

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

## Отчет по лабораторной работе №4

Специальность ИИ-23

Выполнил

Медведь П.В.,

студент группы ИИ-23

Проверила

Андренко К.В.,  
преподаватель стажёр  
кафедры ИИТ,

«\_\_» \_\_\_\_ 2025 г.

Брест 2025

**Цель:** научиться осуществлять предобучение нейронных сетей с помощью RBM

### **Общее задание**

1. Взять за основу нейронную сеть из лабораторной работы №3. Выполнить обучение с предобучением, используя стек ограниченных машин Больцмана (RBM – Restricted Boltzmann Machine), алгоритм которого изложен в лекции. Условие останова (например, по количеству эпох) при обучении отдельных слоев как RBM выбрать самостоятельно.
2. Сравнить результаты, полученные при
  - обучении без предобучения (ЛР 3);
  - обучении с предобучением, используя автоэнкодерный подход (ЛР3);
  - обучении с предобучением, используя RBM.
3. Обучить модели на данных из ЛР 2, сравнить результаты по схеме из пункта 2;
4. Сделать выводы, оформить отчет по выполненной работе, загрузить исходный код и отчет в соответствующий репозиторий на github.

### **Задание по вариантам**

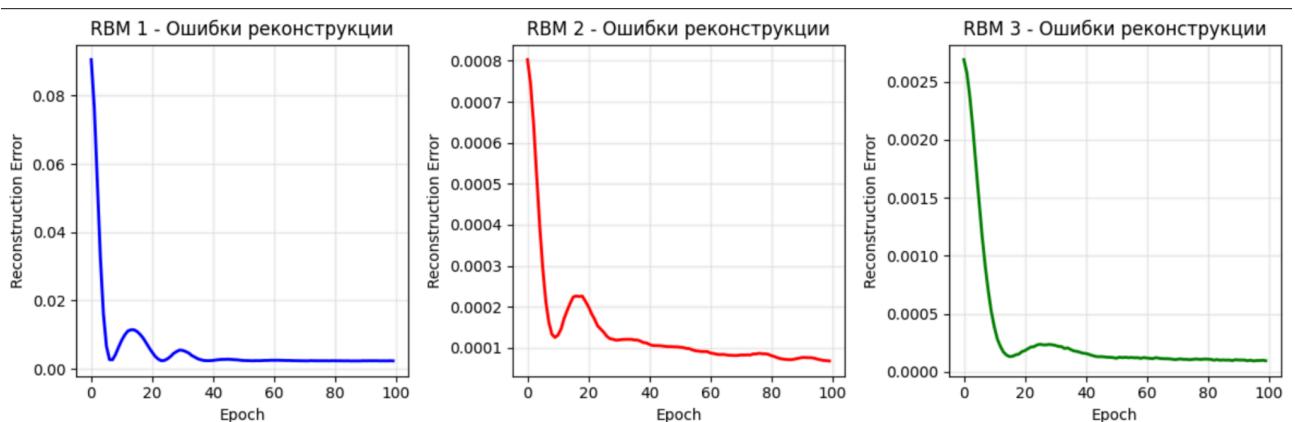
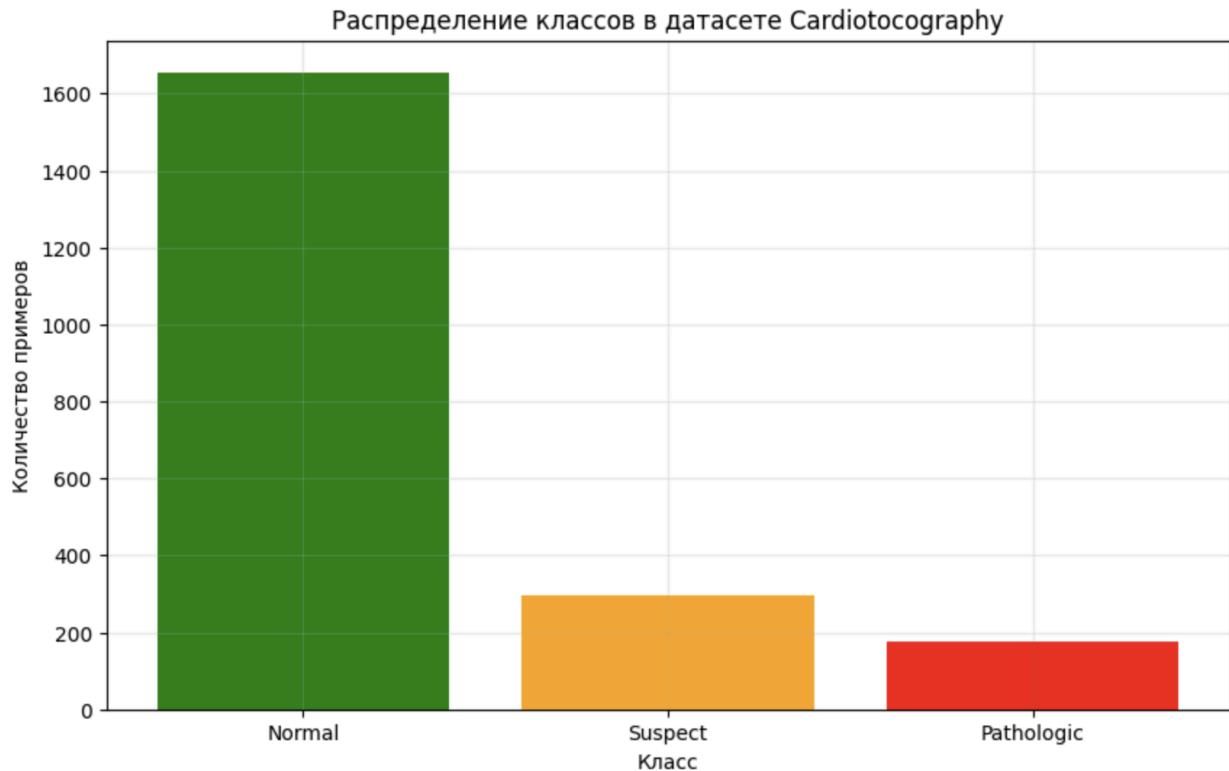
|   |   |               |           |
|---|---|---------------|-----------|
| 5 | <a href="https://archive.ics.uci.edu/dataset/193/cardio_tocography">https://archive.ics.uci.edu/dataset/193/cardio<br/>tocography</a> | классификация | CLASS/NSP |
|---|---|---------------|-----------|

Для задания 3

|   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| 5 | <a href="#">Optical recognition of handwritten digits</a> | Последний признак (tra) |
|---|---|-------------------------|

## Задание 1-2

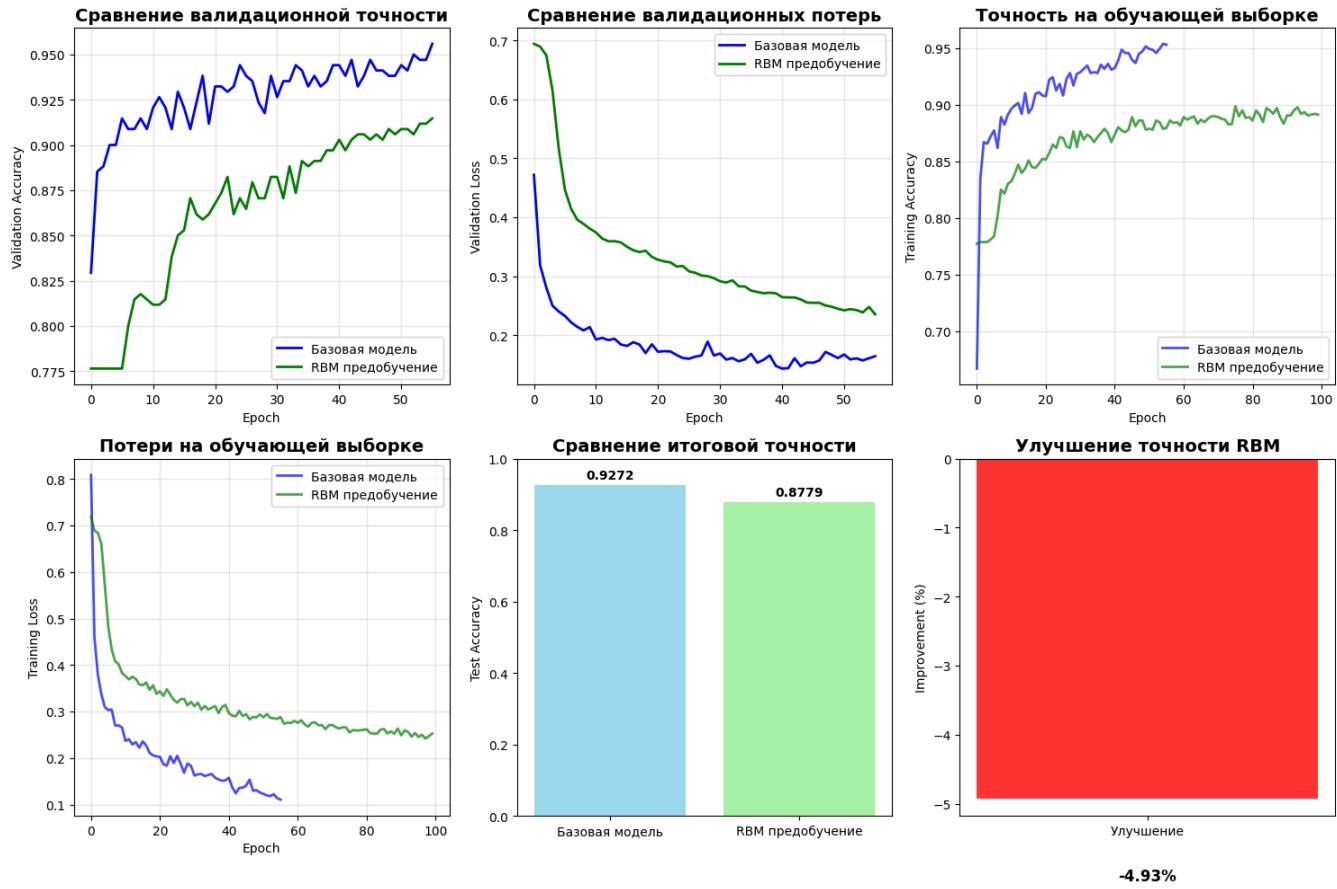
Результаты обучения с предобучением, используя RBM:



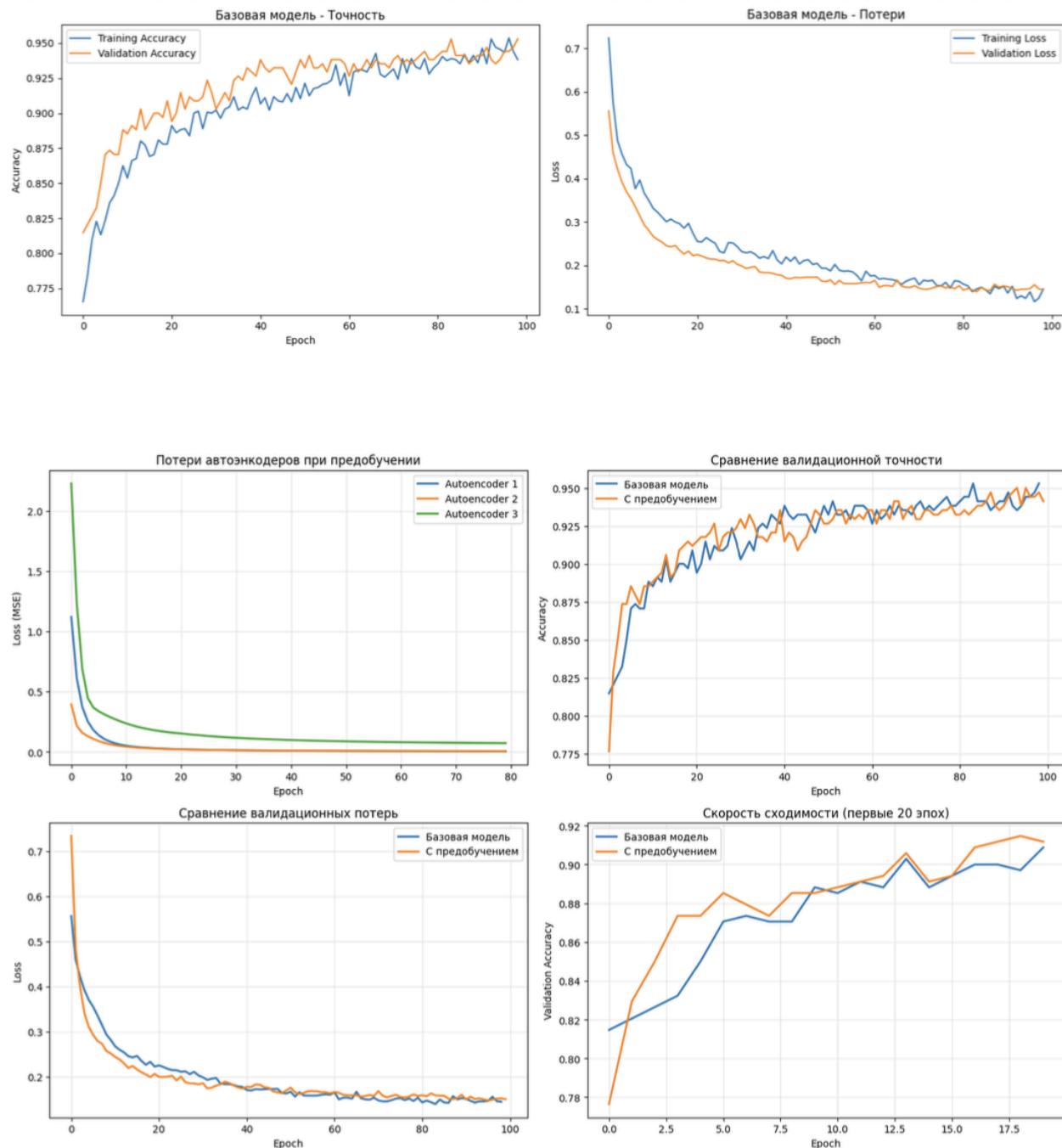
RBM ПОДХОД ДЛЯ ПРЕДОБУЧЕНИЯ  
=====

Предобучение RBM...

1. Обучение первого RBM слоя:  
Epoch 0, Reconstruction Error: 0.0905  
Epoch 20, Reconstruction Error: 0.0048  
Epoch 40, Reconstruction Error: 0.0024  
Epoch 60, Reconstruction Error: 0.0025  
Epoch 80, Reconstruction Error: 0.0023
2. Обучение второго RBM слоя:  
Epoch 0, Reconstruction Error: 0.0008  
Epoch 20, Reconstruction Error: 0.0002  
Epoch 40, Reconstruction Error: 0.0001  
Epoch 60, Reconstruction Error: 0.0001  
Epoch 80, Reconstruction Error: 0.0001
3. Обучение третьего RBM слоя:  
Epoch 0, Reconstruction Error: 0.0027  
Epoch 20, Reconstruction Error: 0.0002  
Epoch 40, Reconstruction Error: 0.0002  
Epoch 60, Reconstruction Error: 0.0001  
Epoch 80, Reconstruction Error: 0.0001

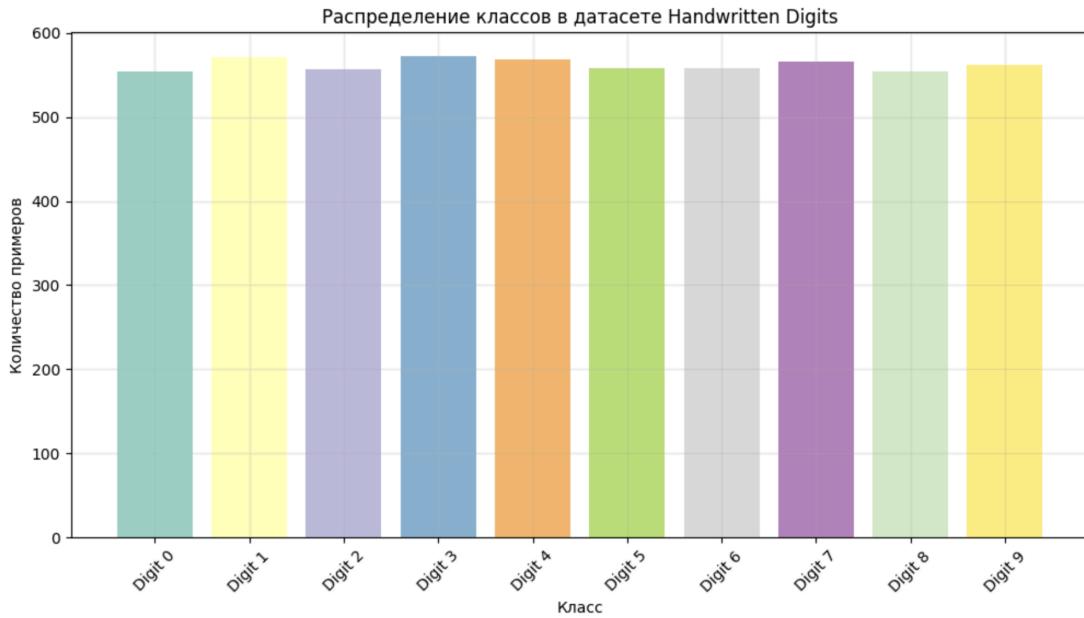


## Результаты из ЛР2:



## Задание 1-3

Результаты обучения:



RBM ПОДХОД ДЛЯ ПРЕДОБУЧЕНИЯ

---

Предобучение RBM...

1. Обучение первого RBM слоя:

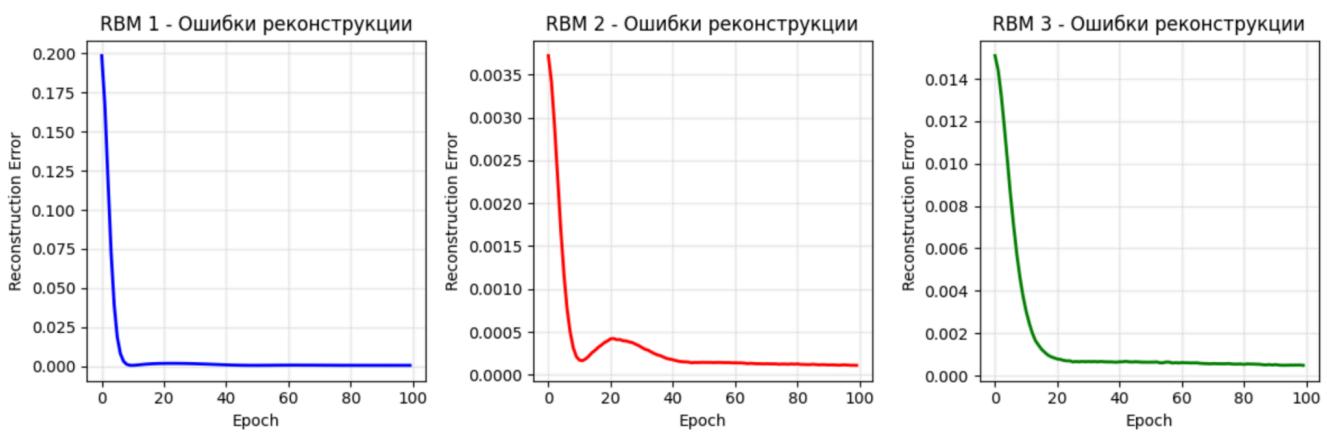
```
Epoch 0, Reconstruction Error: 0.1986
Epoch 20, Reconstruction Error: 0.0017
Epoch 40, Reconstruction Error: 0.0008
Epoch 60, Reconstruction Error: 0.0007
Epoch 80, Reconstruction Error: 0.0005
```

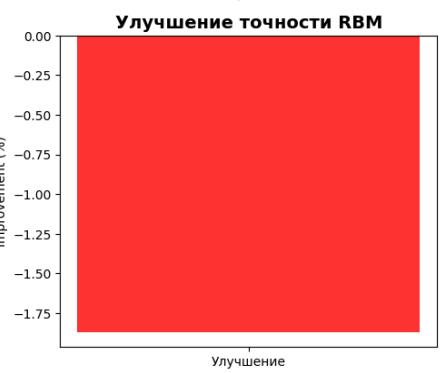
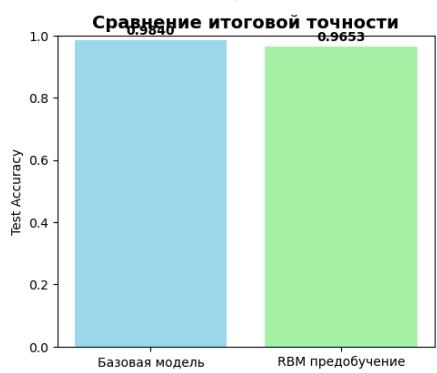
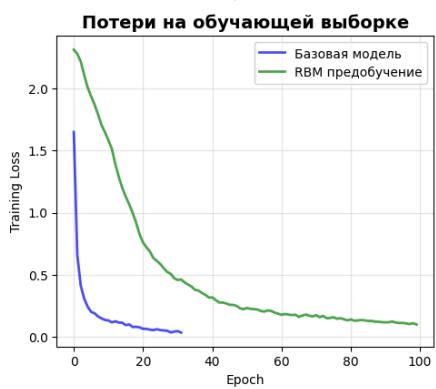
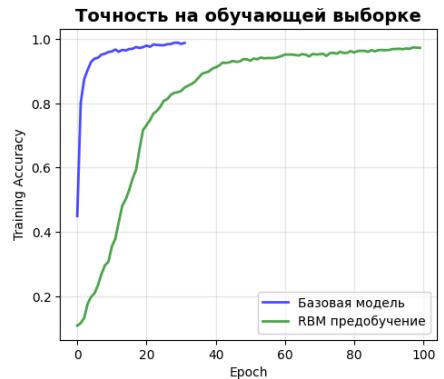
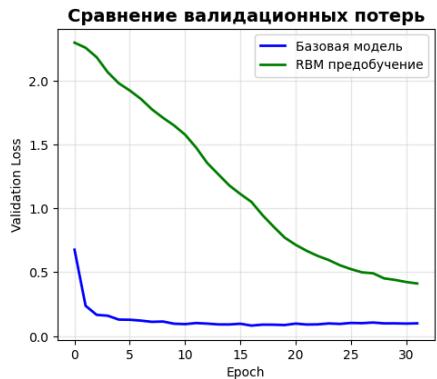
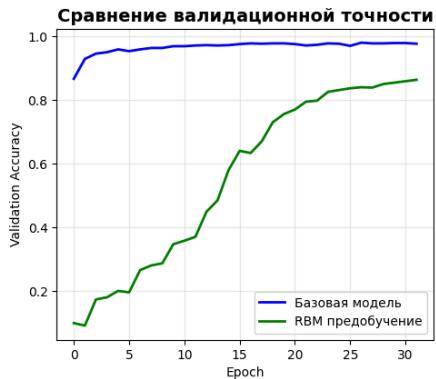
2. Обучение второго RBM слоя:

```
Epoch 0, Reconstruction Error: 0.0037
Epoch 20, Reconstruction Error: 0.0004
Epoch 40, Reconstruction Error: 0.0002
Epoch 60, Reconstruction Error: 0.0001
Epoch 80, Reconstruction Error: 0.0001
```

3. Обучение третьего RBM слоя:

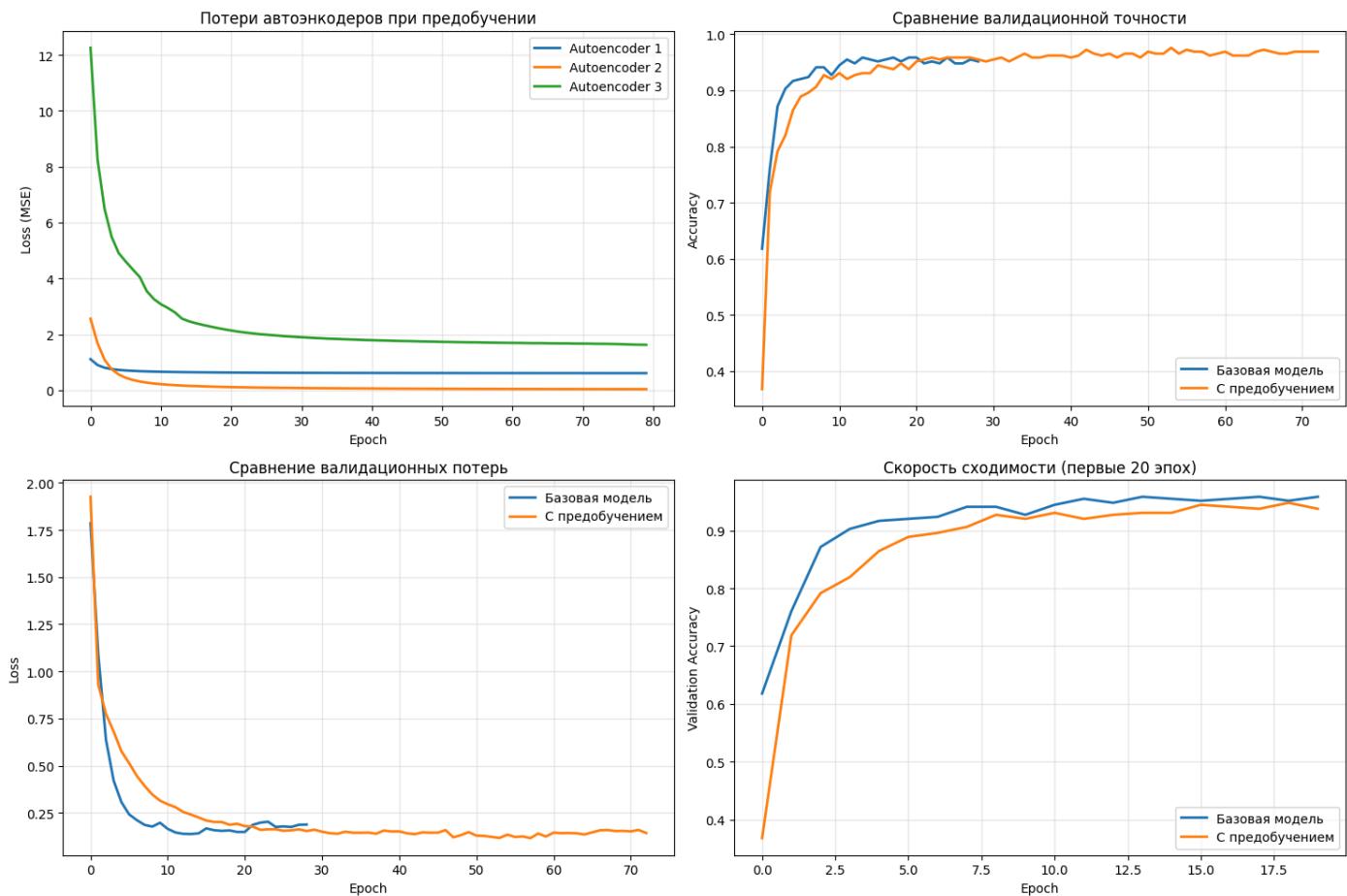
```
Epoch 0, Reconstruction Error: 0.0151
Epoch 20, Reconstruction Error: 0.0008
Epoch 40, Reconstruction Error: 0.0006
Epoch 60, Reconstruction Error: 0.0006
Epoch 80, Reconstruction Error: 0.0005
```





-1.87%

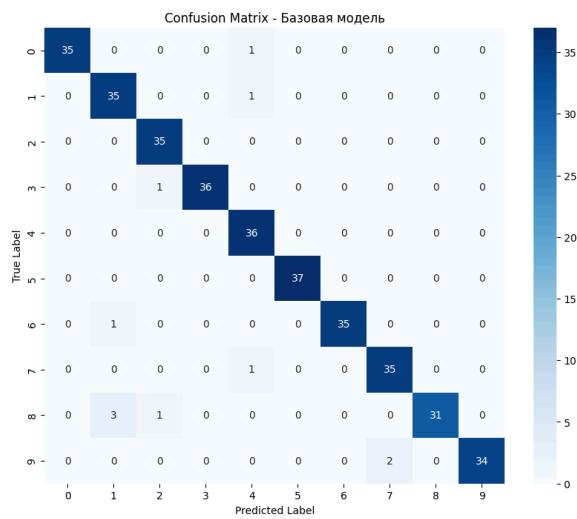
## Результаты из ЛР2(Задание 3):

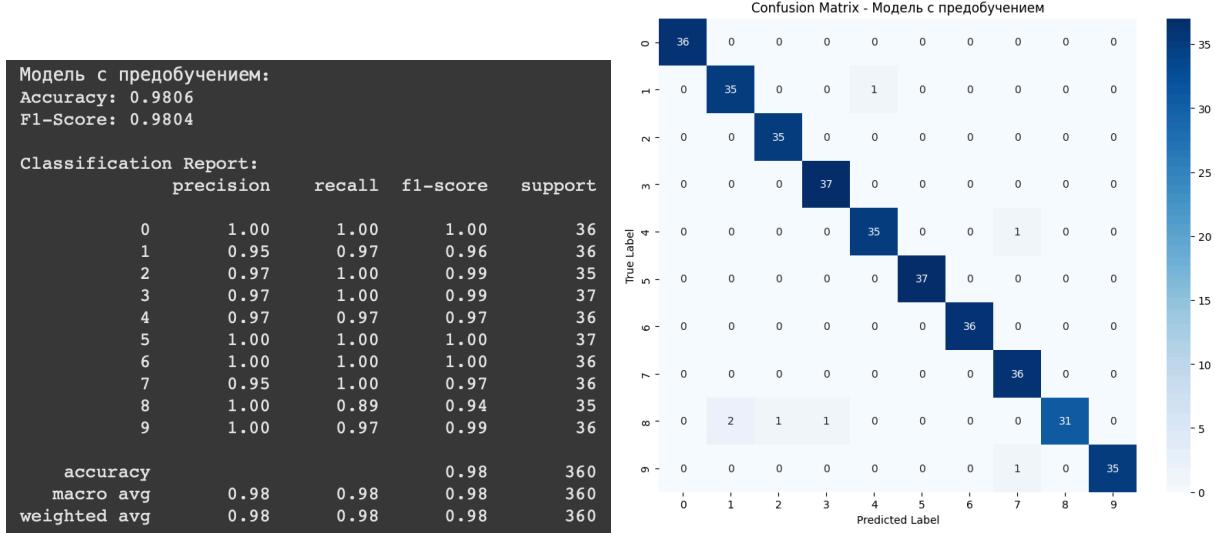


**Базовая модель:**  
Accuracy: 0.9694  
F1-Score: 0.9695

**Classification Report:**

|              | precision | recall | f1-score | support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| 0            | 1.00      | 0.97   | 0.99     | 36      |
| 1            | 0.90      | 0.97   | 0.93     | 36      |
| 2            | 0.95      | 1.00   | 0.97     | 35      |
| 3            | 1.00      | 0.97   | 0.99     | 37      |
| 4            | 0.92      | 1.00   | 0.96     | 36      |
| 5            | 1.00      | 1.00   | 1.00     | 37      |
| 6            | 1.00      | 0.97   | 0.99     | 36      |
| 7            | 0.95      | 0.97   | 0.96     | 36      |
| 8            | 1.00      | 0.89   | 0.94     | 35      |
| 9            | 1.00      | 0.94   | 0.97     | 36      |
| accuracy     |           |        | 0.97     | 360     |
| macro avg    | 0.97      | 0.97   | 0.97     | 360     |
| weighted avg | 0.97      | 0.97   | 0.97     | 360     |





**Вывод:** научился осуществлять предобучение нейронных сетей с помощью RBM.