнні далёкім эфектам, асабліва ў вобласці апырэджвання рэакцыі.

Вывады

1. Выяўлена верагодная сувязь паміж дынамікай сонечнай актыўнасці (радыёвыпрамяненне ў дыяпазоне 10,7 см) і генерацыяй вуглякіслага газу мадэльнай глебай эксістэмай.

2. Паміж змяненнямі ўзроўню сонечнай актыўнасці і выдзяленнем вуглякіслага газу глебай існуе лаг — перыяд, роўны 4—30 сут (запазненне рэакцыі).

Аўтары шчыра дзякуюць Э. В. Канановічу (Масква, МДУ) і члену Секцыі касмічнай біялогіі РЭЦУ Д. Сувораву за плённы ўдзел у абмеркаванні вынікаў гэтай работы і дапамогу ў падрыхтаванні артыкула.

Summary

This paper presents data on the laboratory investigation of soil ecosystem. The demonstration of solar activity (F 10 7) influence on soil carbon dioxide generation was obtained.

Літаратура

1. Аксель М. В. // Изв. АН ЭстССР. Сер. биол. 1972. Т. 21, № 1. С. 16—19.
2. Аксель М., Сирп Л. // Изв. АН ЭстССР. Сер. биол. 1972. Т. 21, № 1.
3. Вельховер С. Т. // Журн. микробиол., эпидемиологии и иммунологии. 1935. Т. 15. Вып. 6. С. 869—876.
4. Кузнецов А. Е. // Биофизика. 1992. Т. 37. Вып. 4. С. 772—784.
5. Макеев В. М. // Биофизика. 1993. Т. 38. Вып. 1. С. 194—201.
6. Малков Л. М., Малков А. А. // Комплексное использование торфа в народном хозяйстве: Тр. ВНИИТП. Л., 1983. Вып. 50. С. 84—88.
7. Музалевская Н. И., Соколовский В. В. // Электромагнитные поля в биосфере. М., 1984. Т. 1. С. 201—215.
8. Павлович Н. В., Павлович С. А., Галлиулин Ю. И. Биоманнитные ритмы. Минск, 1991.
9. Рахно П. Х., Сирп Л. П., Лангсепп А. И. // Солнечные данные. 1967. № 11. С. 103—105.
10. Рийс Х. А., Рахно П. Х. // Количественная динамика почвенных водорослей. Таллинн, 1975.
11. Solar geophysical data.— Boulder: NOAA, (1984—1992).