

Дипломна робота  
на тему:

*Оптичні властивості твердих  
розчинів  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$*

Виконав студент - Когут А. І.

Науковий керівник - доц. Микитюк В. І.

**Мета роботи:** Дослідження оптичних властивостей монокристалічних матеріалів  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$  із різним співвідношенням компонентів в підґратках металу і халькогену для кубічної структури та встановлення деяких параметрів цих матеріалів.

**Актуальність роботи:** Матеріали *A4B6* відносяться до вузькощілинних напівпровідників, які знаходять широке застосування в пристроях, що працюють у ГЧ – області спектру. Широке застосування знаходять багатокомпонентні тверді розчини на базі бінарних сполук. Особливо важливим є можливість створення на їх основі епітаксіальних гетероструктур, що узгоджені за параметром кристалічної ґратки, але відрізняються шириною забороненої зони. До таких матеріалів відносяться тверді розчини  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$ , оптичні властивості яких є предметом дослідження даної роботи.

Кристали для досліджень одержували методом Бріджмена-Стокбаргера, володіли *n* і *p* – типом провідності, концентрація носіїв заряду в зразках була в межах  $10^{16}$ - $10^{18}$  см<sup>-3</sup>.

Оптичні властивості вказаних матеріалів вивчались із спектрів пропускання, які реєструвались з допомогою інфрачервоного спектрометра ИКС-21 при кімнатній та азотній температурі. Коефіцієнт поглинання розраховували з даними спектрів пропускання за такими співвідношеннями.

### *Співвідношення для визначення коефіцієнта поглинання*

Спектри поглинання  $\alpha(h\omega)$  розраховувались на підставі спектрів пропускання за формулою

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \left\{ \frac{(1-R)^2}{2T} + \sqrt{\frac{(1-R)^4}{4T^2} + R^2} \right\} \quad (1)$$

де  $d$  – товщина зразка,  $T$ - коефіцієнт пропускання,  $R$ -коефіцієнт відбивання.

Якщо коефіцієнт відбивання невідомий, тоді коефіцієнт поглинання визначаємо за формулою:

$$\alpha = \frac{1}{d_2 - d_1} \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (2)$$

де  $d_1$  і  $d_2$  - товщина для 1 та 2 зразка.

Рис.1. Спектральна залежність коефіцієнта пропускання монокристалічної пластини від енергії  $Pb_{0,96}Sn_{0,04}S_{0,9}Se_{0,1}$  товщиною 100 мкм при температурах 1 - 295 К, 2 - 90 К

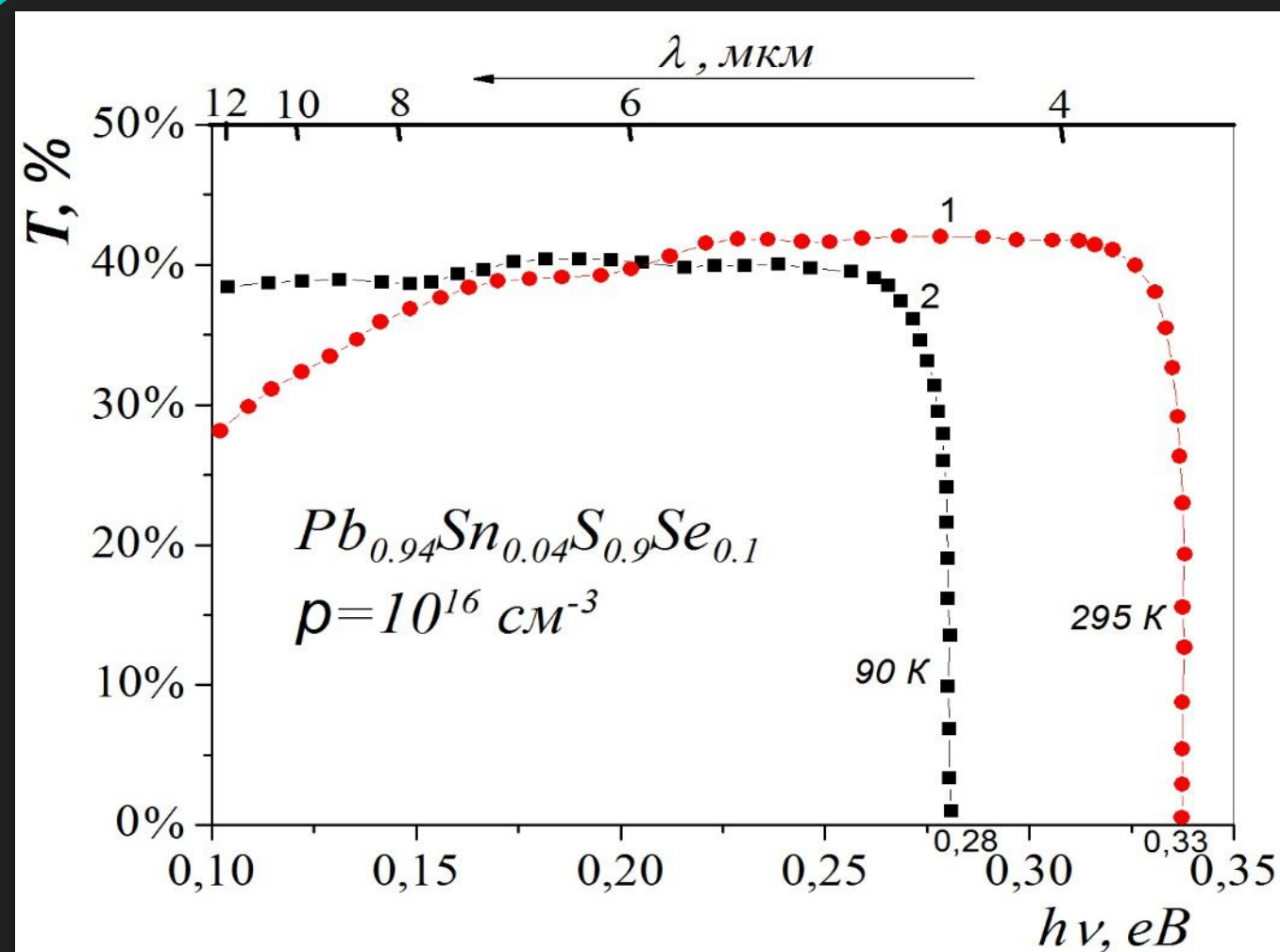
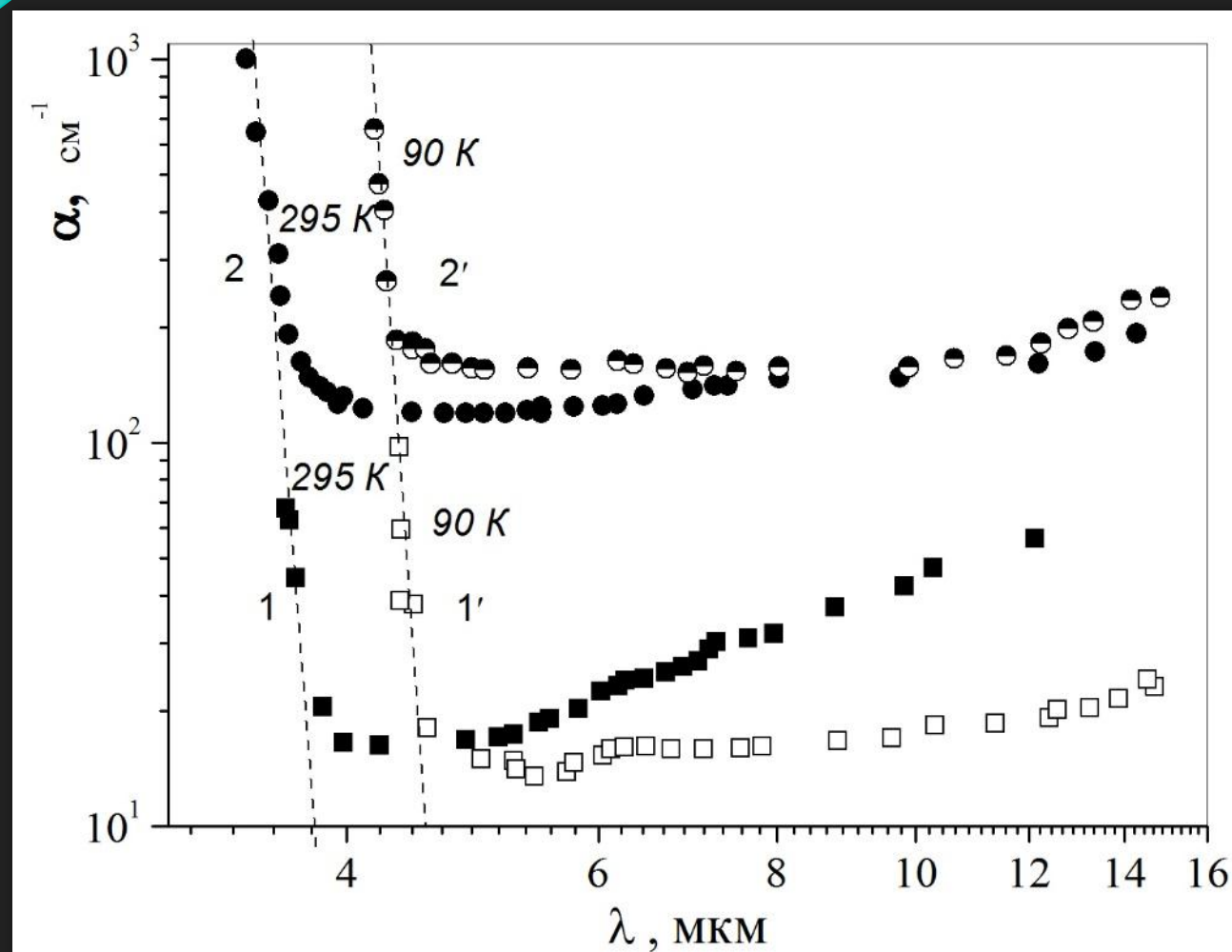


Рис.2. Спектральна залежність коефіцієнта поглинання зразків  $Pb_{0,92}Sn_{0,08}S_{0,8}Se_{0,2}$  з початку (1) і кінця (2) злитку при кімнатній і азотній (1,2) температурах. Концентрація дірок для зразка 1-  $p=2.1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ; для зразка 2 –  $p=0,7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$



*Рис.3. Залежність краю власного поглинання кристалів  $Pb_{0,92}Sn_{0,08}S_{0,8}Se_{0,2}$  при азотній і кімнатній температурах від енергії фотонів*

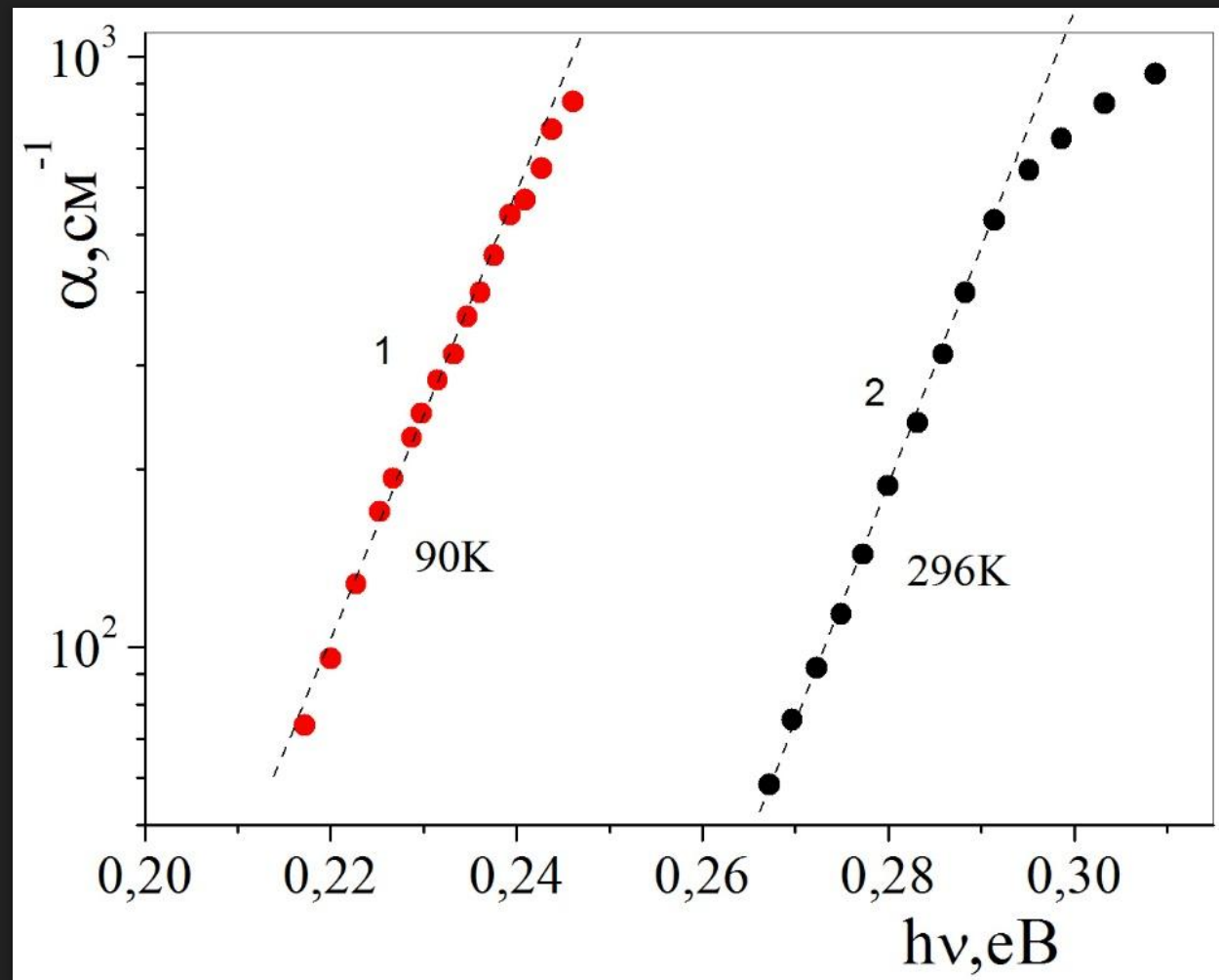
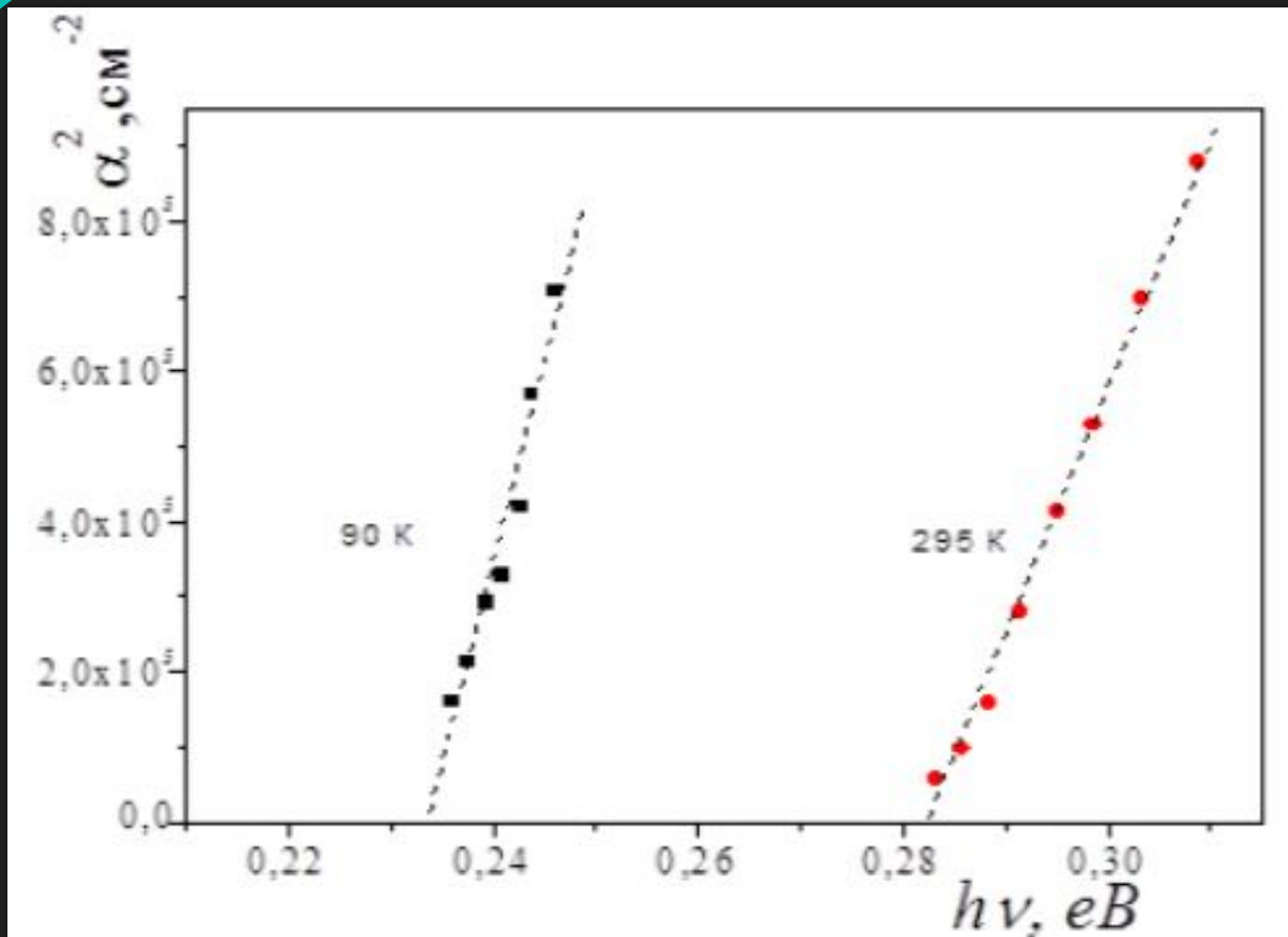
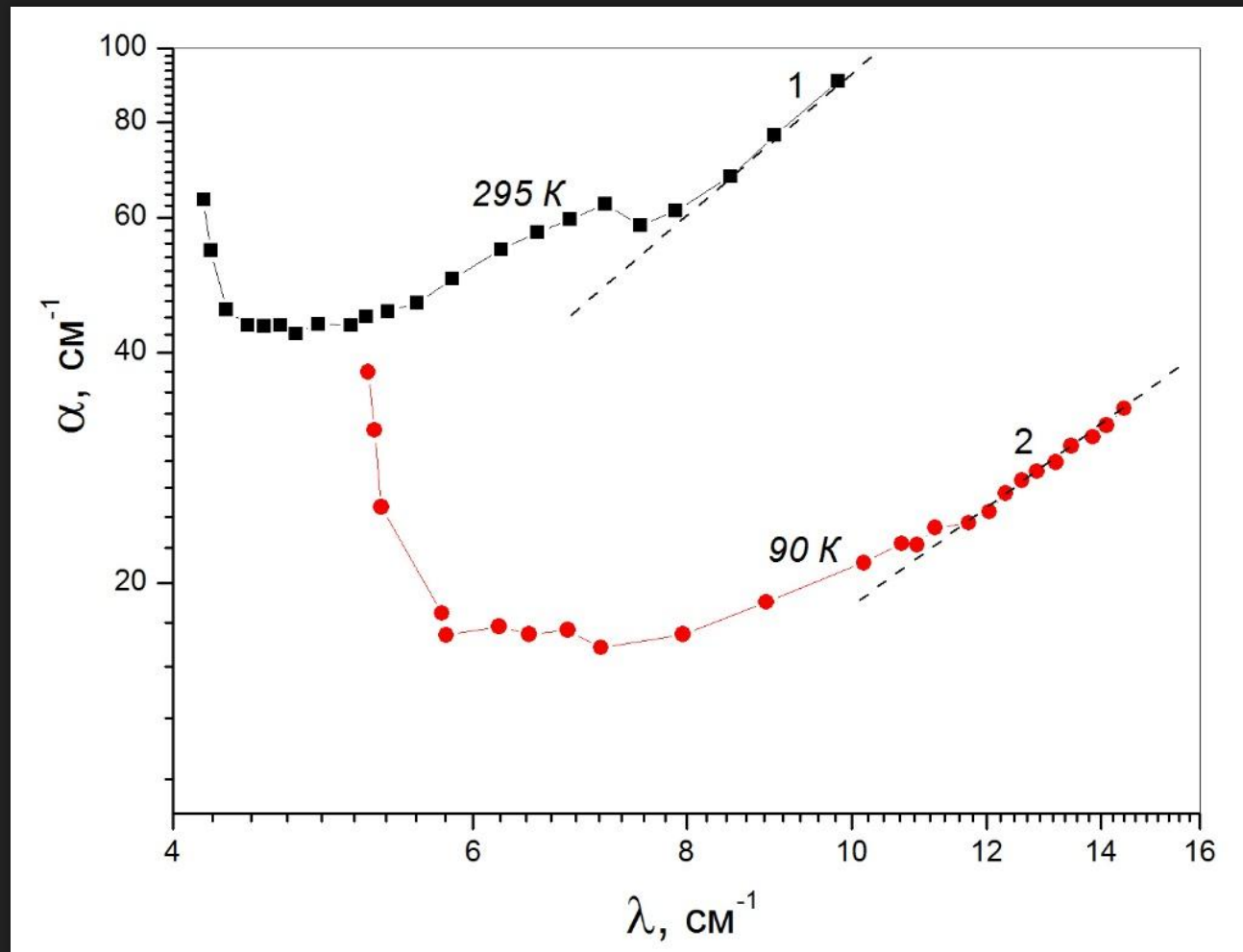


Рис.4. Край поглощения в координатах  $[\alpha^2, h\nu]$  зразка  $Pb_{0,92}Sn_{0,08}S_{0,8}Se_{0,2}$  при температурах 90 К і 295 К.  
 $E_g(90K)=0,234$  eВ;  $E_g(295K)=0,283$  eВ



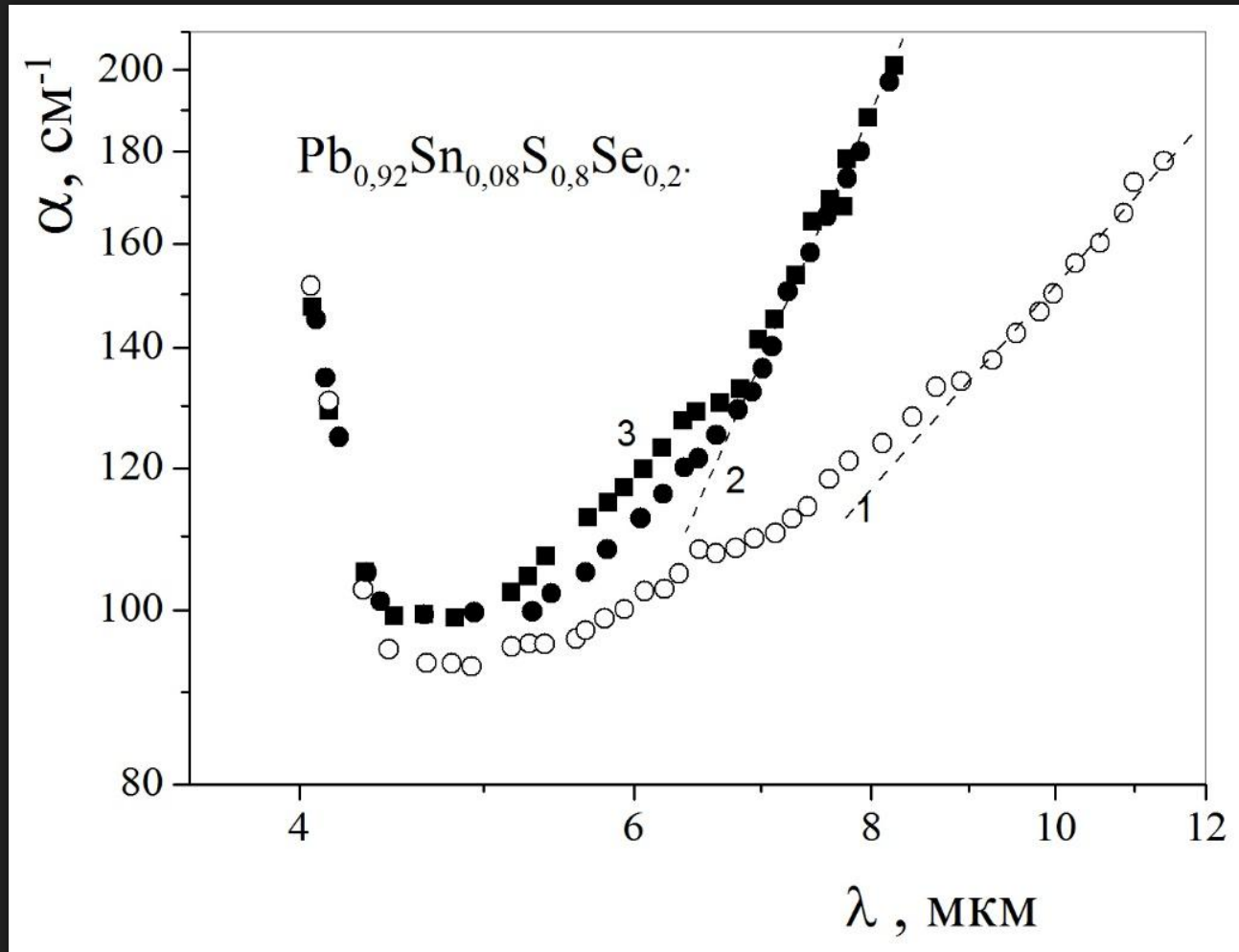
*Рис.5. Спектри поглинання вільними носіями заряду вирощуваних монокристалів  $Pb_{0,92}Sn_{0,08}S_{0,8}Se_{0,2}$   
1 - кімнатна температура (295 K);  
2 - азотна температура (90 K)*





*Рис.6. Зміни в характері спектрів поглинання вільними носіями для кристалів  $Pb_{0,92}Sn_{0,08}S_{0,8}Se_{0,2}$ , що виникають в процесі термоциклювання при кімнатній температурі.*

*1, 2, 3 – кількість термоциклів*



# ВИСНОВКИ

1. При температурі 90 К та 295 К для кристалів твердих розчинів  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$ , складів  $x=0,08$ ;  $x=0,04$ ;  $y=0,1$   $y=0,2$  в інтервалі концентрацій носіїв заряду  $p \approx 10^{16} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$  встановлені спектральні залежності коефіцієнтів пропускання та поглинання.
2. Встановлено, що довгохвильовий край власного поглинання має експоненційний характер і підчиняється правилу Урбаха.
3. Показано, що досліджені тверді розчини  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$ , як і їх потрійні аналоги та вихідні бінарні сполуки кубічної модифікації, відносяться до прямозонних напівпровідників.
4. Визначена величина ширини забороненої зони для кристалів  $Pb_{0,92}Sn_{0,08}S_{0,8}Se_{0,2}$  значення якої дорівнює 0,234 і 0,283 еВ для азотної і кімнатної температури відповідно.
5. Встановлено, що спектри поглинання вільними носіями заряду формуються за рахунок теплових коливань ґратки.
6. Для деяких зразків були виявлені зміни в характері спектрів поглинання вільними носіями заряду, що виникають в процесі термоциклювання, що може бути пов'язане зі збільшенням кількості дефектів в кристалі в процесі термоциклювання.

**Дякую за увагу!**