

# Разработка датчика и системы определения влагосодержания твердой изоляции силового трансформатора в онлайн-режиме

Целью данных исследований является определение экспериментальным путем влияния влаги и масла на свойства бумажной изоляции с целью дальнейшего определения концентрации воды в твердой изоляции трансформатора.

При помощи высокочувствительного оптоволоконного спектрофотометра AvaSpec-2048XL были измерены спектры отражения света от трансформаторной бумаги. Найдены отношения спектров отражения пропитанных водой образцов на спектр отражения сухой трансформаторной бумаги (рисунок 1).

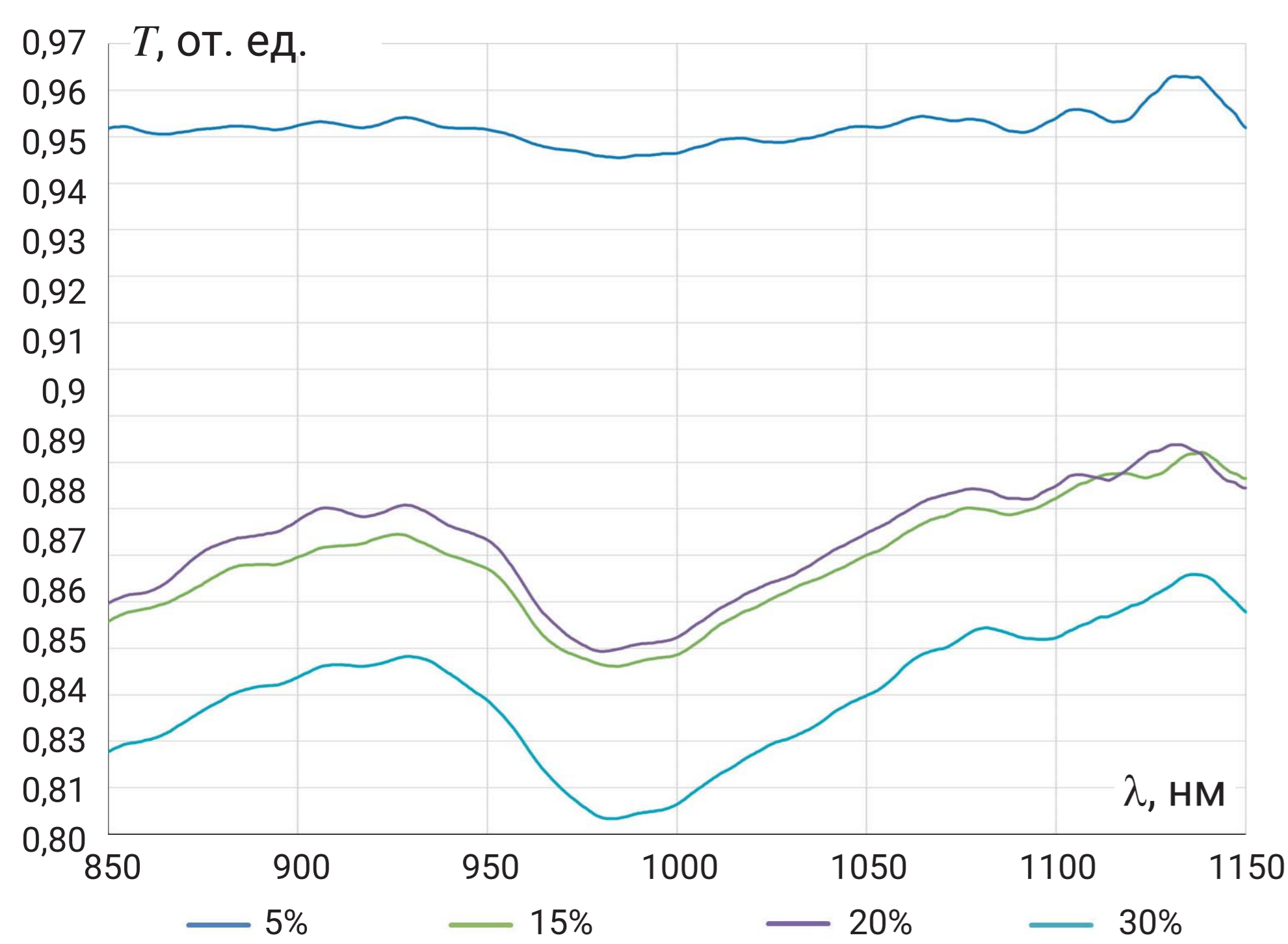


Рис. 1. Нормированные спектры отражения ( $\tau$ ) от трансформаторной бумаги на длине волны 850–1150 нм

Построена зависимость оптической плотности от концентрации воды в бумаге (рисунок 2).

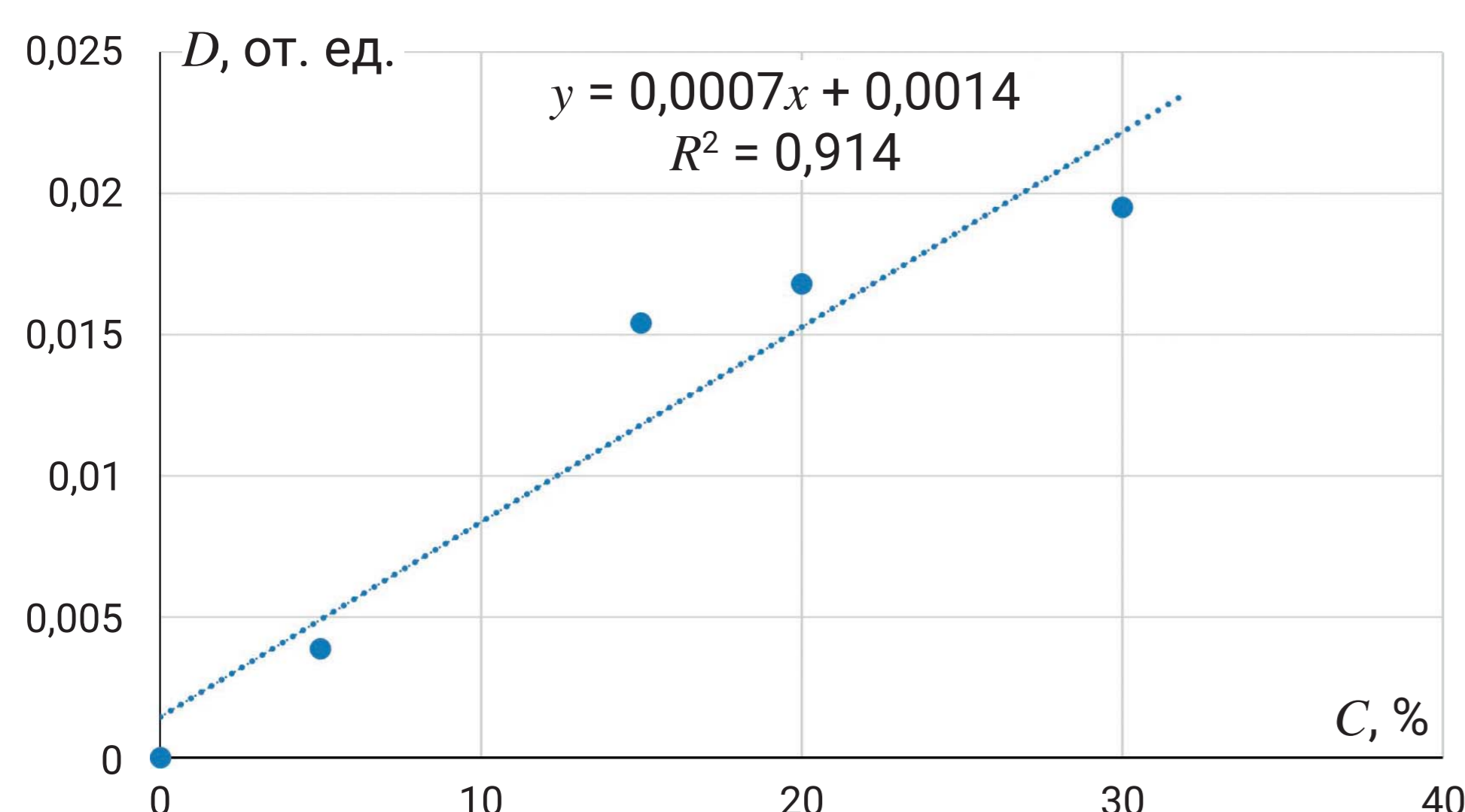


Рис. 2. Зависимость оптической плотности от концентрации воды на длине волны 980 нм

Измерена интенсивность и найдены коэффициенты отражения от трансформаторной бумаги. На графиках видно, что у образцов, пропитанных маслом, на длине волны 970 нм нет полосы поглощения, а у образцов, пропитанных водой, присутствует полоса поглощения воды (рисунок 3). Значения влажности масла лежат в пределах 0,001–0,01%.

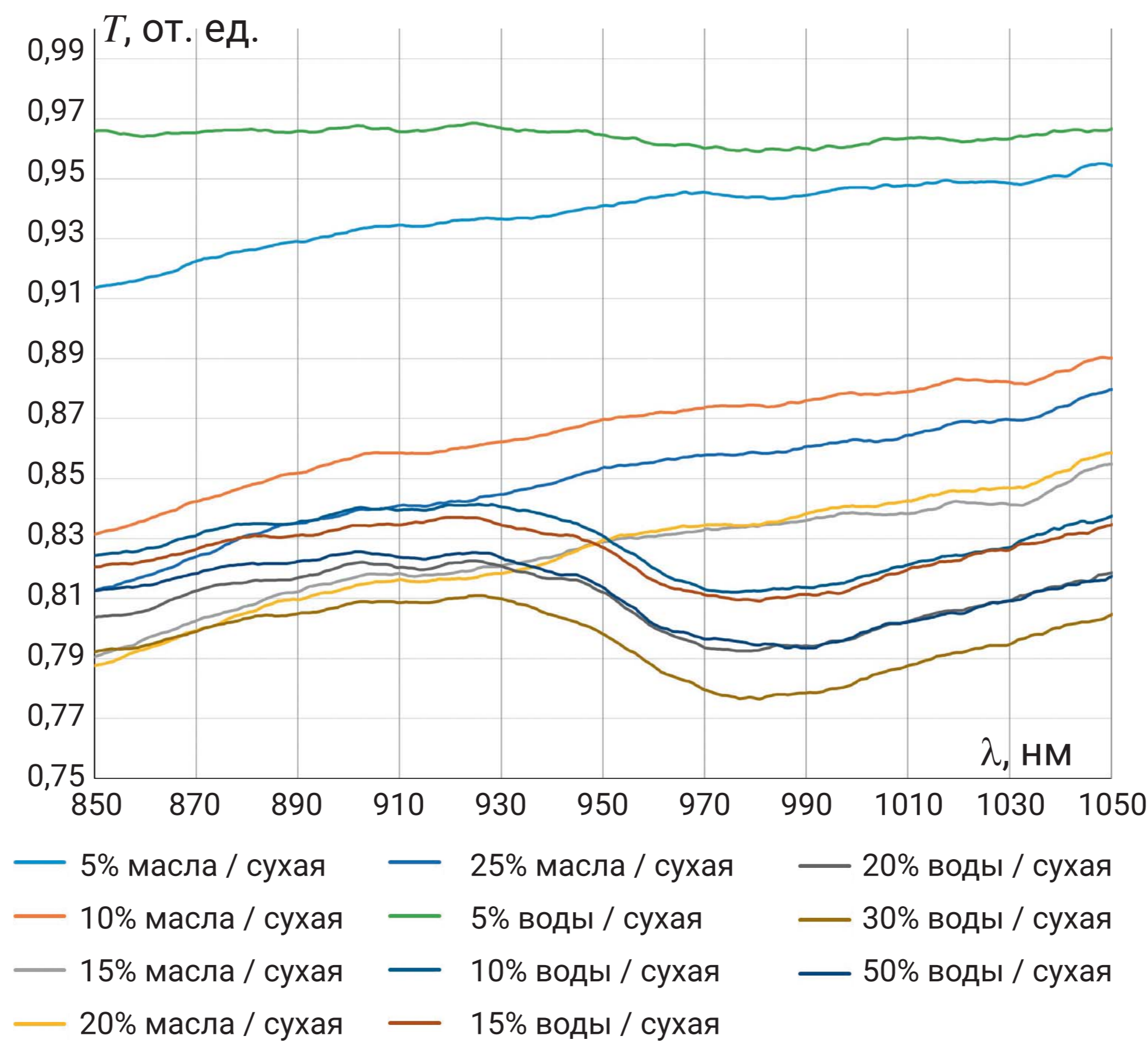


Рис. 3. Нормированные спектры отражения ( $\tau$ ) от образцов трансформаторной бумаги, пропитанных маслом на длине волны 850–1050 нм

Были измерены спектры отражения от бумаги (рисунок 4).

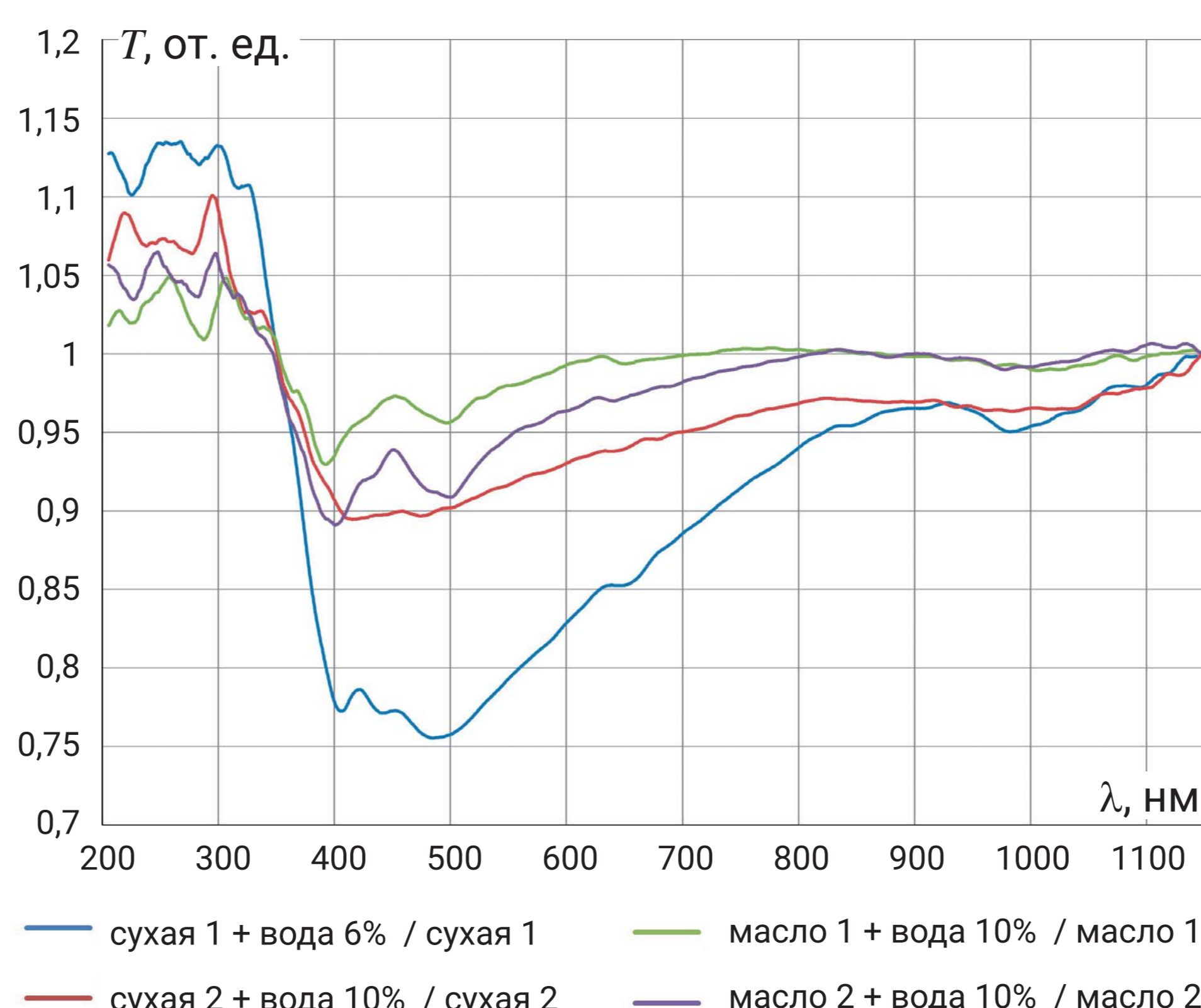


Рис. 4. Спектры отражения ( $\tau$ ) от образцов трансформаторной бумаги, пропитанных маслом и водой

На рисунке 5 представлены спектры коэффициентов отражения образцов с малым содержанием воды на интервале длин волн 400–1150 нм.

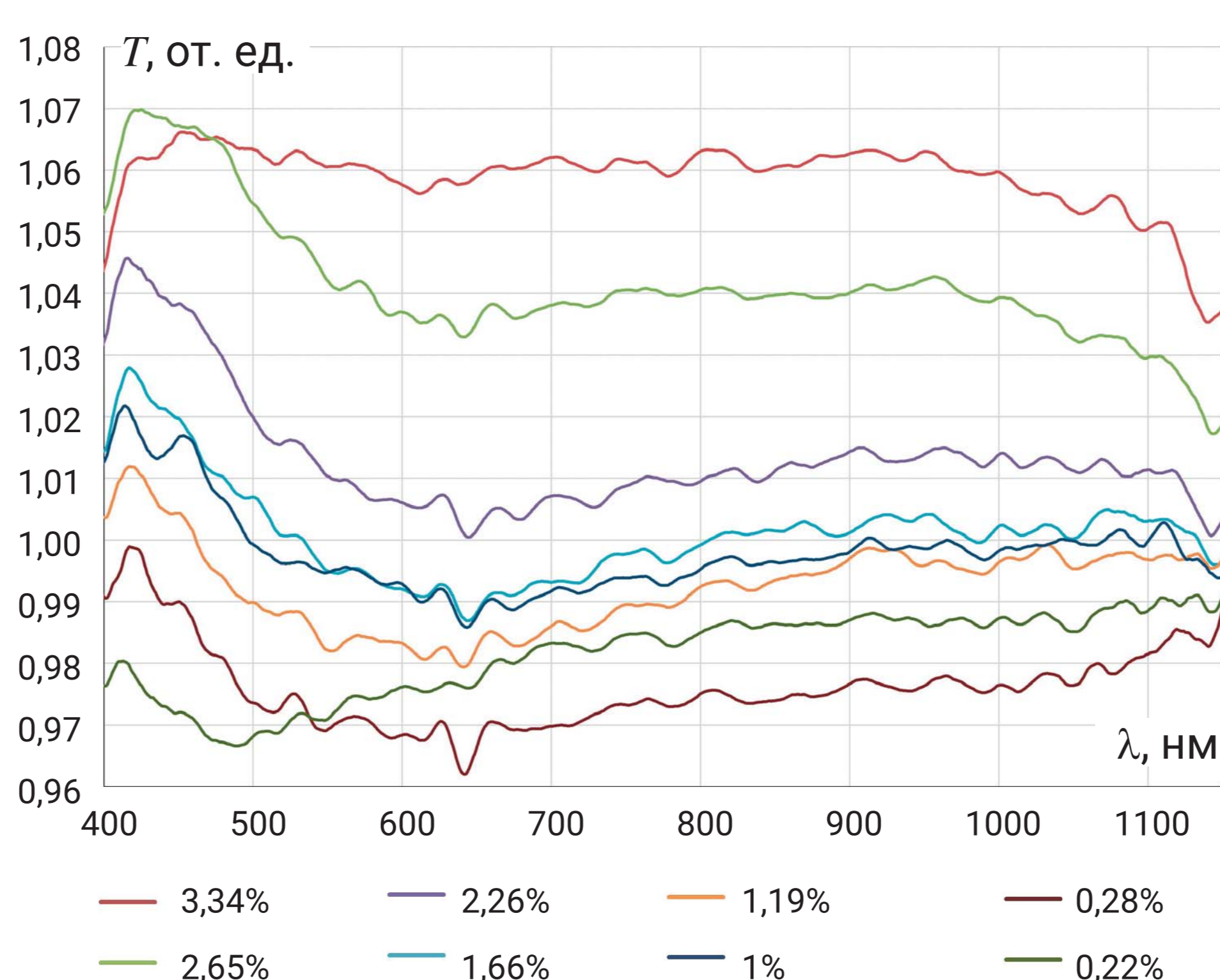


Рис. 5. Спектры коэффициентов отражения высушенных образцов на длине волны 40–1150 нм

Построена зависимость коэффициента отражения от концентрации воды на длине волны 850 нм (рисунок 6).

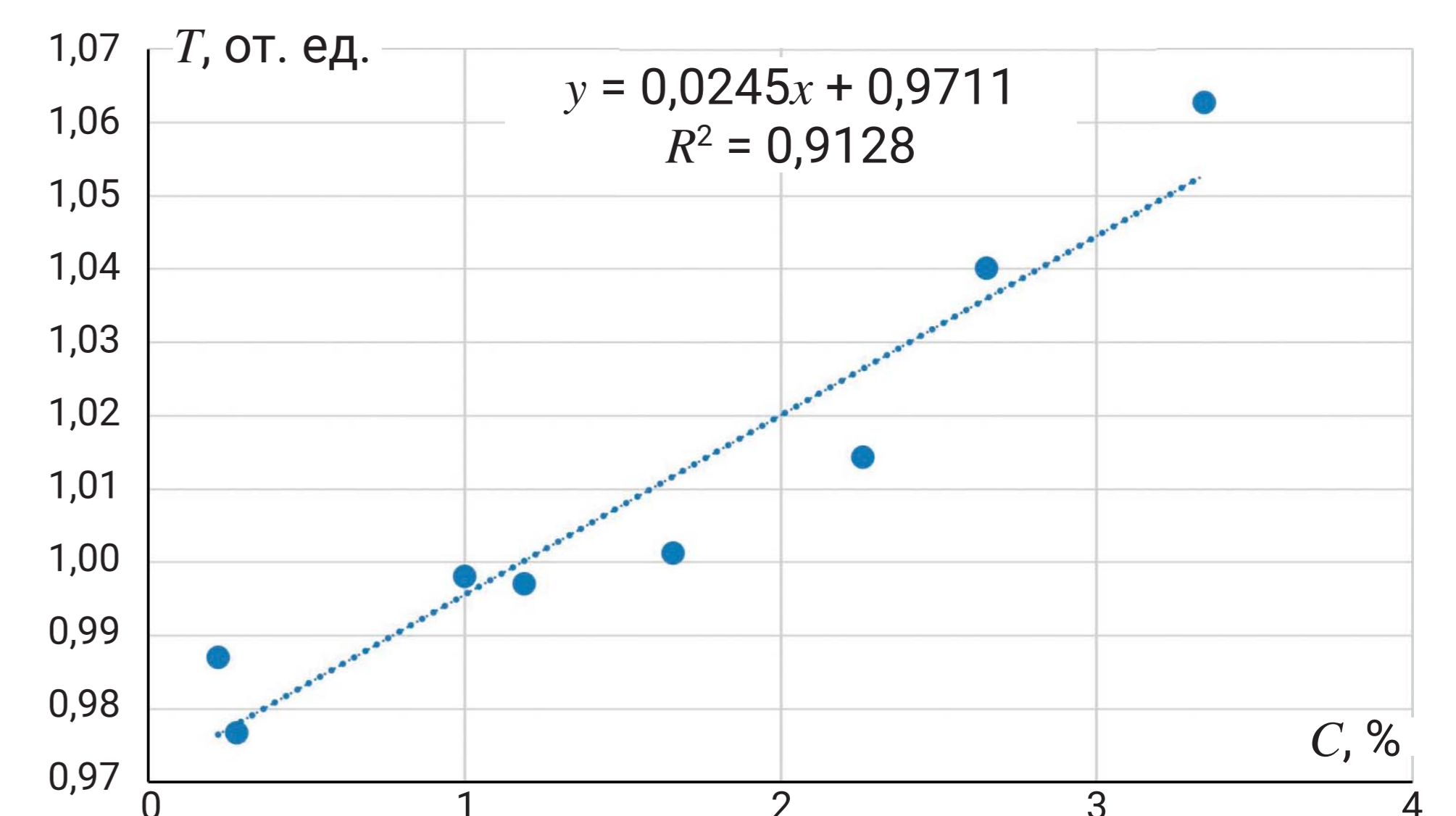


Рис. 6. Зависимость коэффициента отражения от концентрации воды на длине волны 850 нм

Для реализации метода предлагается устройство (рисунок 7).

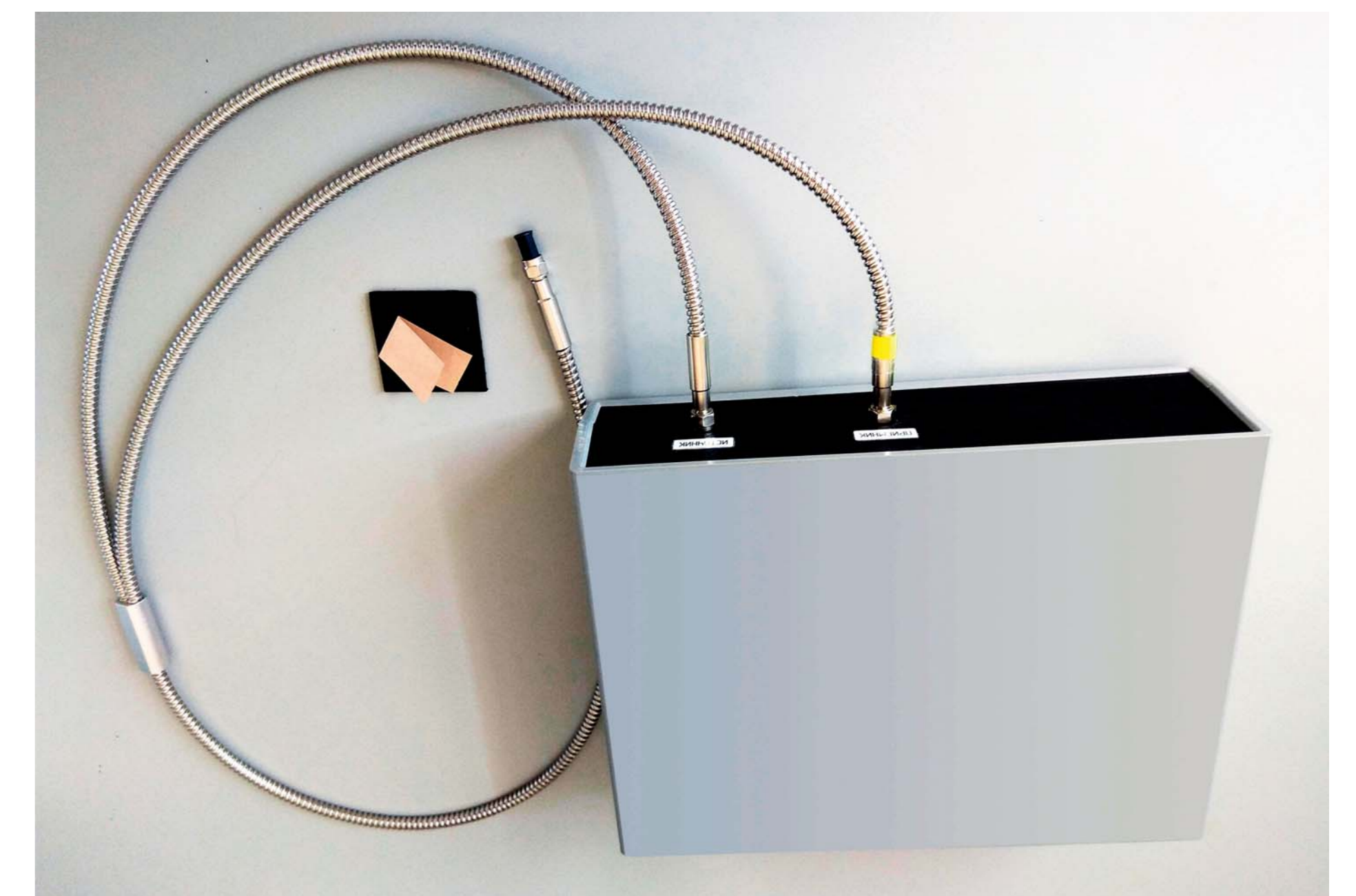


Рис. 7. Внешний вид устройства

## Выводы

1. На спектрах отражения бумаги прослеживаются полосы поглощения воды на длине волны 980 нм. Получена зависимость коэффициента отражения светового потока на длине волны 980 нм от концентрации воды.
2. Спектр отражения бумаги, пропитанной водой, в видимой области уже, чем у бумаги, пропитанной маслом, и минимум функции прослеживается на длине волны 490 нм, а у спектра отражения бумаги с маслом — на длине волны 540 нм.
3. При концентрации воды менее 5% дополнительно можно рассматривать коэффициент отражения не на полосе поглощения воды и масла, а в широком интервале длин волн.
4. По полученным результатам можно разработать устройство, позволяющее дистанционно измерять влагосодержание твердой изоляции без отбора проб с обмотки трансформатора.