

## **Лабораторная работа 1**

# **Определение среднего размера зерна**

Томск – 2013

## Рекомендуемая литература

- 1. Чернявский К.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977.- 208 с.
- 2. Гольдштейн М.И., Фарбер Б.М. Дисперсионное упрочнение стали. - М.: Металлургия, 1979. -208 с.
- 3. ГОСТ 21073.1-75
- 4. ГОСТ 21073.2-75
- 5. ГОСТ 21073.3-75
- 6. ГОСТ 21073.4-75

# Цель работы

Ознакомление с методами определения среднего размера зерна.

Определение среднего размера зерна различными методами.

## **Задачи работы**

1. Ознакомиться с методами определения среднего размера зерна;
2. Определить средний размер зерна различными методами.

## **Вид отчетности:**

Сдать реферат и отчет на тему:

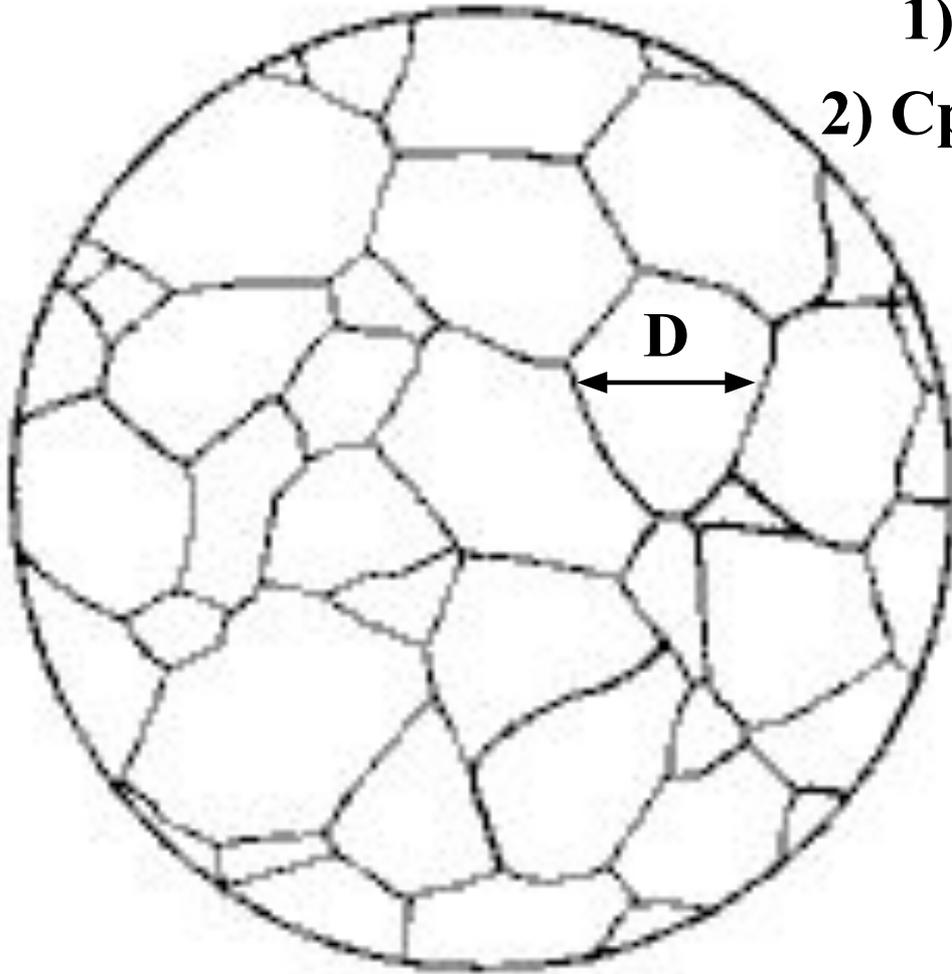
**Определение среднего размера зерна**

# Поликристаллические материалы

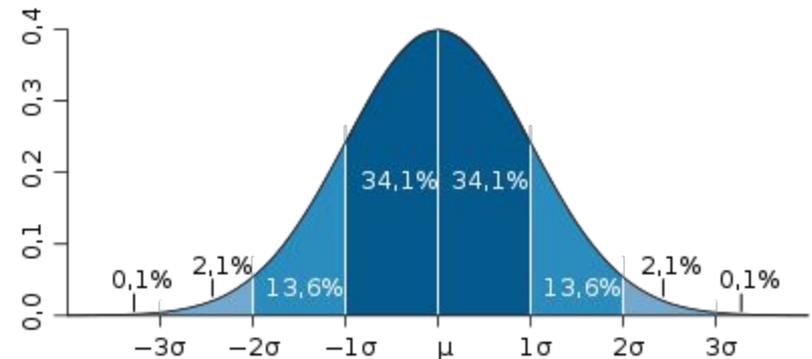
## Количественные характеристики

1)  $\langle D \rangle$  – средний размер зерна

2) Среднеквадратичное отклонение



$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$



3) Максимальный и минимальный размер зерен

## Зернограничное упрочнение металлов и сплавов

Зависимость предела текучести  $\sigma_T$  материала от размера зерна  $D$  описывается хорошо известным уравнением Холла — Петча:

$$\sigma_T = \sigma_i + k_y D^{-1/2}$$

Напряжение  $\sigma_i$  можно представить себе как предел текучести монокристалла данного материала (отсутствие сопротивления со стороны границ зерен), так как при  $d = \infty$   $\sigma_T = \sigma_i$ . Следовательно, собственно **зернограничное упрочнение**, т.е. повышение прочности за счет границ зерен в материале, являющихся барьерами распространения течения, будет характеризоваться величиной

$$\sigma_z = k_y D^{-1/2}$$

Коэффициент  $k_y$  характеризует материал, и его значения равны тангенсу угла наклона прямых на графике, описывающем зависимость  $\sigma_T$  от  $D^{-1/2}$ . Теоретически значения  $k_y$  могут быть оценены в зависимости от принятой дислокационной модели влияния границ зерен на предел текучести.

К примеру, для углеродистых и низколегированных сталей значения коэффициента  $k_y$  в уравнении Холла - Петча практически одинаковы и могут быть приняты в пределах 1,8—2,3 кгс/мм<sup>3/2</sup>.

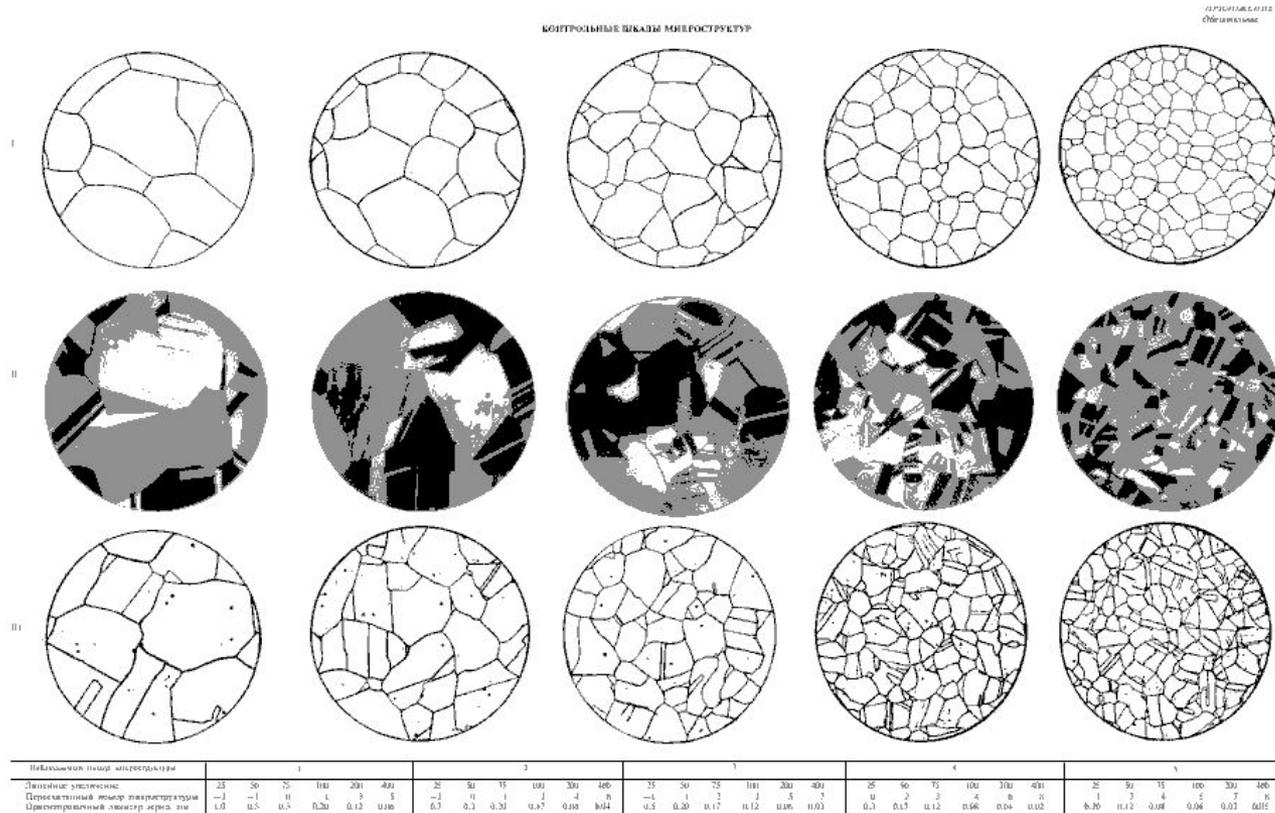
## **ГОСТы, регламентирующие методики определения средней величины зерна**

- 1) Метод сравнения с контрольной шкалой (ГОСТ 21073.1-75);
- 2) Метод подсчета зерен (ГОСТ 21073.2-75);
- 3) Метод подсчета пересечений зерен (ГОСТ 21073.3-75);
- 4) Планиметрический метод (ГОСТ 21073.4-75).

# Метод сравнения с контрольной шкалой (ГОСТ 21073.1-75)

Метод применяется для массового определения величины зерна в условиях производства.

Определение величины зерна производят сравнением изображения структуры материала с микроструктурами шаблона.



## Метод подсчета зерен (ГОСТ 21073.2-75)

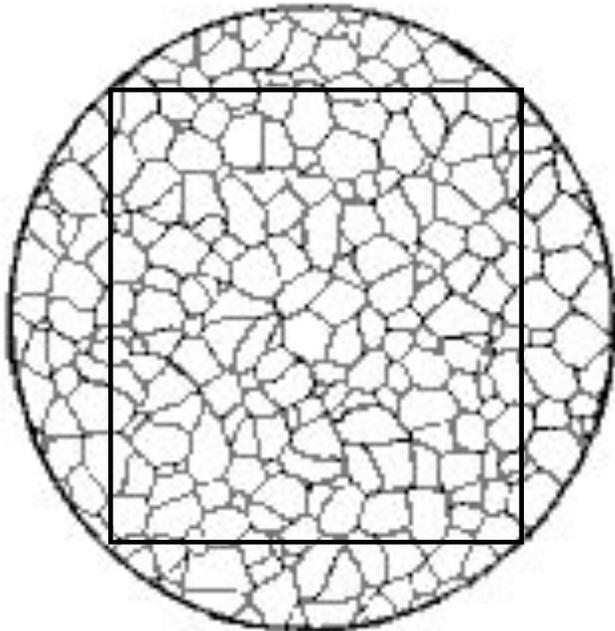
Метод применяется для количественных характеристик величины зерна при исследовательских или опытных работах.

### *Проведение испытаний*

- 1) На изображении структуры шлифа выбирают место с хорошо выявленными границами зерен.
- 2) Наносят контур контрольной площади подсчета зерен в виде круга или прямоугольника.
- 3) Величину зерна определяют подсчетом числа зерен  $n_1$ , целиком находящихся внутри контура контрольной площади подсчета, и  $n_2$ , пересекаемых контуром контрольной площади подсчета, исключая зерна, находящиеся на углах контура контрольной площади подсчета

За результат испытаний принимают следующие величины:

- 1) среднее число зерен  $m$ , находящихся на  $1 \text{ мм}^2$  площади шлифа  $S_k$ ;
- 2) среднюю площадь сечения зерна  $a$ ,  $\text{мм}^2$ .
- 3) Расчет производят по формулам:
  - при контрольной площади подсчета в виде квадрата или прямоугольника:



$$m = \frac{1}{S_k} (n_1 + 0,5n_2 + 3)$$

$$a = \frac{1}{m}$$

## Метод подсчета пересечений зерен (ГОСТ 21073.3-75)

Метод применяется для количественных характеристик величины зерна при исследовательских или опытных работах.

Определение величины зерна производят при таком увеличении, чтобы в поле зрения находилось целиком 80...200 зерен.

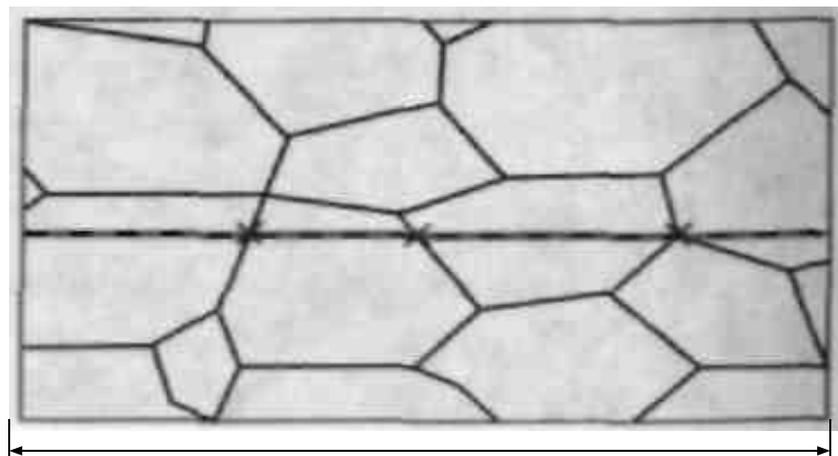
Для измерений применяют секущие линии в виде двух непараллельных прямых или окружности. Прямая секущая должна пересечь не менее 10 зерен; окружность – не менее 20 зерен.

Определение величины зерна производят подсчетом границ зерен  $N$ , пересеченных секущими длиной  $L$ .

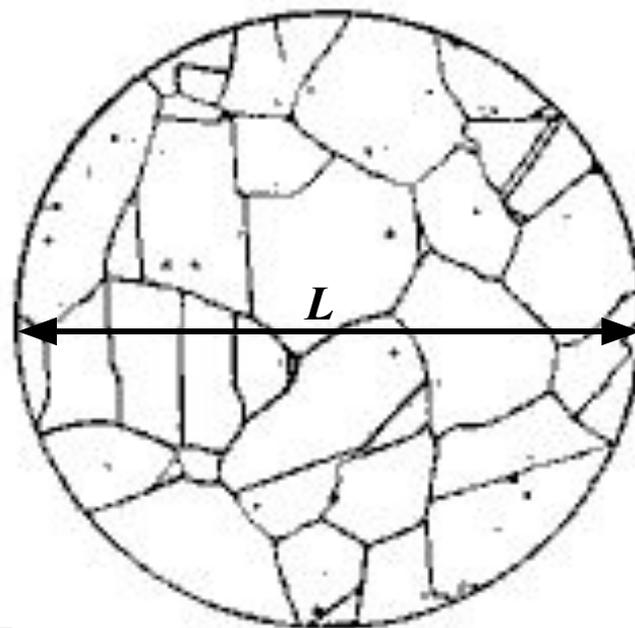
Расчет средней величины зерна  $D$  производят по формуле:

$$D = L / N.$$

# Метод подсчета пересечений зерен (ГОСТ 21073.3-75)



$L$



$L$

$$D = L / N$$

## Планиметрический метод (ГОСТ 21073.4-75)

Метод применяется в случае, требующем повышенной точности измерений.

Определение величины зерна производят при таком увеличении, чтобы в поле зрения находилось целиком 80...200 зерен.

Определение величины зерна проводят планиметрированием площади  $S$ , составленной из целых зерен, и подсчета числа этих зерен  $n$ .

За результат испытаний принимают следующие величины:

- 1) среднюю площадь сечения зерна  $a$ , мм<sup>2</sup>;
- 2) среднее число зерен  $m$ , находящихся на 1 мм<sup>2</sup> площади шлифа;

## Планиметрический метод (ГОСТ 21073.4-75)

Расчет производят по формулам:

$$a = \frac{S}{n} \qquad m = \frac{1}{a}$$

Средний диаметр зерна определяют по формуле:

$$D = \sqrt{a}$$

Планиметрирование площади  $S$ , составленной из целых зерен, осуществляют специальными приборами либо вручную, применяя линейный, сеточный или весовой методы.

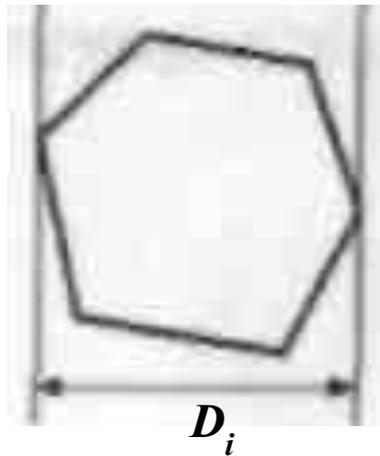
## Контрольные вопросы

1. Физическая суть зернограничного упрочнения металлов и сплавов.
2. В чем заключается метод сравнения с контрольной шкалой.
3. Дать понятие методу подсчета зерен.
4. Пояснить суть метода подсчета пересечений зерен.
5. Пояснить суть планиметрического метод определения размера зерен.
6. Планиметрирование площади  $S$  линейным методом.
7. Планиметрирование площади  $S$  сеточным методом.
8. Планиметрирование площади  $S$  весовым методом.

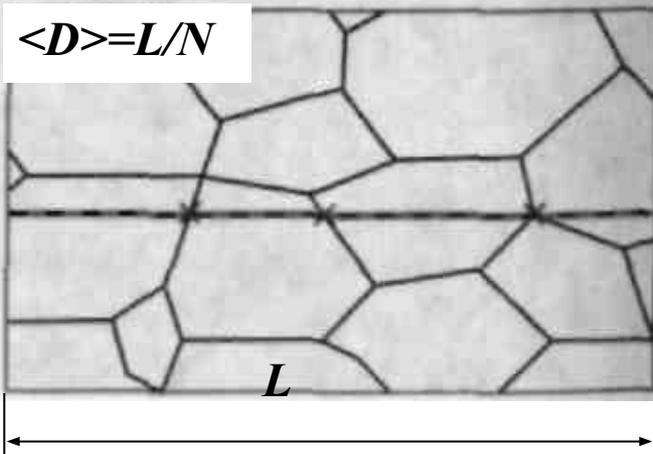
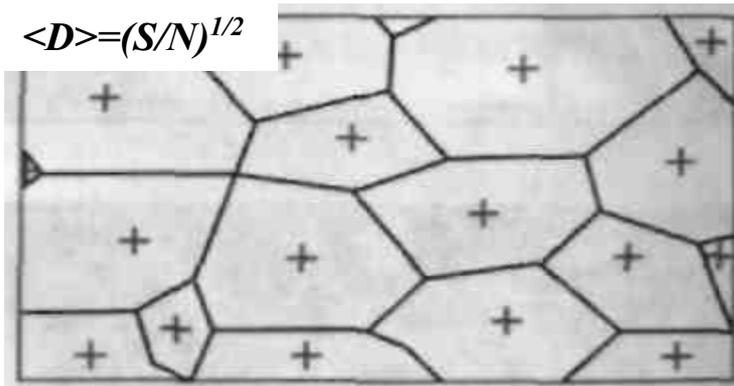
# Практическая работа

1) Двумя из трех представленных способов определить средний ( $D$ ), максимальный ( $D(\max)$ ) и минимальный ( $D(\min)$ ) размер зерен. Полученные значения занести в таблицу.

1



2



3

# Практическая работа

Способ 1				Способ 2			
D, мкм	$\sigma$ , мкм	$D_{\min}$ , мкм	$D_{\max}$ , мкм	D, мкм	$\sigma$ , мкм	$D_{\min}$ , мкм	$D_{\max}$ , мкм

Способ 1: – произвести не менее 100 измерений размера зерен;

Способ 2: S – площадь картинке; N – количество зерен на картинке;

Способ 3: произвести подсчет границ зерен N, пересеченных секущими длиной L; расстояние между секущими 10 мм.

2) Используя соотношение Холла-Петча вида  $\sigma_3 = k_y D^{-1/2}$ , осуществить оценки величины  $\sigma_3$  для трех случаев, используя полученные значения D,  $D_{\min}$  и  $D_{\max}$ . Принять  $k_y = 2 \text{ кгс/мм}^{3/2}$ .

3) Рассчитать величины:  $\sigma_3(D) / \sigma_3(D_{\min})$  и  $\sigma_3(D) / \sigma_3(D_{\max})$

Представить отчет в виде:

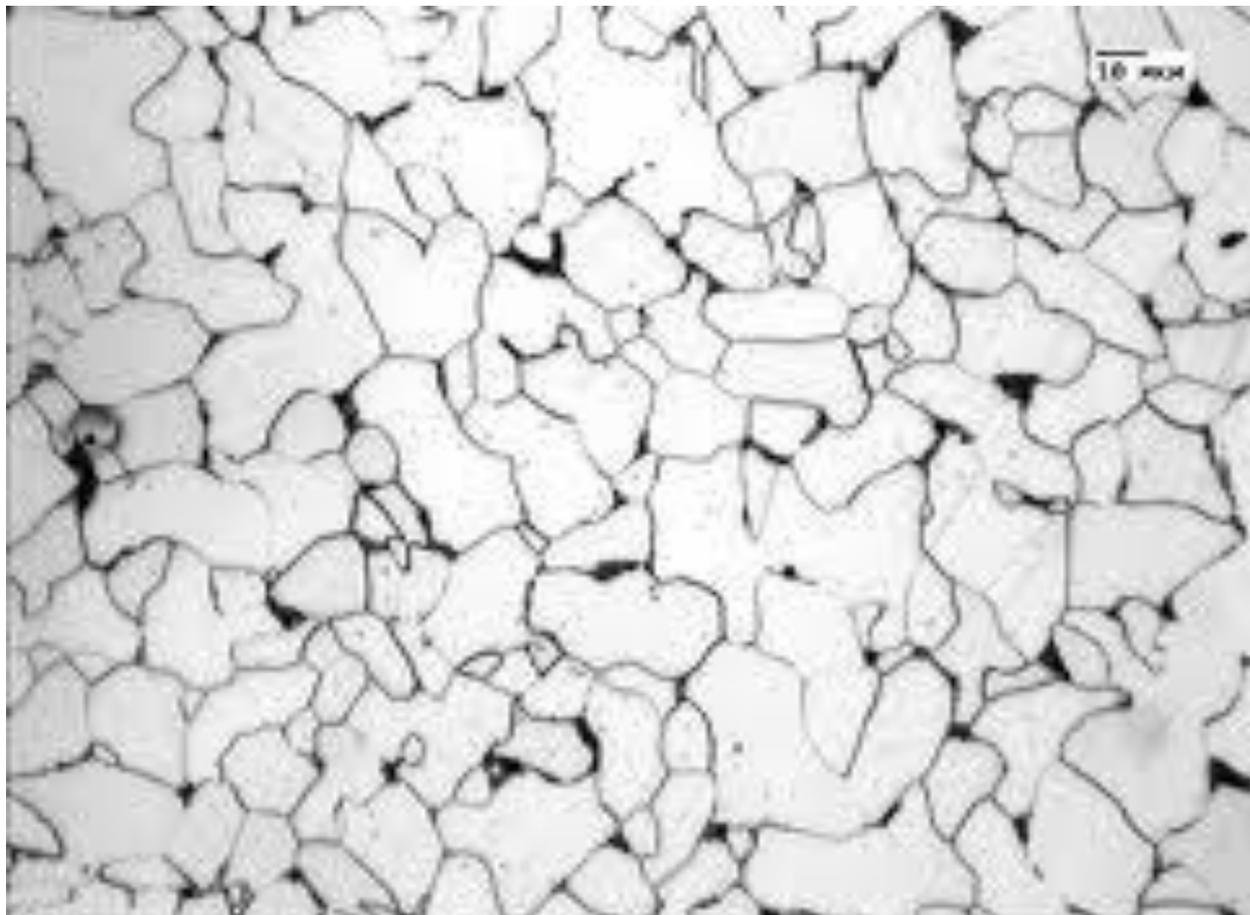
1) рисунков соответственно схеме, с указанием способа определения размера реального зерна;

2) гистограмм размера зерен;

3) таблицы полученных результатов

# Практическая работа

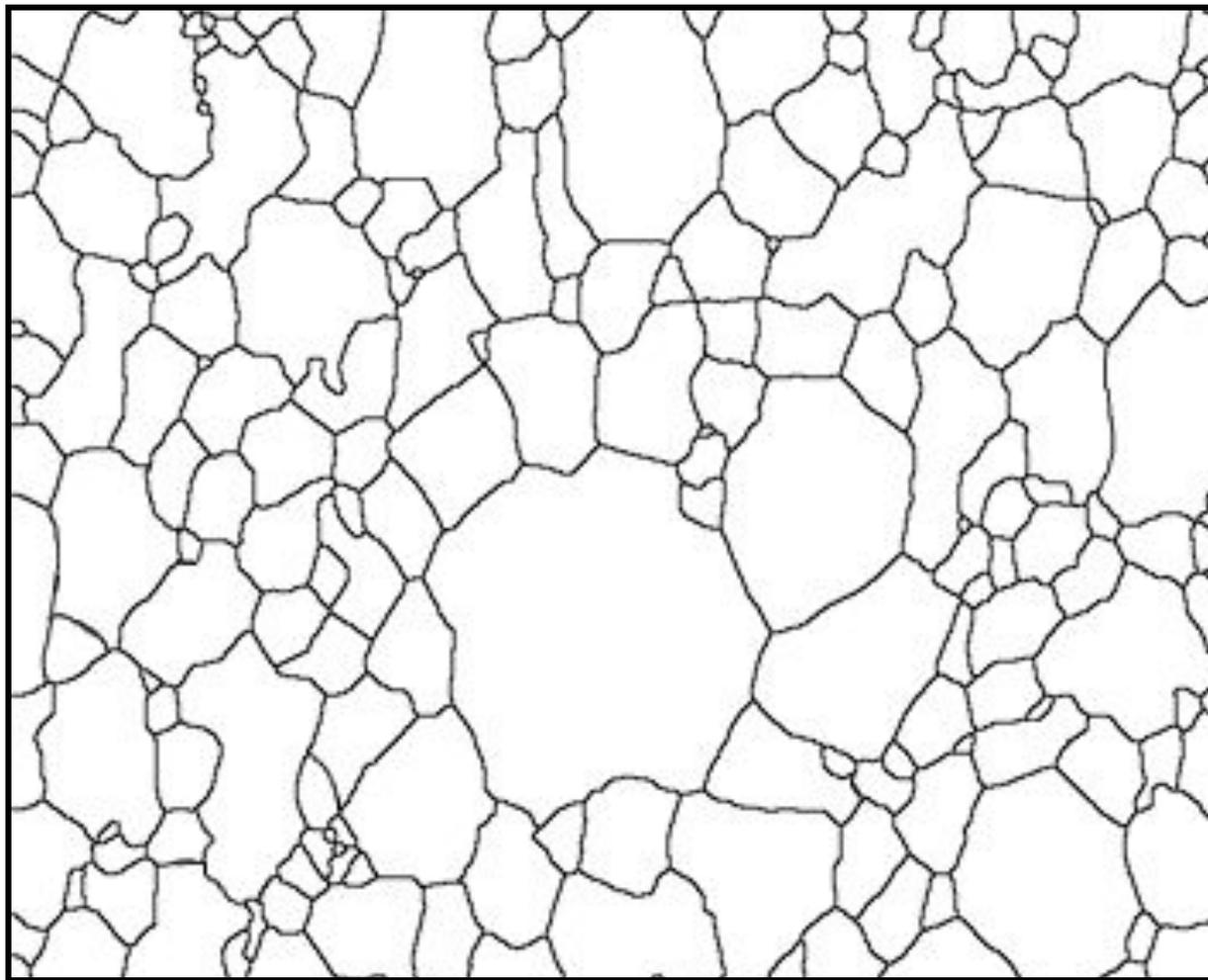
Вариант 1



10 мкм

# Практическая работа

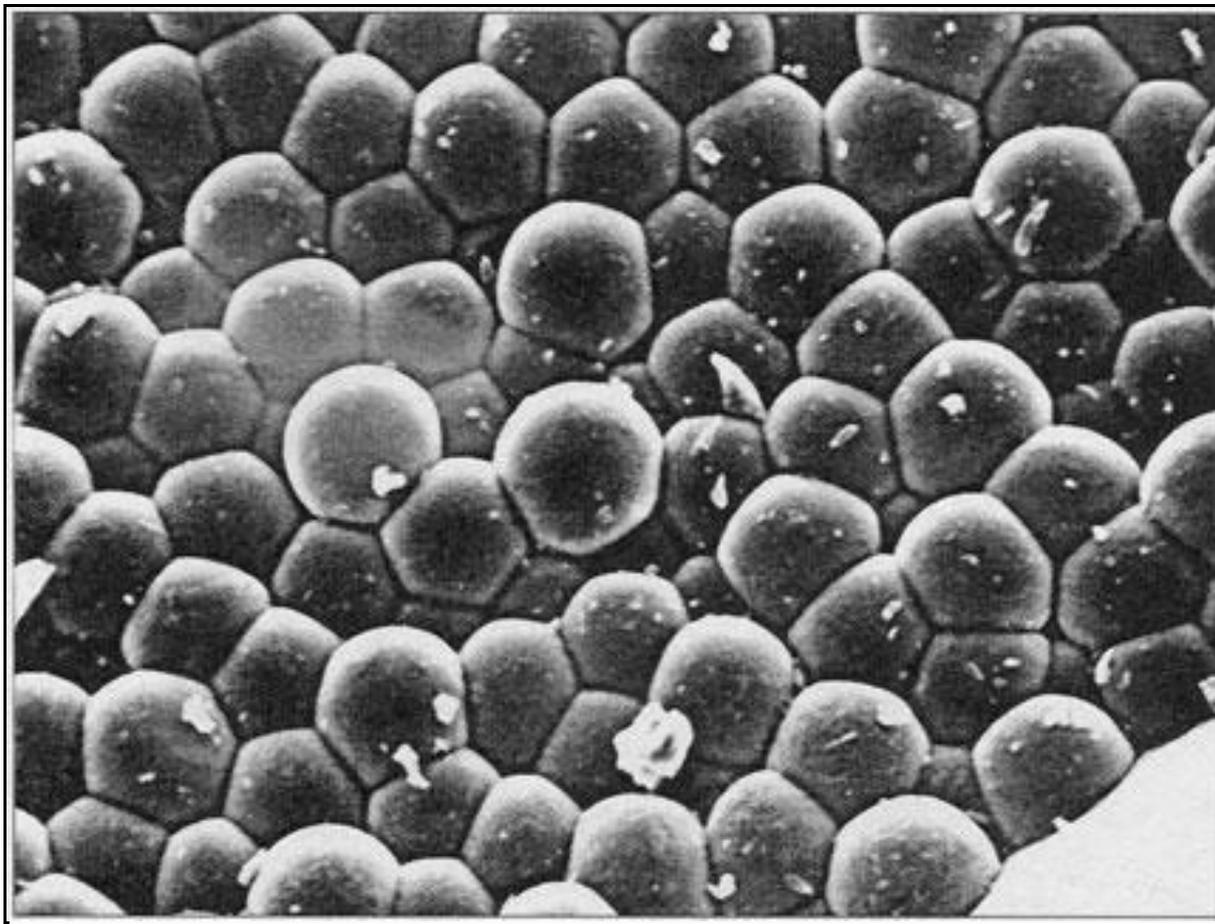
Вариант 2



10 мкм

# Практическая работа

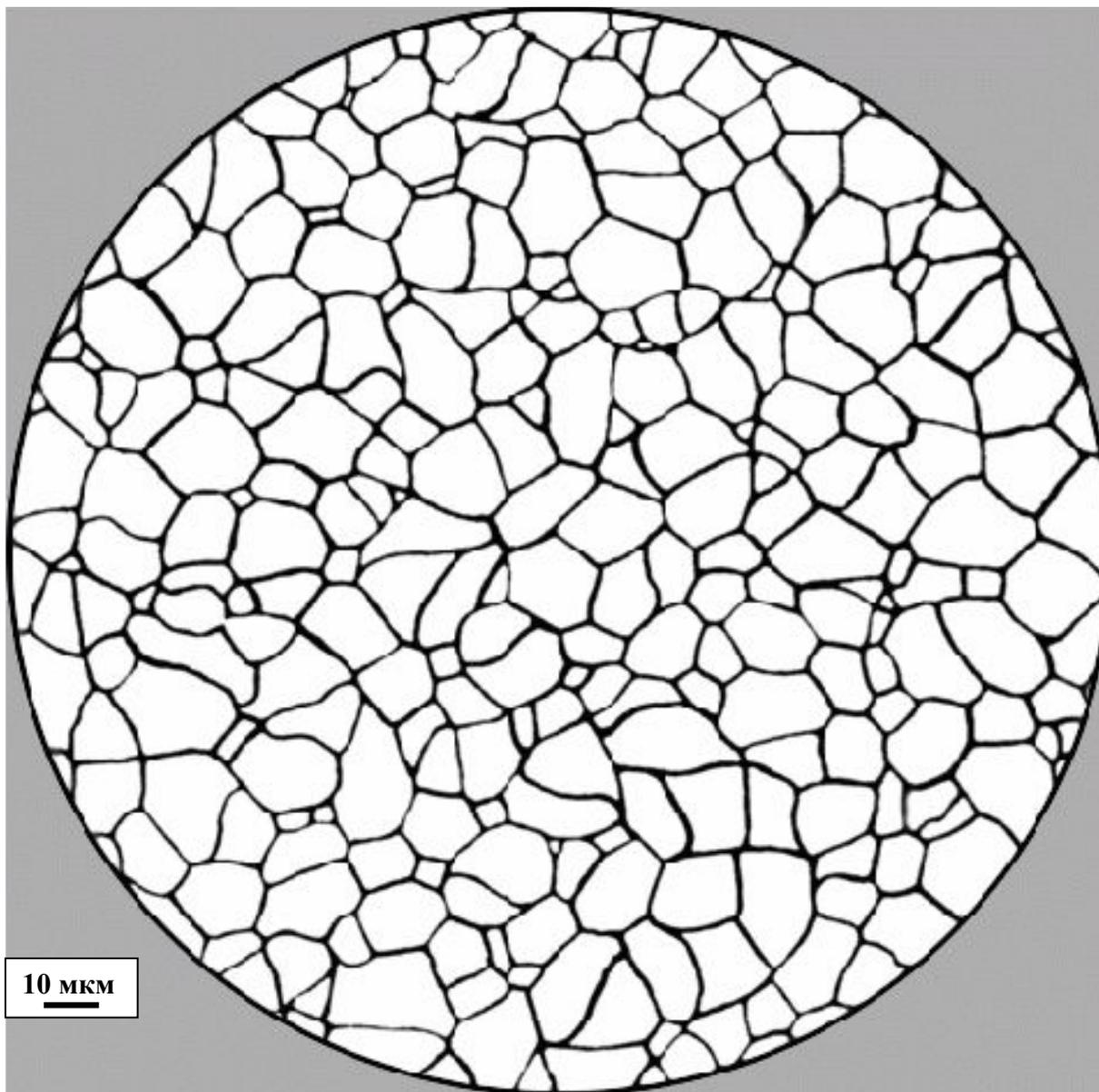
Вариант 3



10 мкм

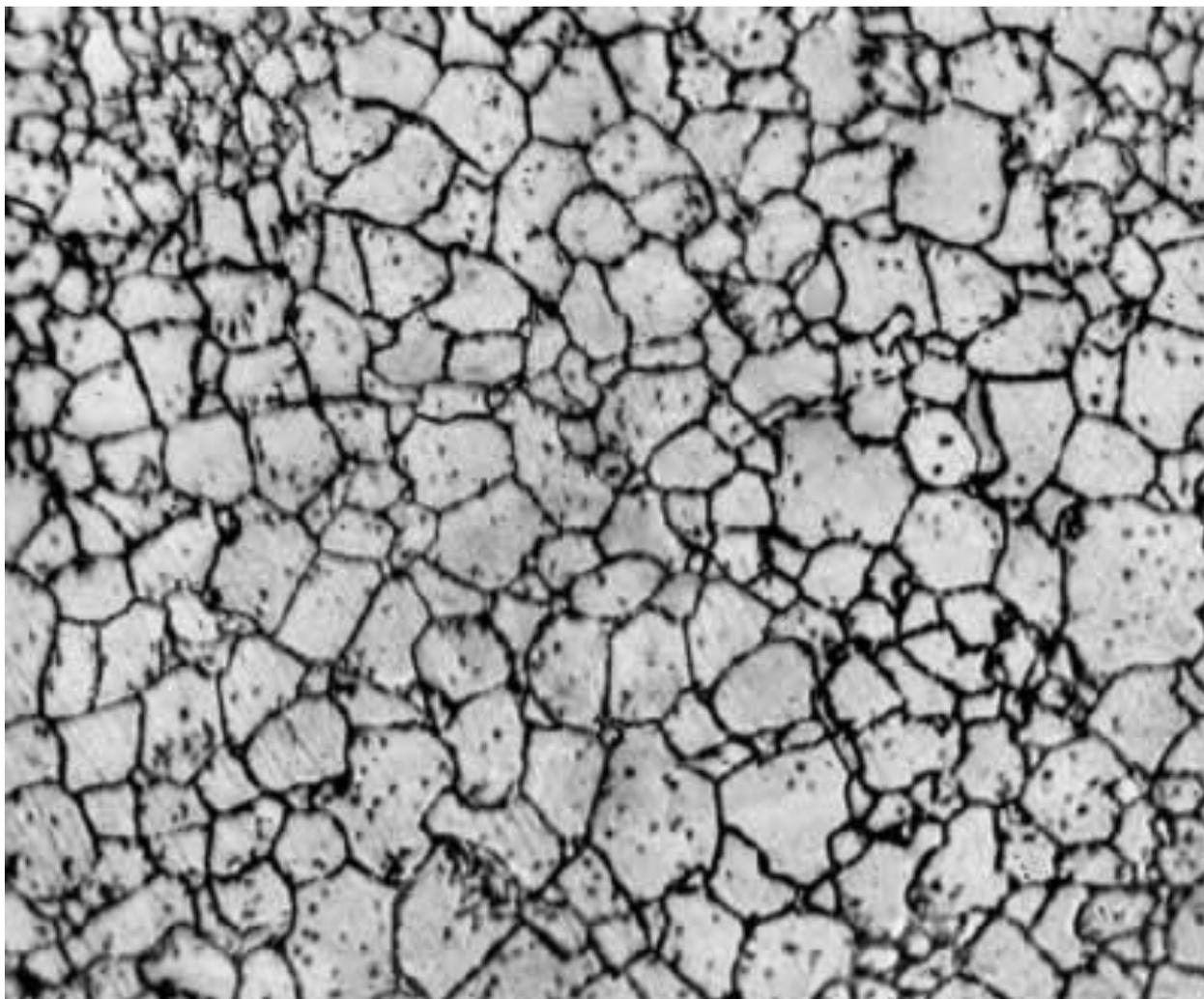
# Практическая работа

Вариант 4



# Практическая работа

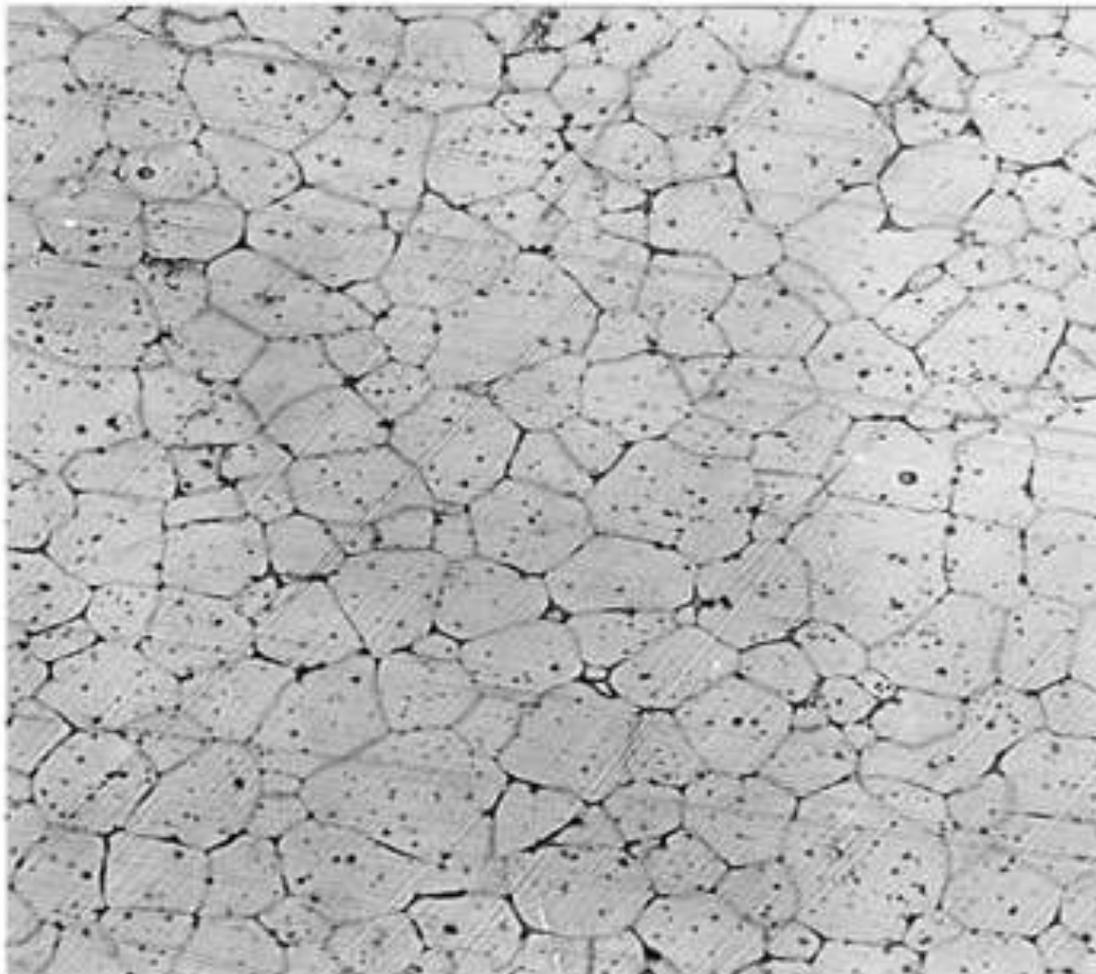
Вариант 5



10 мкм

# Практическая работа

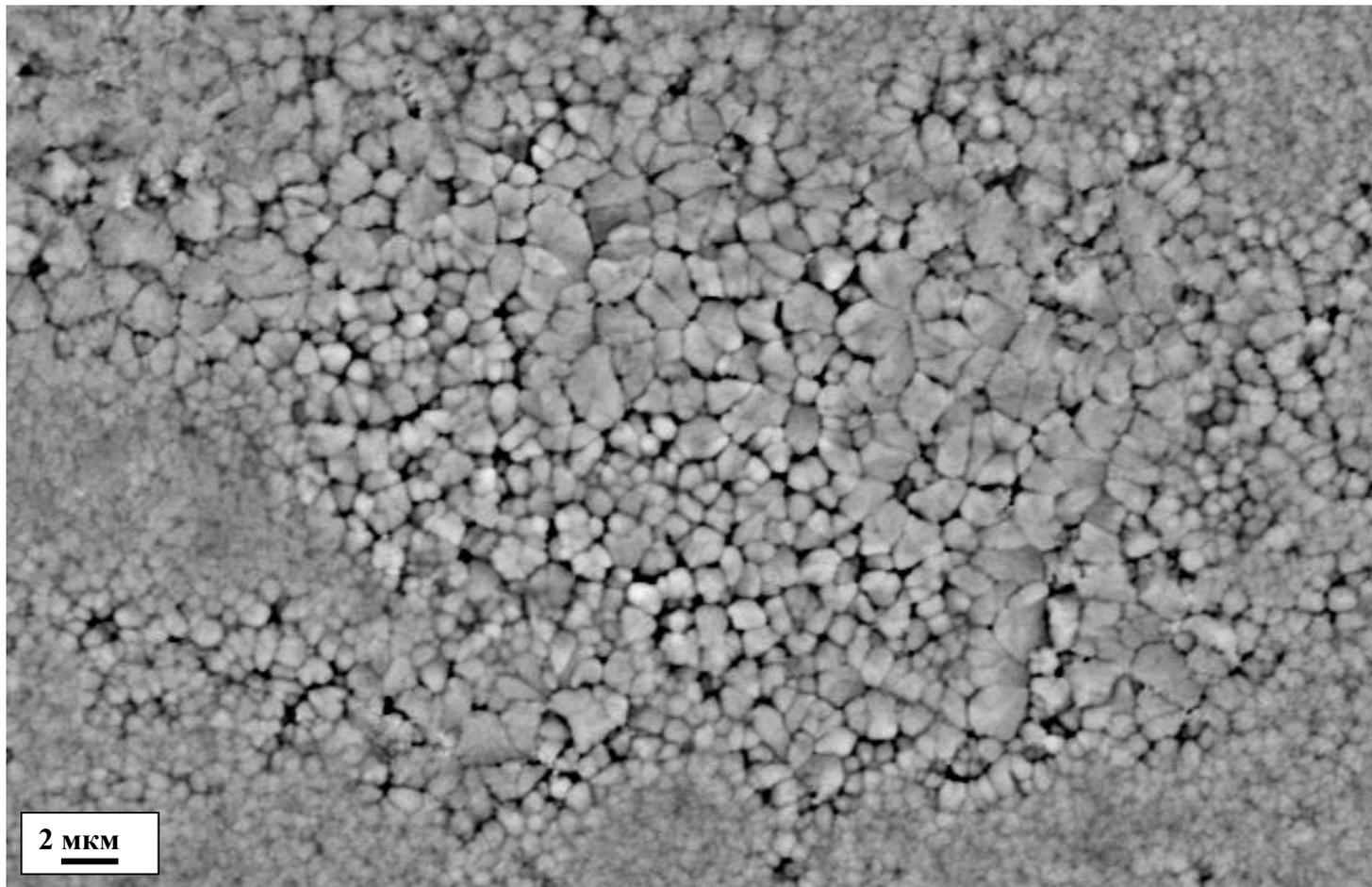
Вариант 6



10 мкм

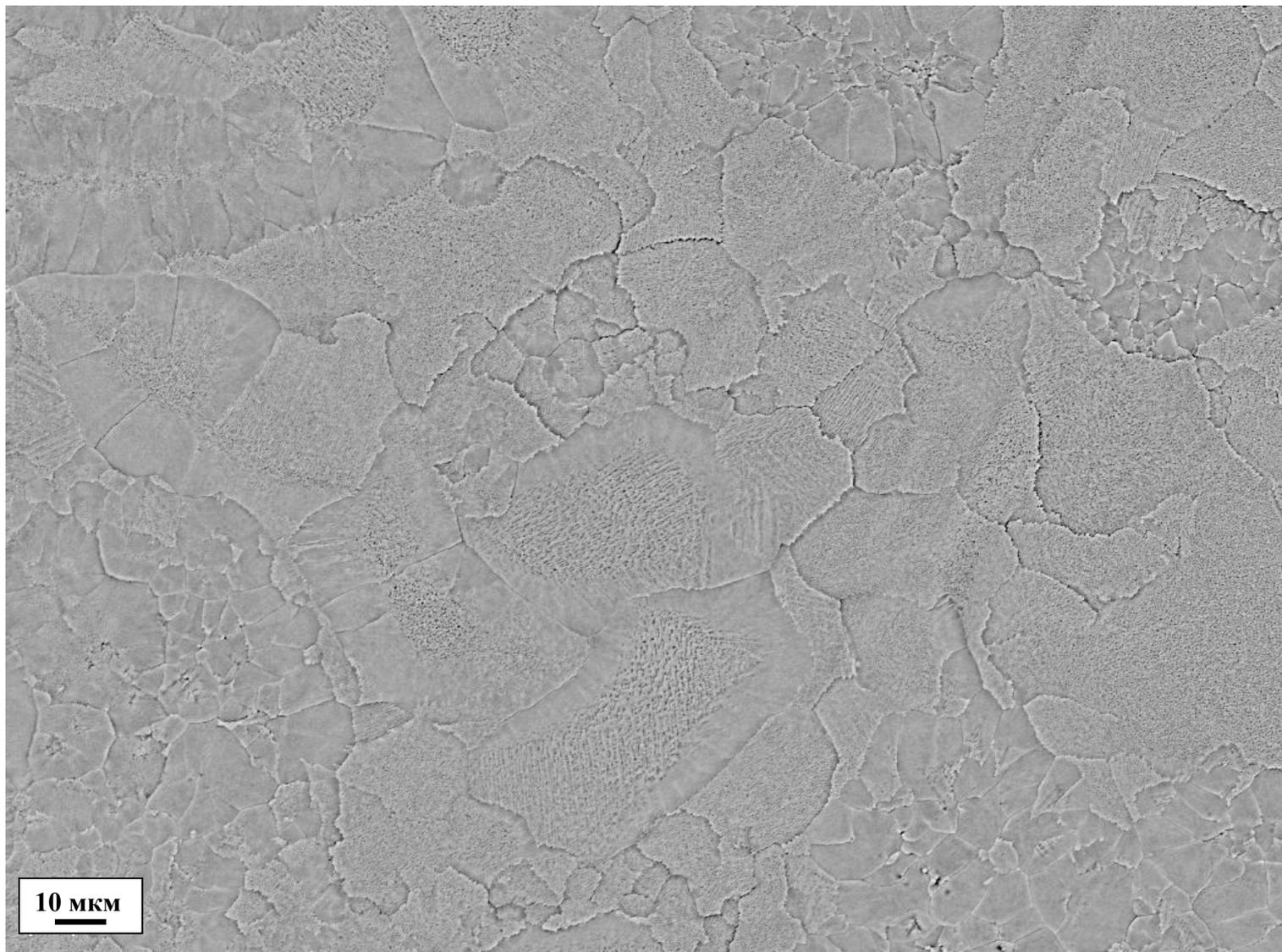
# Практическая работа

Вариант 7



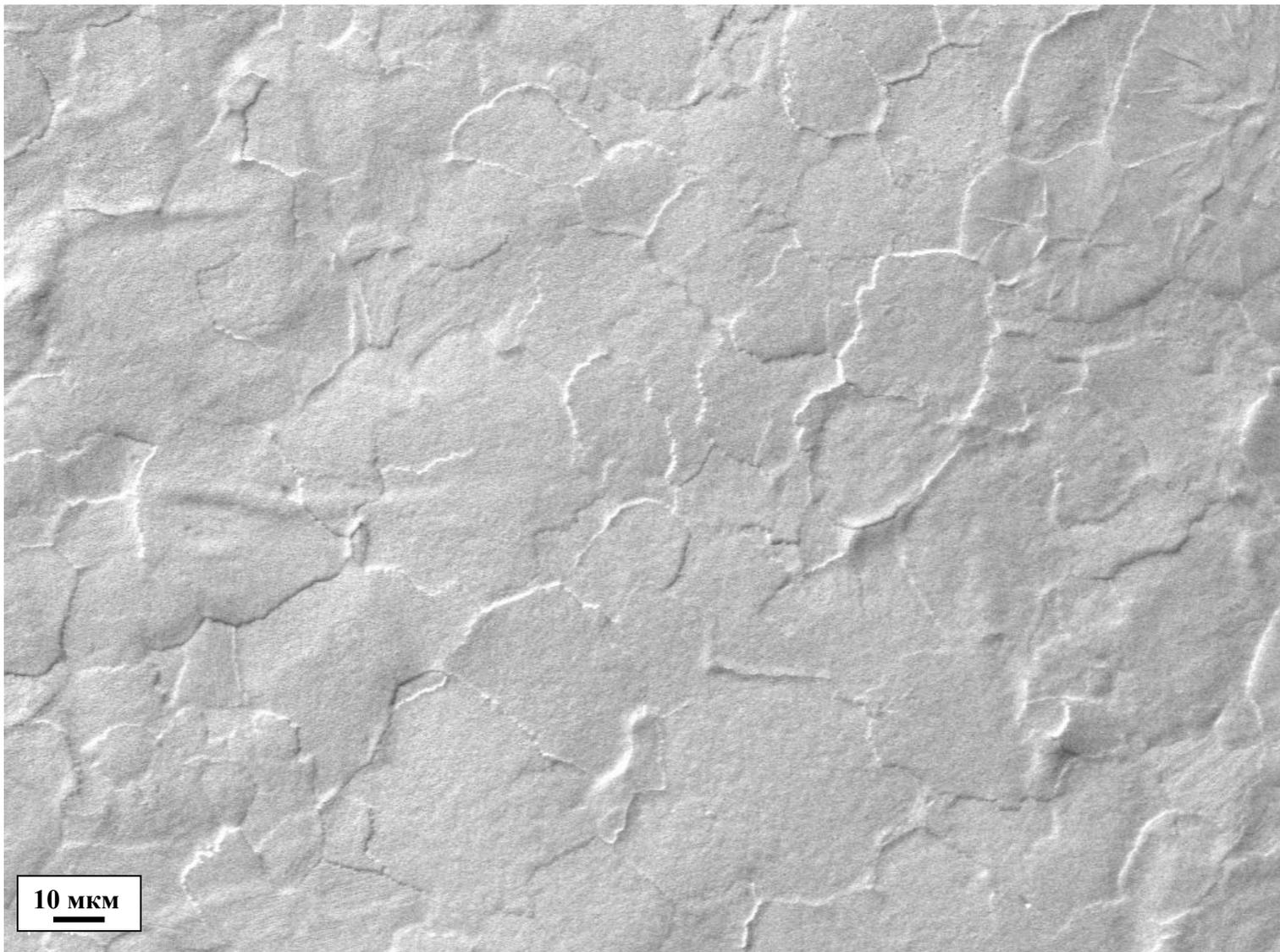
# Практическая работа

Вариант 8



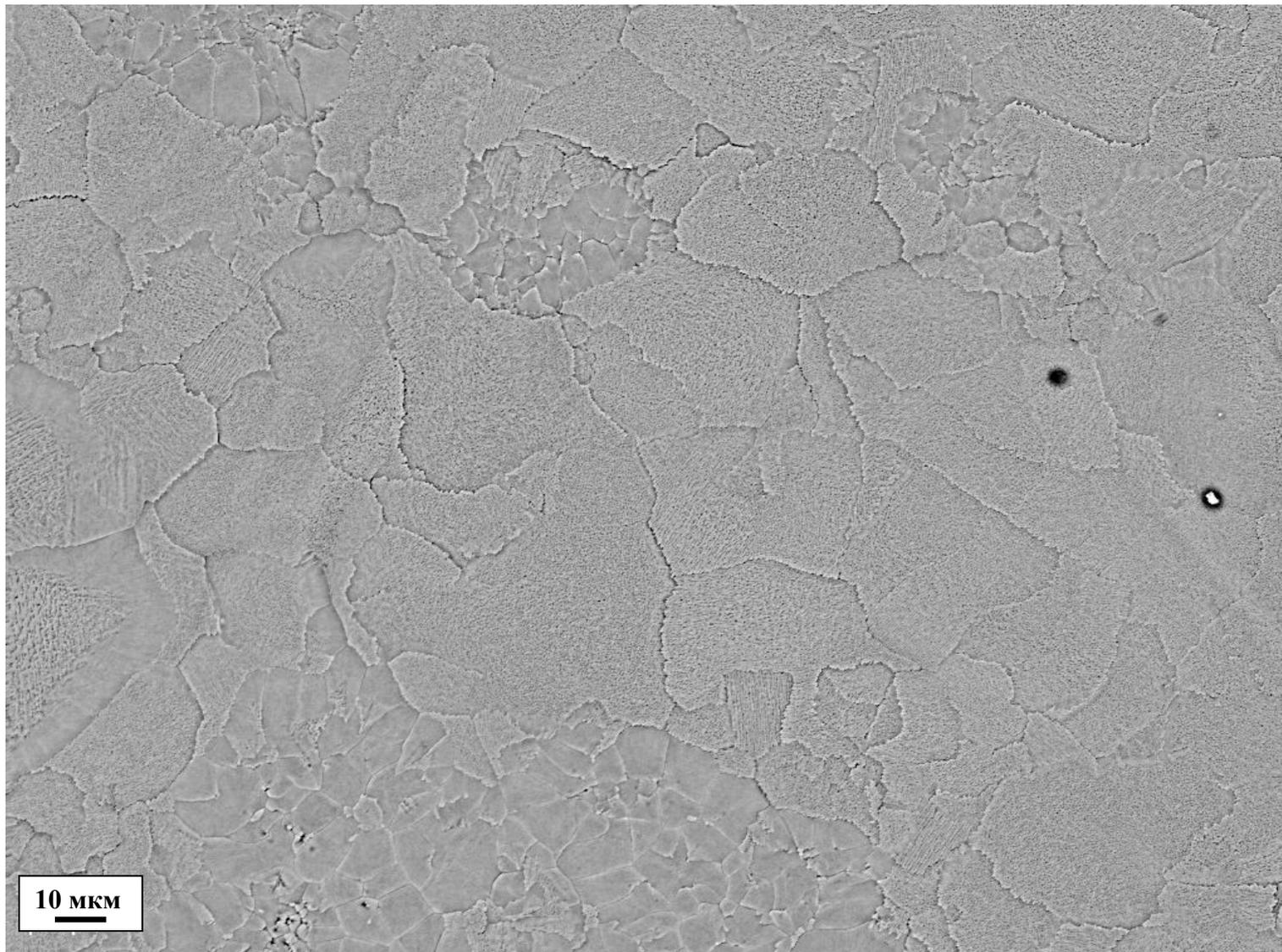
# Практическая работа

Вариант 9



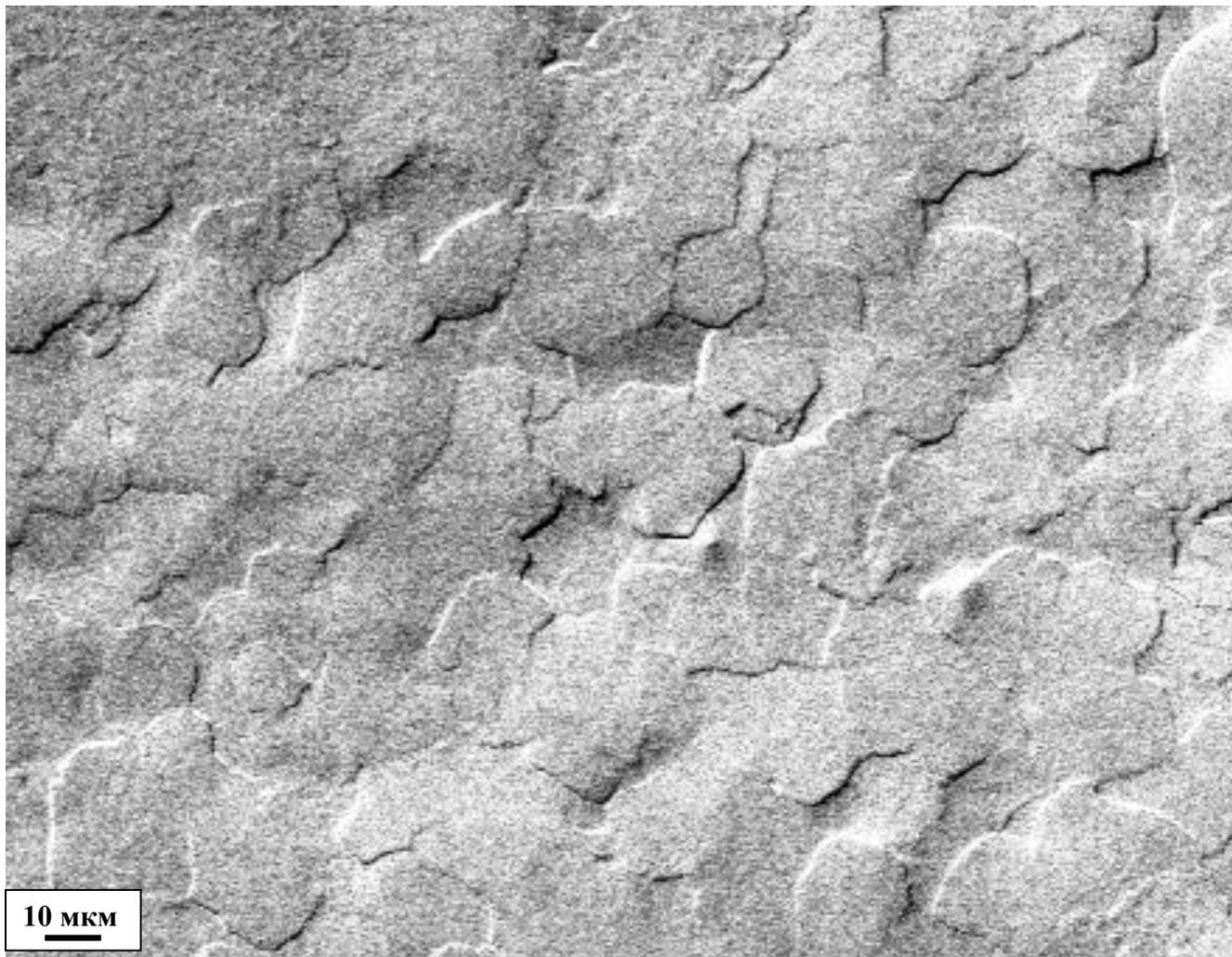
# Практическая работа

Вариант 10



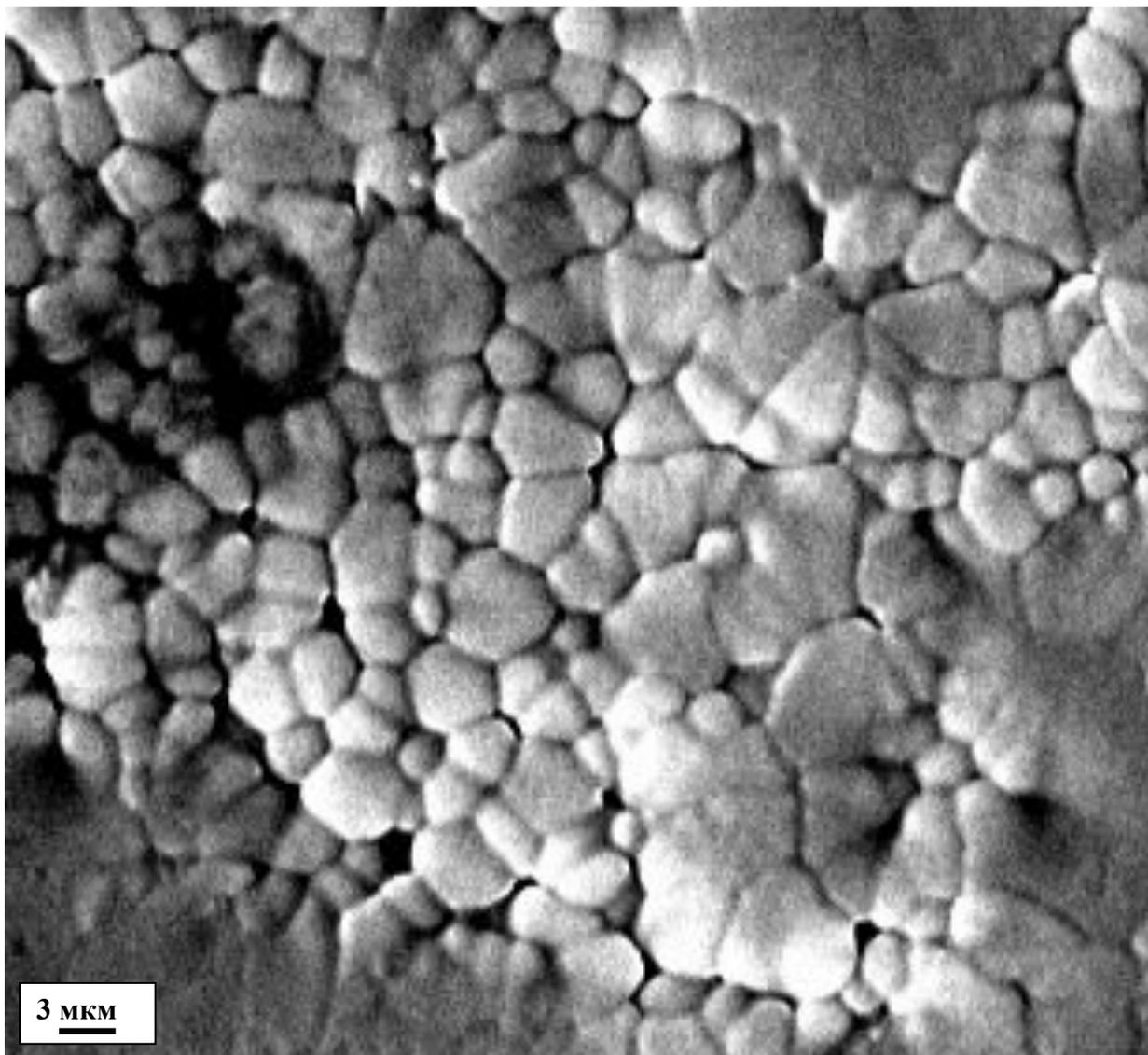
# Практическая работа

Вариант 11



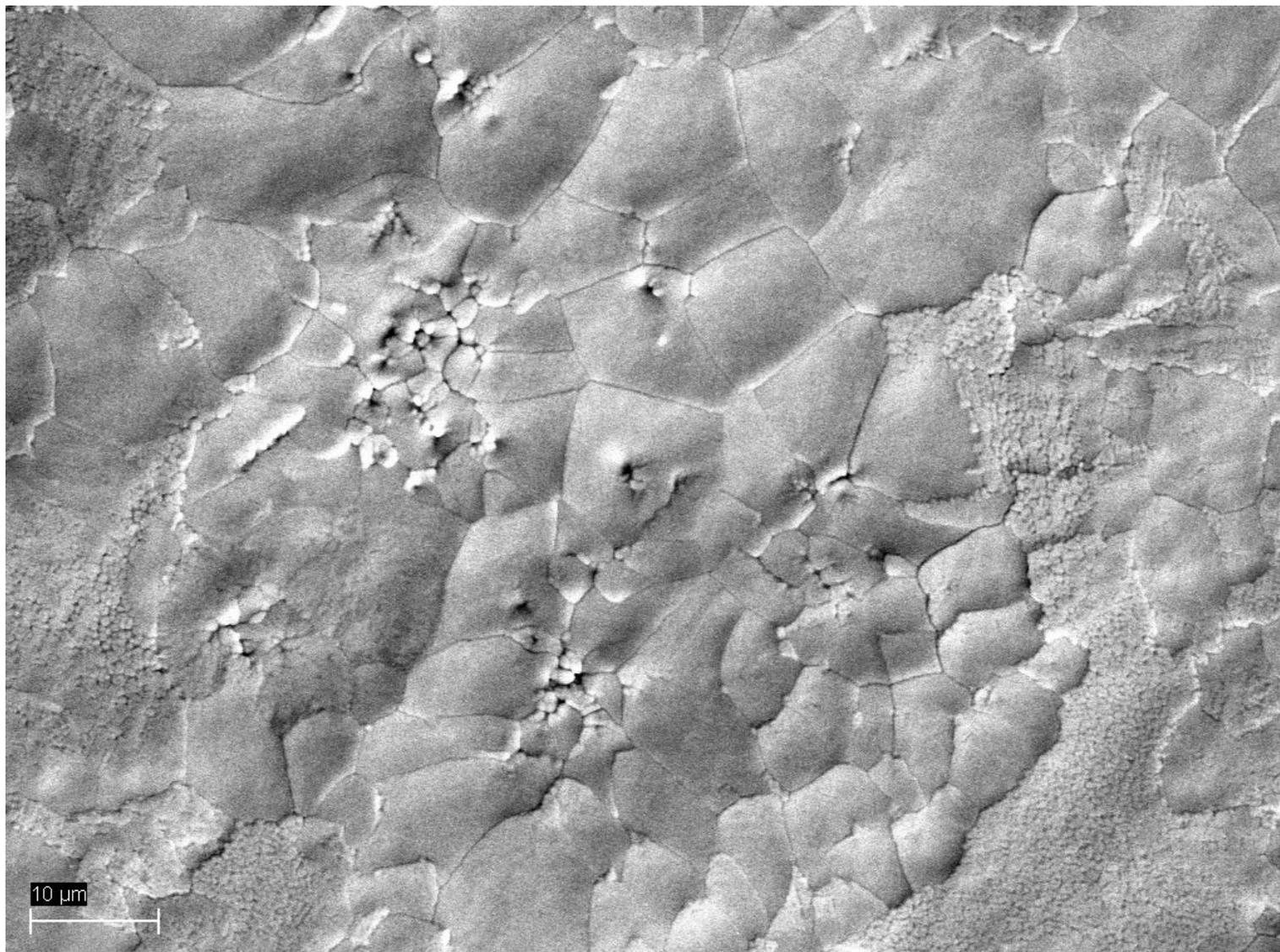
# Практическая работа

Вариант 12



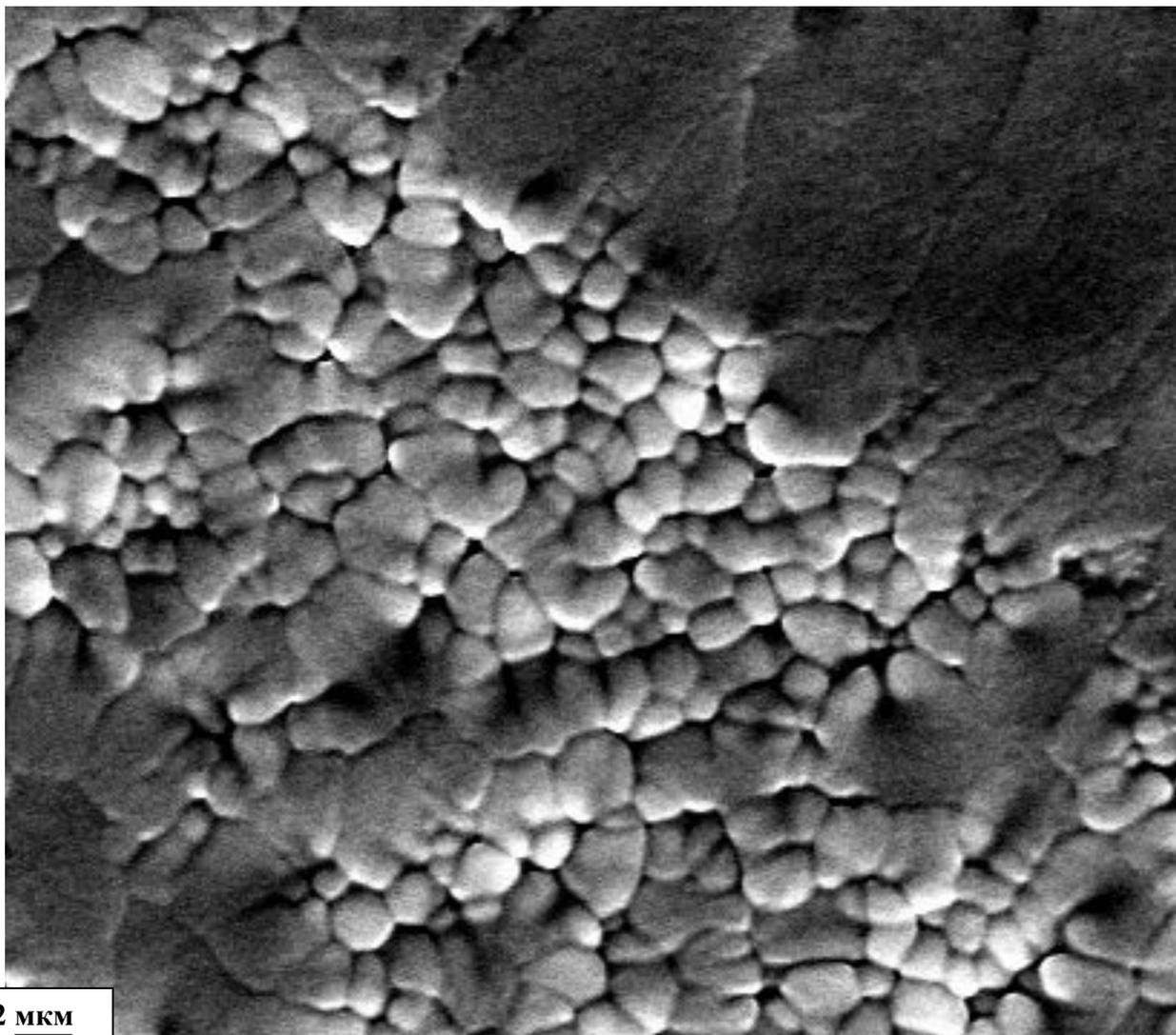
# Практическая работа

Вариант 13



# Практическая работа

Вариант 14



# Практическая работа

Вариант 15

