

НАТРІЄВІ ЛАМПИ ВИСОКОГО ТИСКУ З ДОБАВКАМИ ЦЕЗІЮ ДЛЯ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН

Полтавська державна аграрна академія,

Національний технічний університет імені Ю.Кондратюка,

Полтава

Україна

Приведені результати досліджень натрієвих ламп високого тиску з добавками цезію у порівнянні з іншими джерелами світла.

Постановка проблеми, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) є одні з найефективніших джерел світла. НЛВТ мають найвищу світлову віддачу, що досягає 100-150 лм/Вт, термін служби, який становить близько 20 і більше тисяч годин при слабкому спаді світлового потоку (20-25% до кінця терміну служби), що робить їхнє застосування досить виправданим [1]. К.к.д. для цих ламп у діапазоні ФАР досягає 25-29%. Лампи мають високу стабільність. Спектр випромінювання НЛВТ містить досить розширені лінії натрію. 70% видимого випромінювання цих ламп зосереджене в жовтогарячій та жовтій ділянках спектру. В спектрі суттєво не вистачає синього та червоного випромінювання, що є головним недоліком цих ламп.

Поліпшення спектрального складу випромінювання НЛВТ дозволить значно розширити сферу їх використання. Експерименти засвідчили, що введення в розрядну трубку (РТ) додаткових елементів призводить до зміни фізичних та хімічних процесів в амальгамі, розряді та електродах. Труднощі вибору добавок у НЛВТ зумовлені порівняно низькою температурою розряду (температура на осі близько 4200К) та низькими потенціалами збудження резонансних ліній натрію. До того ж при робочих температурах амальгами в НЛВТ тиск пари більшості елементів значно нижчий [2], ніж у натрію і ртуті. Введення добавки в Na-Hg розряд може призвести до зміни, температурного профілю розряду, парціальних тисків пари компонентів, балансу енергії позитивного стовпа розряду і електродів, електричних і світлотехнічних параметрів лампи.

Невеликі добавки лужних металів (K, Rb , Cs) [3,4] призводять до значних змін у спектрі лампи: з'являються лінії добавок у червоній ділянці спектру, збільшуються безперервний фон і ширина самообертання резонансних ліній натрію. НЛВТ із лужними добавками [4] можна використовувати замість ртутних ламп високого тиску (РЛВТ), тому що приблизно рівні світлові потоки досягаються при зниженій потужності ламп із лужними добавками, в порівнянні з РЛВТ; при цьому НЛВТ повинні працювати в режимі ненасиченого пару, що викликає значні сумніви,

оскільки склад амальгами в звичайних НЛВТ змінюється досить відчутно через відхід натрію [5].

У роботі [5] було проведено експериментально-розрахункове визначення термодинамічних властивостей систем натрій-цезій-ртуть, на основі яких розраховано активність компонентів амальгами, що дає змогу оцінювати тиск пари компонентів над амальгамою натрій-цезій-ртуть. Однак експериментальні коефіцієнти для наступного розрахунку термодинамічних даних було отримано лише для діапазону температур амальгами 500-780К мольна частка натрію ($X_{\text{Na}}=0,1\div 0,8$) і трьох променевих розрізів концентраційного трикутника з постійним співвідношенням цезію і ртуті, що не дозволяє оцінювати тиск пари компонентів над амальгамою в працюючій лампі при температурах 900-1000К і різних складах амальгами.

Метою даної роботи є дослідження складу амальгам натрій-цезій-ртуть для НЛВТ з метою отримання іншого спектрального складу випромінювання, що значно розшире сферу використання ламп.

Методика експерименту. У даній роботі досліджені потрібні сплави системи натрій-цезій-ртуть для ізоконцентратів з постійним вмістом ртуті 0,2 м.д. Зразки для виміру готувалися безпосереднім змішуванням компонентів у піриксових ампулах у боксі, в атмосфері очищеного і осушеного аргону. Після заповнення металами ампули вакуумувалися і запаювалися. Сплави гомогенізували в осередках, у печі при температурах вищих температури плавлення натрію.

Дослідження світлових і спектральних характеристик проводили з натрієвими лампами потужністю 400 Вт, що мають наступні геометричні розміри розрядної трубки: $d_{\text{внутр.}}=7\text{мм}$, $d_{\text{нар.}}=9\text{мм}$, $l_{\text{труб.}}=11,3\text{мм}$,

Розрядна трубка виконана з полікристалічного окису алюмінію. Амальгами системи натрій-цезій-ртуть готувалися прямою сплавкою компонентів у боксі з інертною атмосферою, а потім використовувалися для заповнення під вакуумом тонкої ніобієвої трубки. Зразки амальгами захищені від окислювання. Дозування амальгами здійснюється через ніобієвий штенгель розрядної трубки безпосередньо перед відкачкою трубки. Надалі лампа проходила весь технологічний цикл виготовлення. Готові лампи піддавалися тренуванню й іспитам.

Вимір світлової віддачі експериментальних зразків проводився у світломірній кулі діаметром 1,5 м. Приймач селеновий фотоелемент із корегуючим і нейтральними фільтрами. Еталон - натрієва лампа високого тиску. Для запису спектральних характеристик використовувався спектрофотометр ИСП-51.

Обговорення матеріалів досліджень. У результаті дослідження фізико-хімічних властивостей системи Na-Cs-Hg обрано найефективніший склад амальгам. Установлено, що тиск парів компонентів є визначальним параметром для світлових і спектральних характеристик розрядних ламп високого тиску в інтервалі температур від 250 до 530°C при постійному вмісті в сплавах ртуті і співвідношенні в сплавах натрію і цезію 4:1.

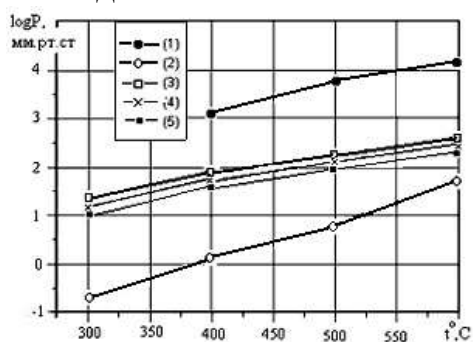
Розраховано тиски насичених парів для різних температур і зіставлені з тисками парів у бінарній системі Na-Hg (рис.1).

Обрано склад амальгами розрядної трубки, в якій співвідношення концентрацій натрію і ртуті близьке до відповідного співвідношення у стандартній натрієвій лампі, а добавки цезію змінюються в межах від 5 до 10ат.%. Виготовлено лампи ДНаТ400 з добавками Na-Cs-Hg, а також проведено їх промислові випробування (табл. 1).

Таблиця 1 - Світлові й електричні характеристики ламп ДНаТ400, заповнених сплавами системи Na-Cs-Hg

№	Na		Cs		Hg		Ум.,В	Ул., В	Іл.,	Рл., Вт	Φ, лм	Н, лм/Вт
	Ваг.	Ат.	Ваг.	Ат.	Ваг.	Ат.						
	%											
1	8.6	77	6,4	3	64,9	20	220	120	4,8	380	23940	63
2	28,9	75	10,4	5	62,7	20	220	120	4,9	380	26220	69
3	25,4	73	14,6	7	62,8	20	220	123	5,1	380	24320	64
4	23,1	70	19,1	10	61,0	20	220	124	5,2	380	22800	60

На рис.2 наведено залежність характеристик потоку випромінювання пальника ламп із міжелектродною відстанню 8,5 см та різними добавками від питомої потужності (P_1). Результати досліджень свідчать, що енергетичний потік випромінювання (Φ_e) у лампах з добавкою Cs(5%) вищий, ніж у лампах з добавками Cs(5%)-K(1%). Світлова ефективність (η) при збільшенні питомої потужності (P_1) ламп зростає, причому для натрій - ртутних ламп при P_1 (25-60 Вт/см) η є вищою, ніж для ламп із добавками Cs, K, Rb, а при P_1 , більший 60÷65Вт/см, η вища для ламп із наповненням Na-Cs-Hg та Na-Cs-K-Hg і складає 29±2%.



1 – Hg; 2 – (Na-78ат.%, Hg-22ат.%); 3 – (Na-30 ат.%, Cs-50 ат.%, Hg-20ат.%); 4 – (Na-50 ат.%, Cs-30ат.%, Hg-20 ат.%); 5 – (Na-60 ат.%, Cs-20ат.%, Hg-20 ат.%)

Рисунок 1 - Залежність тиску парів (P) від температури (t) для сплавів із різним вмістом компонентів

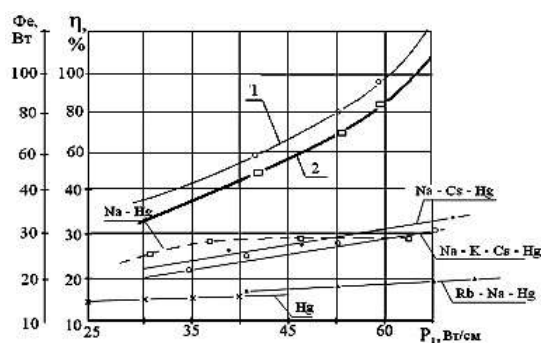


Рисунок 2 - Залежність енергетичного потоку випромінювання (Φ_e) з різними добавками (1–Cs(5%); 2–K(1%), Cs(5%)) та світлової ефективності (η) ламп із різним наповненням ($\square$ – Na-Hg, $\circ$ – Na-K-Cs-Hg, $\bullet$ – Na-Cs-Hg, $\times$ – Hg, $\blacktriangle$ – Rb-Na-Hg) від питомої потужності ламп (P_1)

Встановлено, що зі збільшенням P_1 і температури холодної зони ($t_{хз}$) зростання Φ_e випромінювання відбувається переважно за рахунок зростання його червоної та інфрачервоної ділянок. Для світлокультури рослин при $P_1 > 58 \div 60$ Вт/см ефективнішими є натрієві лампи високого тиску з добавками цезію.

Досліджено спектральний склад випромінювання ламп зі складом амальгами натрію і добавками цезію (Hg-20%, Na-75%, Cs-5%). Спектральний склад випромінювання має меншу, ніж стандартні натрієві лампи високого тиску, інтенсивність випромінювання в ділянці 500-600 нм і значно більшу в червоній (600-700 нм) та ближній інфрачервоній ділянках (рис.3).

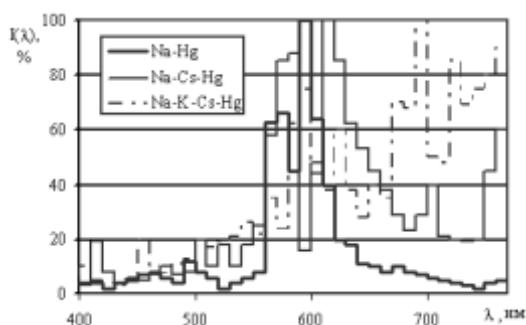
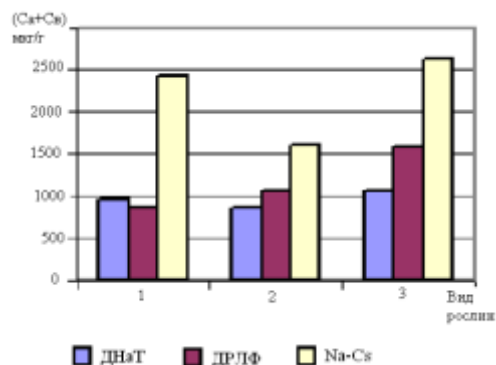


Рисунок 3 - Розподіл відносної спектральної енергії випромінювання ламп з різним наповненням: Na-Hg, Na-Cs-Hg, Na-K-Cs-Hg

Для оцінки якісних показників рослин, що було вирощено при опроміненні лампами з добавками цезію з визначеними світлотехнічними параметрами виконано аналіз вмісту пігментів в листках рослин томату, огірка та гороху. Результати представлено графічно на рис. 3 в порівнянні зі стандартними натрієвими лампами.



1–томат сорту „Де Барао”; 2–огірок „Фенікс”; 3–горох „Мадонна”

Рисунок 4 - Вміст пігментів у листках рослин томата, огірка та гороху при освітленні розрядними лампами високого тиску

Сумарний вміст хлорофілу та співвідношення суми хлорофілу до каротиноїдів у рослинах томату, огірка і гороху при опроміненні натрієвою лампою високого тиску з добавками цезію є вищими, ніж при опроміненні ДРЛФ400 і ДНаТ400.

Висновки На основі проведених досліджень встановлено оптимальні параметри ламп, які можна використовувати для світлокультури рослин: зовнішній діаметр розрядної трубки з полікристалічного окису алюмінію – 8,9 мм, міжелектродна відстань – 85мм, склад амальгами натрію з добавками цезію (Hg-20%, Na-75%, Cs-5%), з Хе при холодному тиску 20мм.рт.ст., в інтервалах питомих потужностей розрядного стовпа 55-65 Вт/см і к.к.д. ФАР 29-32%. Проведене фізико-хімічне дослідження властивостей потрібної системи натрій-цезій-ртуть дозволило встановити температури плавлення амальгам, розрахувати і вимірити тиск пар компонентів. Показано, що тиск пари ртуті і натрію підвищуються в порівнянні з бінарною системою натрій-ртуть, що сприятливо впливає на спектральні характеристики натрієвих ламп високого тиску. Температури плавлення досліджених амальгам не перевищують 102°C, тому амальгами можуть дозуватися в розрядну трубку в рідкому стані.

На підставі даних про абсолютну ефективність випромінювання розряду бінарної системи натрій-ртуть і даних про фізико-хімічні властивості потрібної системи обрані оптимальні склади амальгам, у яких співвідношення концентрацій натрію і ртуті близько до стандартної натрієвої лампи, а добавки цезію змінюються в межах (5-10 ат. %, 6,6-13,6 ваг. %).

Спектральні характеристики ламп із досліджуваною амальгамою вказують на збільшення потужності випромінювання в червоній ділянці спектра, що дає можливість використовувати їх в умовах тепличного господарства.

Література

1. Рохлин Г.Н. Работа натриевых ламп высокого давления в пульсирующем режиме / Г.Н. Рохлин // Светотехника.- 2001.- №3.-С. 2-8.
2. Уеймаус Д. Газоразрядные лампы/ Д Уеймаус // М.:Энергия.1977.- 343 с.
3. Пат. №51-39473 (Япония). Натриевая лампа/Кавасима Кодзо. Заявл. 30.11.71.№45-96456; опубл. 28.10.76.МКИ НОІ J 61/22.
4. Заявка №60-107256 (Япония). Натриевая лампа высокого давления/Харуо К., Ясабура Т., Ясуо Х. Заявл. 15.11.83, №58-215216; опубл. 12.06.85 МКИ НОІ J 61/56.
5. Дергачева М.Б., Хобдабергенова Г.Р. Термодинамические свойства жидких сплавов системы натрий-цезий-ртуть/ М.Б.Дергачева, Г.Р.Хобдабергенова // Ж. физ.-хим. -1988.-Т.62, №3.- С.594-599.