

## ЕКОЛОГІЯ

УДК: 636.619, 630.4; 551.583

# **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДОСЯГНЕНЬ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ ПРИ ГЛОБАЛЬНОМУ ПОТЕПЛІННІ ТА ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДИНАМІКИ ОСЕРЕДКІВ ПИЛЬЩИКІВ В ХЕРСОНЬСЬКОМУ РЕГІОНІ**

**І. Ю. Горбатенко**

igor.biotech@yahoo.com

Миколаївський національний аграрний університет  
вул. Паризької Комуни, 9, м. Миколаїв, 54021, Україна

**Ю. П. Кіріяк**

pgdkherson@meteo.gov.ua

Херсонський обласний центр з гідрометеорології  
вул. Перекопська, 17, м. Херсон, 73000, Україна

**С. В. Назаренко**

nazarenkosergej@ukr.net

Державне підприємство «Степовий ім. В. М. Виногорова  
філіал УкрНДІЛГА»  
вул. Комунарів, 62/26, м. Олешки, Херсонська обл., 75100, Україна

*Представлені результати досліджень зміни навколишнього природного середовища в умовах глобального потепління. Здійснено аналіз зміни кліматичних умов існування еукаріотів на території Південного Степу України.*

*Доведено, що температурний режим на території Південного Степу України має стійку тенденцію до підвищення, що, в свою чергу, створює додаткове навантаження на усі без винятку еукаріоти нашого регіону.*

*Розрахована зміна температурного режиму регіону, встановлено скорочення тривалості зимового періоду та його взаємозв'язок з розвитком популяцій *Neodiprion sertifer* (Geoffroy) (Hymenoptera: Diprionidae) та *Diprion pini* (Linnaeus) (Hymenoptera: Diprionidae). Представлена багаторічна динаміка площ осередків *N.sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.) в Херсонській області (1979-*

2015 pp.) може бути яскравим прикладом зміни природного середовища та свідчити про адаптацію шкідників до кліматичних умов нашого регіону.

Показані можливості стабілізації метаболізму живих організмів за допомогою власних генетичних ресурсів (ферменти, РНК-термометри) та можливість їх використання в біотехнологіях, отримання біологічно-активних речовин, які підвищують резистентність організмів на стресові температури.

**Ключові слова:** клімат, глобальне потепління, зимовий період, Neodiprion sertifer, Diprion pini, Нижньодніпровські піски, РНК-термометри, ферменти, еукаріоти.

**PROSPECTS of APPLICATION of ACHIEVEMENTS  
of MOLECULAR BIOLOGY DURING GLOBAL WARMING  
and SOME ASPECTS of the DYNAMICS of FOCUSES  
SAWFLIES in the KHERSON REGION**

**I. Yu. Gorbatenko**

igor.biotech@yahoo.com

Mykolayiv State Agrarian University  
9, Parizhkoï Communny Street, Mykolaiv, 54021, Ukraine

**Yu. P. Kiriyak**

pgdkherson@meteo.gov.ua

Kherson Regional Centre for Hydrometeorology  
17, Perekopska Street, Kherson, 73000, Ukraine

**S. V. Nazarenko**

nazarenkosergey@ukr.net

State Enterprize "Steppe" named after V.M.Vinogradov, Branch of  
Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named  
after G. M. Vysotsky  
62/26, Komunariv Street, Oleshky, Kherson region, 75100, Ukraine

*The results of the studies change the environment in terms of global warming are presented. The analysis of the changing the climatic conditions of existing the eukaryotes in the Southern Steppe of Ukraine was carried out.*

*Proved that the temperature conditions in the Southern Barrens Ukraine tend to increase, which in turn creates an additional burden on all without exception eukaryotes of our region.*

*Estimated the changing of the temperature conditions of the region, established the reducing of the duration winter period and its relationship to the development of populations Neodiprion sertifer (Geoffroy) (Hymenoptera: Diprionidae) and Diprion pini (Linnaeus) (Hymenoptera: Diprionidae). The presented perennial dynamic of areas focuses of N.sertifer (Geoffr.) and D. pini (L.) in Kherson region (1979-2015) may be the striking example of changes in the environment and indicates the adaption of pests to the climatic conditions of our region.*

*Shown the possibilities of stabilizing the metabolism of living organisms through their genetic resources (enzymes, RNA thermometers) and the possibility of their using in the biotechnology of getting biologically active substances, which increase resistance of the organisms to temperature stress.*

**Keywords:** climate, global warming, winter period, Neodiprion sertifer, Diprion pini, Nyzhneydniprovski sands, RNK-thermometers, enzymes, eukaryotes.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ ПРИ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ ОЧАГОВ ПИЛЬЩИКОВ В ХЕРСОНСКОМ РЕГИОНЕ**

**И. Ю. Горбатенко**

igor.biotech@yahoo.com

Николаевский национальный аграрный университет  
ул. Парижской Коммуны, 9, г. Николаев, 54021, Украина

**Ю. П. Кирияк**

pgdkherson@meteo.gov.ua

Херсонский обласной центр по гидрометеорологии  
ул. Перекопская, 17, г. Херсон, 73000, Украина

**С. В. Назаренко**

nazarenkosergej@ukr.net

Государственное предприятие «Степной  
им. В. Н. Виноградова, филиал УкрНИИЛХА»  
ул. Коммунаров, 62/26, г. Олешки, Херсонская обл., 75100, Украина

*Представлены результаты исследований изменения окружающей природной среды в условиях глобального потепления. Проведен анализ изменения климатических условий существования зукариот на территории Южной Степи Украины.*

*Доказано, что температурный режим на территории Южной Степи Украины имеет устойчивую тенденцию к повышению, что, в свою очередь, создает дополнительную нагрузку на все без исключения зукариоты нашего региона.*

*Рассчитано изменение температурного режима региона, установлено сокращение продолжительности зимнего периода и его взаимосвязь с развитием популяций *Neodiprion sertifer* (Geoffroy) (Hymenoptera: Diprionidae) и *Diprion pini* (Linnaeus) (Hymenoptera: Diprionidae). Представленная многолетняя динамика площадей очагов *N. sertifer* (Geoffr.) и *D. pini* (L.) в Херсонской области (1979-2015pp.) может быть ярким примером изменения природной среды и свидетельствовать об адаптации вредителей к климатическим условиям нашего региона.*

*Показаны возможности стабилизации метаболизма живых организмов с помощью собственных генетических ресурсов (ферменты, РНК-термометры) и возможность их использования в биотехнологиях получения биологически активных веществ, которые повышают резистентность организмов на стрессовые температуры.*

**Ключевые слова:** климат, глобальное потепление, зимний период, *Neodiprion sertifer*, *Diprion pini*, Нижнеднепровские пески, РНК-термометры, ферменты, еукариоты.

Кліматичні зміни, викликані глобальним потеплінням в зоні Південного Степу України, характеризуються зміною таких параметрів, як температура оточуючого середовища, тривалість зимового періоду, кількість та структура опадів і т.п. В таких умовах природне середовище змушене адаптуватись до нових умов існування, що в кінцевому етапі призводить до появи і розповсюдження різного роду не типових для нашої місцевості еукаріотів (фітофагів).

В доповнення до кліматичних змін людина також намагається змінювати існуючі екосистеми, що в подальшому має як позитивний, так і негативний вплив на оточуюче середовище. Яскравим прикладом таких перетворень є насадження соснових лісів на тери-

торії Нижньодніпровських пісків.

Масові роботи із залісення пісків були розпочаті у 1949 році [1]. Тоді були створені лісозахисні станції, що почали в ці ж роки створювати на пісках від 2,5 до 3,5 тисяч гектарів лісових культур щороку, переважно звичайної та кримської сосни.

Панувала думка, що жорсткі кліматичні умови сухого степу будуть не сприятливими для шкідників у штучних соснових насадженнях, та у міру розвитку робіт із залісення пісків виникла проблема пошкодження лісів комахами. Найперші уривчасті відомості про шкідників соснових насаджень містяться у публікаціях кінця XIX – початку XX століть [2]. У зв'язку з початком масового залісення пісків у 30-40 рр. XX століття, виникла проблема *Polyphylla fullo* (Linnaeus) (Coleoptera: Scarabaeidae), який сильно шкодив у розсадняках і молодих культурах сосни [2, 3]. Молоді соснові насадження на Нижньодніпровських пісках пошкоджували *Rhyacionia buoliana* (Denis & Schiffermuller) (Lepidoptera: Tortricidae), *Rhyacionia duplana* (Hubner) (Lepidoptera: Tortricidae) та *Evetria resinella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae) [4].

У міру виростання соснових насаджень зростає роль в їх пошкодженні *Neodiprion sertifer* (Geoffroy) (Hymenoptera: Diprionidae) та *Diprion pini* (Linnaeus) (Hymenoptera: Diprionidae) [5,6,7].

Саме тому метою нашої роботи є дослідити та вивчити вплив факторів зовнішнього середовища на динаміку площ осередків *N. sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.).

*N. sertifer* (Geoffr.) виявлений нами у соснових насадженнях Нижньодніпровських пісків на всіх аренах. Поява *N. sertifer* (Geoffr.) в соснових насадженнях на Нижньодніпровських пісках пов'язана з масовим залісенням пісків, що розпочалось у 50-х роках двадцятого століття. Уперше шкідника було виявлено у 1965 році. *D. pini* (L.) уперше було виявлено в регіоні у 1949 році [8].

**Матеріал і методика досліджень.** Для оцінки кліматичних змін нами обрано період з 1981 по 2014 роки. В роботі використані дані агрометеорологічної станції Херсон [9].

Дослідження проводилось по таких параметрах, як середньорічна температура повітря, сума позитивних температур вище 15°C та тривалість зимового періоду, тобто періоду з температурою повітря нижче 0°C.

Динаміка зміни середньорічної температури повітря наведена на рис. 1.



Рис. 1. Середньорічна температура повітря за даними агрометеорологічної станції Херсон (1981-2014 рр.)

**Результати досліджень.** Як видно з рисунку 1, середня температура повітря має чітку тенденцію до зміни в бік підвищення, при цьому мінімальні значення мають 1984 та 1986 роки (7,8 °C), а максимальні значення припадають на 2006 (12,2 °C), 2011, 2012 та 2014 роки (11,7 °C).

Сума позитивних температур вище +15 °C за зазначений період має також чітко виражену тенденцію до збільшення (рис. 2). При цьому мінімальні значення має 1987 рік (595 °C) та 1990 і 1997 роки (594 °C), а максимальні значення спостерігають в останнє десятиріччя і становлять у 2007 році (1169 °C), у 2010 році (1042 °C) та у 2012 році (1246 °C).

Вище викладені дані свідчать про те, що температурний режим на території Південного Степу України має стійку тенденцію до підвищення, що, в свою чергу, створює додаткове навантаження на усі без винятку еукаріоти нашого регіону.

Враховуючи підвищення температурного режиму, цілком закономірно очікувати зменшення періоду з від'ємними температурами і саме тому ми вирішили проаналізувати яким чином змінюється клімат в зимовий період часу, а саме дослідити саму тривалість зими.

Аналізуючи тривалість зимового періоду в попередні роки, нами було встановлено, що 100 років тому, а саме в період з 1882 по 1931 рік, середня тривалість зимового періоду, тобто часу від стійкого переходу середньої температури повітря через 0°C в бік зниження до стійкого переходу через 0°C в бік підвищення, становила 131 день [10].



Рис. 2. Зміна сум позитивних температур вище +15°C за даними агрометеорологічної станції Херсон (1981-2014 рр.)

За даними дослідження з 1981 по 2014 рік середня тривалість зимового періоду складає 59 днів, тобто на 74 дні менше, ніж 100 років тому.

З метою більш детального аналізу на рис. 3 зображено зміни тривалості зимового періоду з 1981 по 2014 роки.



Рис. 3. Зміна тривалості зимового періоду за даними агрометеорологічної станції Херсон (1981-2014 рр.)

Аналізуючи дані, ми бачимо, що тривалість зимового періоду має тенденцію до зменшення. Так, максимальна тривалість зими становила 121 день у 1995 році, 114 днів у 2002 та від 107 до 109 днів у 1984, 1986 та 1993 роках.

Також встановлено, що за останні роки двічі метеорологічна зи-

ма взагалі не наступала. Це мало місце у 2000 та 2006 роках, що за всі роки спостережень, починаючи з 1882 року, жодного разу не було зафіксовано.

Більш того, за останні 10 років середня тривалість зими зменшилась до 40 днів і на даний час існують усі підстави стверджувати, що тенденція по зменшенню зимових днів буде продовжуватись і надалі.

В зазначених умовах розмноження таких шкідників, як *N. sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.) може бути яскравим прикладом зміни природного середовища та свідчити про адаптацію шкідників до кліматичних умов нашого регіону.

Саме тому, нами було досліджено процес збільшення площ осередків *N. sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.) в Херсонській області з 1979 по 2015 рік.

**Таблиця 1. Динаміка площ осередків *N. sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.) в Херсонській області (1979-2015 рр.)**

Рік	Площа осередків (га)		Рік	Площа осередків (га)	
	<i>N. sertifer</i> (Geoffr.)	<i>D. pini</i> (L.)		<i>N. sertifer</i> (Geoffr.)	<i>D. pini</i> (L.)
1979	0	300	1998	25200	4400
1980	0	400	1999	34200	1600
1981	3700	1002	2000	28075	640
1982	1692	2050	2001	41342	2422
1983	5453	0	2002	41059	8184
1984	8719	0	2003	47800	6035
1985	4281	0	2004	52622	6035
1986	1675	0	2005	35322	5804
1987	4100	0	2006	37297	10509
1988	2226	0	2007	38628	5664
1989	738	6	2008	36559	25688
1990	2200	0	2009	36840	7817
1991	800	4900	2010	35975	8088
1992	800	20000	2011	43011	8109
1993	900	24800	2012	35656	7978
1994	900	21500	2013	28730	6535
1995	900	12500	2014	29445	6552
1996	4500	9400	2015	25688	15219
1997	16600	10250			



Як ми бачимо з таблиці 1 в останні роки площа осередків *N. sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.) в Херсонській області має також тенденцію до збільшення, при цьому характерним є різке збільшення популяції *N. sertifer* (Geoffr.) у 1997 році, а також *D. pini* (L.) у 1992-1994 і 2008 роках.

Період відсутності спалахів чисельності *D. pini* (L.) у 1984-1990 рр. у соснових насадженнях Нижньодніпров'я повністю співпадає з аналогічним періодом для всієї території України, що свідчить про наявність саме в цей період несприятливих умов для розвитку шкідника. Саме в ці роки спостерігалась порівняно прохолодна й волога погода.

За методикою В. Л. Мешковой [11] були встановлені показники частоти спалахів масового розмноження кожного виду. При визначенні частоти спалахів масового розмноження *N. sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.) ми враховували лише ті роки, коли загальна площа осередків у Херсонській області перевищувала 1000 гектарів. Частота спалахів масового розмноження *N. sertifer* (Geoffr.) у соснових лісах Херсонської області за період 1979-2015 рр., становить 78,4% років, а середній показник по Україні становить 45,6% років. Для *D. pini* (L.) частота спалахів сягає 70,3% років, що також перевищує середній показник по Україні, який становить 29,9% років [12].

При порівнянні середньої річної площі осередків масового розмноження комах-хвоєгризів за період 1979-1997 рр. та 1998-2015 рр. виявилось, що цей показник збільшився у лісах Херсонської області для *N. sertifer* (Geoffr.) в 11 разів (на 33135 га), середня річна площа осередків *D. pini* (L.) – у 1,3 рази (на 1953 га).

Максимальна площа осередків масового розмноження *N. sertifer* зросла з 16600 га у першому періоді до 52622 га у другому періоді. Для *D. pini* (L.) максимальна площа осередків масового розмноження зросла з 24800 га у першому періоді до 25688 га у другому періоді.

Більшу частоту спалахів масового розмноження комах-хвоєгризів у Херсонській області порівняно із середніми даними по Україні можна пояснити тим, що деревостани на Нижньодніпровських пісках штучного походження зростають у жорстких природно-кліматичних і лісорослинних умовах, за межами природного ареалу як *Pinus sylvestris* L., так і *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* Schneid. Такі умови є несприятливими для дерев і, навпаки, дуже сприятливими для розвитку комах-хвоєгризів.

Аналізуючи кліматичні фактори та зміну площ осередків ми бачимо певну закономірність збільшення та зменшення осередків в залежності від погодних умов. Максимальне збільшення осередків рудого соснового пильщика спостерігається після доволі теплої та нетривалої зими. Так, в період з 1981 по 1983 роки, коли тривалість

зими становила від 18 до 49 днів, площа осередків *N. sertifer* (Geoffr.) мала тенденцію до збільшення з максимальною кількістю 8719 га у 1984 році. Подібна ситуація спостерігалась у 2003-2005 рр. з максимальною площею осередків 52622 га.

В той же час максимальне зменшення осередків фіксується після збільшення тривалості зими та зниження мінімальної температури в холодну пору року. При цьому зменшення фіксується протягом першого та другого року, а саме у 1985 р. (-4438 га), у 1986 (-1975 га), у 2005 р. (-17300 га), у 2006 (-1975 га), у 2012р. (-7355 га) та у 2013 (-6926 га). Слід відмітити, що в перший рік темпи зменшення площі осередків завжди більші, ніж у наступному.

Подібна закономірність спостерігається також і у *D. pini* (L.), але з трирічним періодом спаду площі осередків. Так, у листопаді 1993 та лютому 1994 року середня декадна температура повітря знижувалась до  $-7^{\circ}\text{C}$  і площа осередків звичайного соснового пильщика зменшилась протягом трьох наступних років від 24800 га у 1993 р. до 9400га у 1996 р. Подібна ситуація повторювалась у 1998-2000 рр. та у 2012-2014 рр.

Також аналізуючи дані таблиці бачимо, що у 1997 році *N. sertifer* (Geoffr.), а у 1992-1993рр. *N. sertifer* (Geoffr.) значно збільшили площу власних осередків. Зазначене збільшення осередків не може бути повністю пов'язаним з кліматичними умовами, але може бути пояснене настанням фази інтенсивного розмноження, що, в свою чергу, може свідчити про адаптацію даного еукаріота до існуючих умов.

Окремо слід відмітити здатність еукаріота адаптуватися до змін оточуючого середовища. Саме ці здібності дають можливість успішно жити і розмножуватись на тих територіях, які ще зовсім недавно вважались непридатними для існування того чи іншого виду.

Коливання кількості *N. sertifer* (Geoffr.) та *D. pini* (L.), які ми привели в цій роботі, поряд з іншими факторами може бути обумовлене також і їх здатністю адаптуватися до кліматичних змін нашого регіону.

Зрозуміло, що основні перетворення організму по адаптації до змін оточуючого середовища відбуваються на генному рівні. У цьому відношенні вкрай важливе значення має механізм розпізнавання параметрів оточуючого середовища.

Еукаріоти, що вільно живуть, часто піддаються зміні умов навколишнього середовища. Температура, рН, наявність живильних речовин постійно змінюються. Для запобігання важких наслідків температурних коливань у еукаріотів розвинуто складну сітку захисних механізмів. В якості потенційних температурно-чутливих елементів у природі використовуються компоненти від мембрани до молекул ДНК, РНК та білків. Важливо, що еукаріоти часто реагують на температуру близько  $+37^{\circ}\text{C}$  індукцією експресії генів вірулентно-

сті. Часто регуляція генів, що контролюють середовище, здійснюється на рівні транскрипції через дію регуляторних протеїнів. Проте недавно відкрито декілька посттранскрипційних механізмів, що базуються на молекулах РНК [13]. Стало зрозумілим, що певні молекули тРНК є не тільки субстратом для рибосом, але й містять контрольні елементи, які модулюють їхню власну експресію залежно від умов довкілля. Структурні зміни в таких сенсорних РНК обумовлені специфічними навколишніми змінами. Розрізняють два принципово різних класи: цис-діючі РНК-елементи, регуляторний потенціал яких знаходиться всередині послідовності мРНК, та транс-діючі, малі, некодуючі молекули РНК, які функціонують через спарювання нуклеотидів з комплементарними послідовностями мРНК, локалізованими в інших локусах геному [14]. На відміну від класичних атенуаторів, які регулюють структуру лідерної послідовності РНК відповідно до позиції транслюючої рибосоми, цис-діючі РНК змінюють свою конформацію у відповідь на фізичні або хімічні сигнали. Так звані рибоперемикачі здійснюють моніторинг метаболічного стану клітини через зв'язування з високою специфічністю та афінністю з метаболітами. Вони локалізовані в області 5'-UTR (untranslated region, не-транслююча область) генів, що кодують біосинтез, поглинання або деградацію малих метаболітів та забезпечують контроль зворотного зв'язку для цих шляхів метаболізму.

На відміну від високоспецифічних рибоперемикачів, що зв'язуються з метаболітами, близькоспоріднений тип сенсорних мРНК-РНК-термометри -діють у відповідь на загальний фізичний сигнал, а саме на внутрішньоклітинну температуру, яка є важливим параметром, що впливає, зокрема, на експресію генів, які кодують протеїни теплового та холодового шоку, та генів вірулентності і знаходиться під постійним контролем дуплексів. Добре відомою характеристикою нуклеїнових кислот є те, що вони плавляться при підвищенні температури. Отже, зсув температури здатний модулювати конформацію регуляторних молекул РНК, тобто перехід фрагментів молекули з конформації внутрішньо-молекулярної шпильки до одноланцюгового стану.

Наразі відомо низку РНК-термометрів, що структурно та функціонально відрізняються, які контролюють розмаїття клітинних процесів. Всі відкриті молекулярні термометри, які можуть бути цис-або транс-діючими, здійснюють контроль трансляції через ізоляцію ділянки, що зв'язує рибосому (рис. 4).

Перший РНК-термометр, який діє через механізм плавлення, знайдено в гені *groH* *E. coli*, який кодує альтернативний сигма-фактор  $\sigma_{32}$ , або *RpoH* [15].

Температура є одним з ключових параметрів навколишнього середовища, що контролюється *RpoS*.

Можливо, найбільш розповсюдженим еукаріотним РНК-термометром є *ROSE*-елемент, який пригнічує експресію генів теп-

лового шоку. Він був знайдений у численних  $\alpha$ -та  $\beta$ -протеобактеріях, в тому числі для *E. coli* та *Salmonella* [16]. ROSE-елемент, маючи довжину від 60 до 100 нуклеотидів (н.), локалізований, як правило, в 5'-UTR генів теплового шоку. Його доволі складна структура включає 2-4 шпилькові структури, одна з яких містить SD-послідовність та в деяких випадках також стартовий кодон AUG. Іншим широко розповсюдженим РНК-термометром є 4U-елемент, який спочатку було знайдено в малому гені *agsA*, гені теплового шоку, *Salmonella* [17].

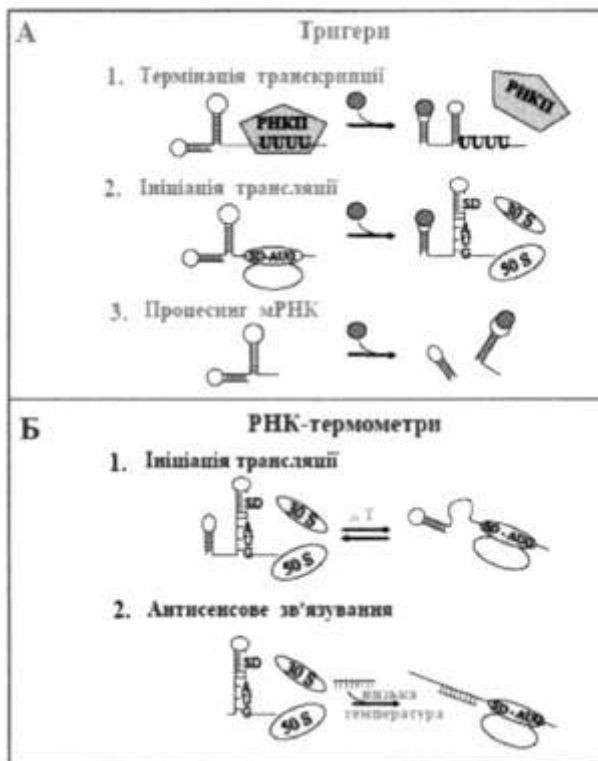


Рис. 4. Схема регуляторних принципів рибоперемикувачів (тригерів) та РНК-термометрів [13], що базуються на шпилькових структурах РНКП - РНК-полімераза; SD -послідовність Шайн-Дальгарно; 30S та 50S - субодиниці рибосоми;  $\Delta T$  - зміна температури;  
 ● - метаболіти

4U-елемент часто використовують для контролю генів теплового шоку та вірулентності бактерій, оскільки він може невизначено зв'язуватися з фрагментом 5'-AGGA-3' SD-послідовності [17]. Так, повністю підтверджено гіпотезу контролю за допомогою РНК-термометра для гена *lcrF* (*virF*) *Yersinia*, який кодує регулятор відгуку вірулентності [18]. Трансляція гена не відбувається за температури 26°C, але індукується за T=37°C. Аналіз регуляторних принципів відомих РНК-термометрів показав, що для їхнього функціонування необхідно, щоб тільки декілька нуклеотидів утворювали некомплементарні зв'язки з нуклеотидами SD-послідовності або флаконуючої області для запобігання зв'язування рибосоми. Це означає, що в природі повинні існувати інші, ще невідкриті типи РНК-термометрів.

Вперше за допомогою біоін-форматичного аналізу отримано підтвердження цієї гіпотези [19]. Синтез ефективних штучних РНК-термометрів став іншим доказом цього припущення [20, 21]. Але в багатьох випадках молекулярні деталі механізму чутливості еукаріот до зміни температури є ще неповністю зрозумілими. Тому показані можливості стабілізації метаболізму живих організмів за допомогою власних генетичних ресурсів (ферменти, РНК-термометри) та можливість їх використання в біотехнологіях, отримання біологічно-активних речовин, які підвищують резистентність організмів на стресові температури, дають можливість вирішити першочергові питання реакції генотипу на фактори глобального потепління та вирішити питання існування еукаріот в абіотичних факторах довкілля.

**Висновки.** Кліматичні зміни Південного Степу України характеризуються зміною температурного режиму в бік його підвищення. В той же час тривалість холодного періоду за останні 100 років в середньому зменшилась з 131 до 59 днів, а за останні 10 років до 40 днів.

Більшу частоту спалахів масового розмноження комах-хвоєгризів у Херсонській області порівняно із середніми даними по Україні можна пояснити тим, що деревостани на Нижньодніпровських пісках штучного походження зростають у жорстких природно-кліматичних і лісорослинних умовах, за межами природного ареалу як *Pinus sylvestris* L., так і *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* Schneid. Такі умови є несприятливим для дерев і, навпаки, дуже сприятливими для розвитку комах-хвоєгризів.

Подальші кліматичні зміни з підвищенням температур і зменшенням холодної пори року створять додаткове навантаження на штучні ліси нашого регіону та створять більш комфортні умови для розмноження комах-хвоєгризів.

Визначення застосування конкретних послідовностей, які визначають стійкість організму на дію високих температур, дає можли-

вість змінювати геном еукаріот та в подальшому використовувати рекомбінантні ДНК з метою отримання біологічно активних речовин (heat shock proteins), які при глобальному потеплінні знижують негативний вплив на живі організми.

### Список використаної літератури

1. Виноградов В. Н. Комплексное освоение Нижнеднепровских песков / В. Н. Виноградов. – Одесса: Маяк, 1964. – 176 с.
2. Головянко З. С. Мраморный хрущ как вредитель лесных, виноградных и садовых культур на песках / З. С. Головянко. – К.: Изд-во Академии наук Украинской ССР, 1951. – 148 с.
3. Склярова З. О. Біологічні особливості хрущів – шкідників деревних порід Лівобережного Степу України / З. О. Склярова, В. Л. Мешкова, С. В. Назаренко, В. О. Безвесільний // Лісівництво і агролісомеліорація. – 1999. – Вип. 96. Селекція та лісорозведення. – Х.: РВП "Оригінал", 1999. – С. 96-104.
4. Тарасенко И. М. Опыт борьбы с побеговьюном зимующим в сосновых культурах Нижнеднепровских (Алешковских) песках / И. М. Тарасенко // Лесоводство и агролисиорація. – К.: Урожай, 1969. – Вып. 17. – С. 10-17.
5. Апостолов Л. Г. Особенности экологии обыкновенного соснового пилильщика и подкорного клопа в лесонасаждениях юго-восточной Украины / Л. Г. Апостолов, А. Ф. Пилипенко // Вопросы степного лесоведения: Труды комплексной экспедиции ДГУ. – Днепропетровск. – 1972. – Вып. 2. – С. 72-78.
6. Назаренко С. В. Ентомошкідники соснових насаджень Нижньодніпровських пісків / С. В. Назаренко // Известия Харьковского энтомологического общества. – Харьков, 2000. – Том VIII, вып.2. – С. 117-121.
7. Тарасенко И. М. Обыкновенный сосновый пилильщик / И. М. Тарасенко, А. Ф. Горбунов, Е. П. Косов // Защита растений. – 1981. – № 11. – С. 32.
8. Бекосипов Л. С. К изучению вредной энтомофауны лесных культур Нижнеднепровья / Л. С. Бекосипов // Научные труды (Украинской НИС виноградарства и освоения песков). – К.: Госсельхозиздат УССР, 1956. – Вып. 6. – С. 208- 222.
9. Агрокліматичні бюлетні по Херсонській області. - Херсон: Обласний центр з гідрометеорології, 1972 – 2014 рр.
10. Воцелка К. Ф. Клімат Херсона. «Надніпряньська правда», Херсон, 1932. – 25 с.
11. Мешкова В. Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых / Мешкова В. Л. – Х. : Новое слово, 2009. – 396 с.
12. Мешкова В. Л. Історія і географія масових розмножень комах хвоелистогризів // В. Л. Мешкова. – Харків: Майдан, 2002. – 244 с.
13. Narberhaus, F. Regulatory RNAs in prokaryotes: here, there and everywhere [Text] / F. Narberhaus, J. Vogel // Mol. Microbiol. - 2009. - Vol. 74, № 2. - P. 261- 269.
14. Klinkert, B. Microbial thermosensors [Text] / B. Klinkert, F. Narberhaus // Cell Mol. Life Sei. - 2009. - Vol. 66, № 16. - P. 2661-2676.

15. Morita, M.T. Translational induction of heat shock transcription factor r32: evidence for a built-in RNA thermosensor [Text] / M.T. Morita [et al.] // *Genes Dev.* - 1999.-Vol. 13, № 6. - P. 655-665.
16. Waldminghaus, T. RNA thermometers are common in alpha- and gammaproteo- bacteria [Text] / T. Waldminghaus, A. Fippinger, J. Alfsmann, F. Narberhaus // *Biol. Chem.* - 2005. - Vol. 386 № 12.-P. 1279-1286.
17. Waldminghaus, T. FourU: a novel type of RNA thermometer in *Salmonella* \ [Text] / T. Waldminghaus, N. Heidrich, S. Brantl, F. Narberhaus // *Mol. Microbiol.* - 1 2007. - Vol. 65, № 2. - P. 413-424.
18. Hoe, N.P. Temperature sensing in *Yersinia pestis*: translation of the LcrF active-<sup>1</sup> tor protein is thermally regulated [Text] / N.P. Hoe, J.D. Goguen // *J. Bacteriol.* - 1993. - Vol. 175, № 24. - P. 7901-7909.
19. Waldminghaus, T. Genome-wide bioinformatic prediction and experimental evaluation of potential RNA thermometers [Text] / T. Waldminghaus, L.C. Gaubig, F. Narberhaus // *Mol. Genet. Genomics.* - 2007. - Vol. 278. - P. 555-564.
20. Neupert, J. Design of simple synthetic RNA thermometers for temperature-controlled gene expression in *Escherichia coli* [Text] / J. Neupert, D. Karcher, R. Bock // *Nucleic Acids Res.* - 2006. - Vol. 36, № 19. - P. e124.
21. Wieland, M. RNA quadruplex-based modulation of gene expression [Text] / M. Wieland, J.S. Hartig // *Chem. Biol.* - 2007. - Vol. 14, № 7. - P. 757-763.