

Российская Академия Наук

**“ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА
С ПОКРЫТИЕМ ИЗ МЕДИ”**

Авторы: Волошин В.В., Воробьев И.Л., Иванов Г.А., Исаев В.А.,
Колосовский А.О., Ленардич Б.¹, Попов С.М.*^{*}, Чаморовский Ю.К.

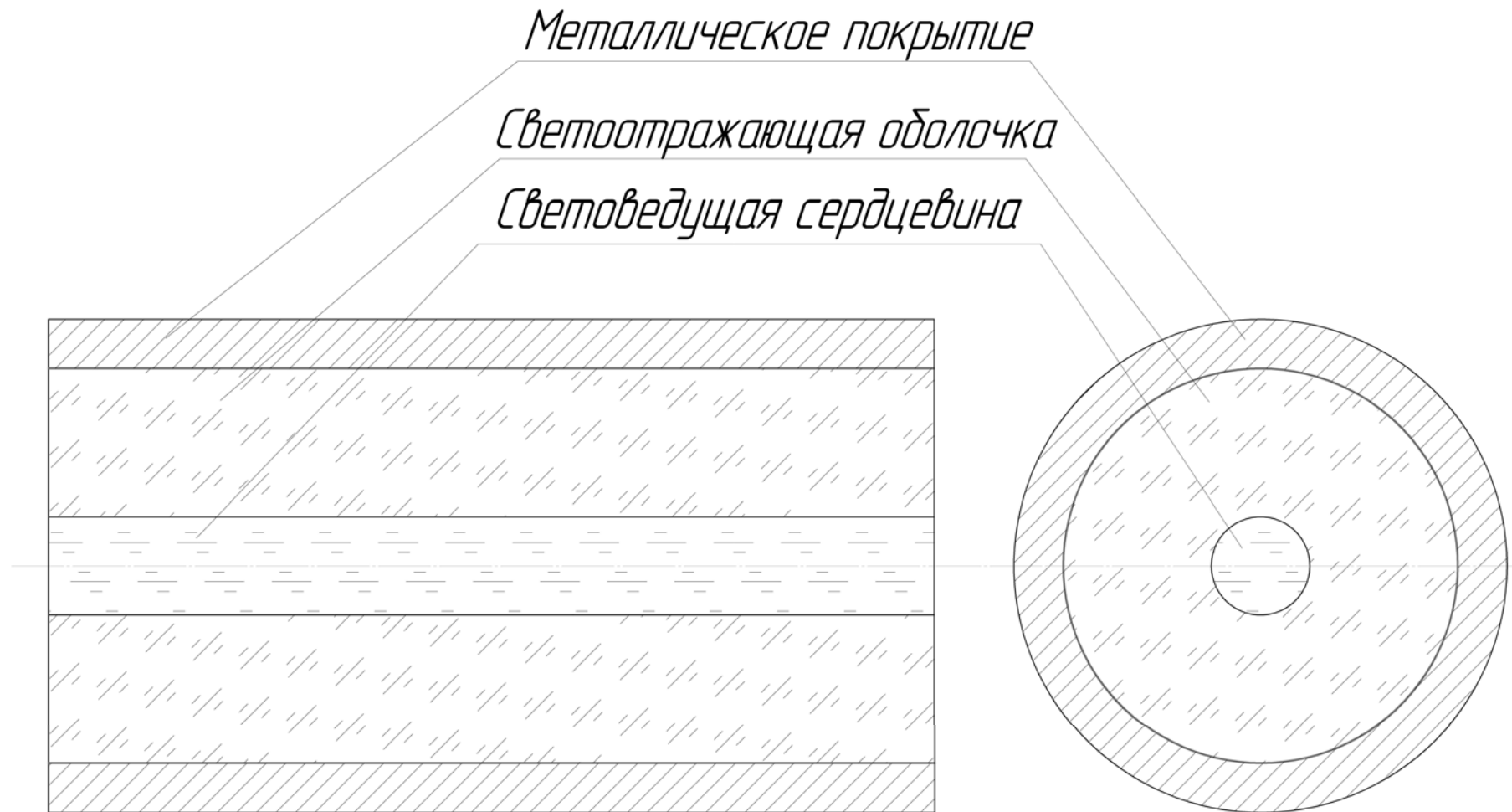
Фрязинский Институт Радиотехники и Электроники им. В.А. Котельникова РАН

¹Optacore, Любляна, Словения

*E-mail: sergei@popov.eu.org

Москва 2011

Схема конструкции металлизированных волоконно-оптических световодов



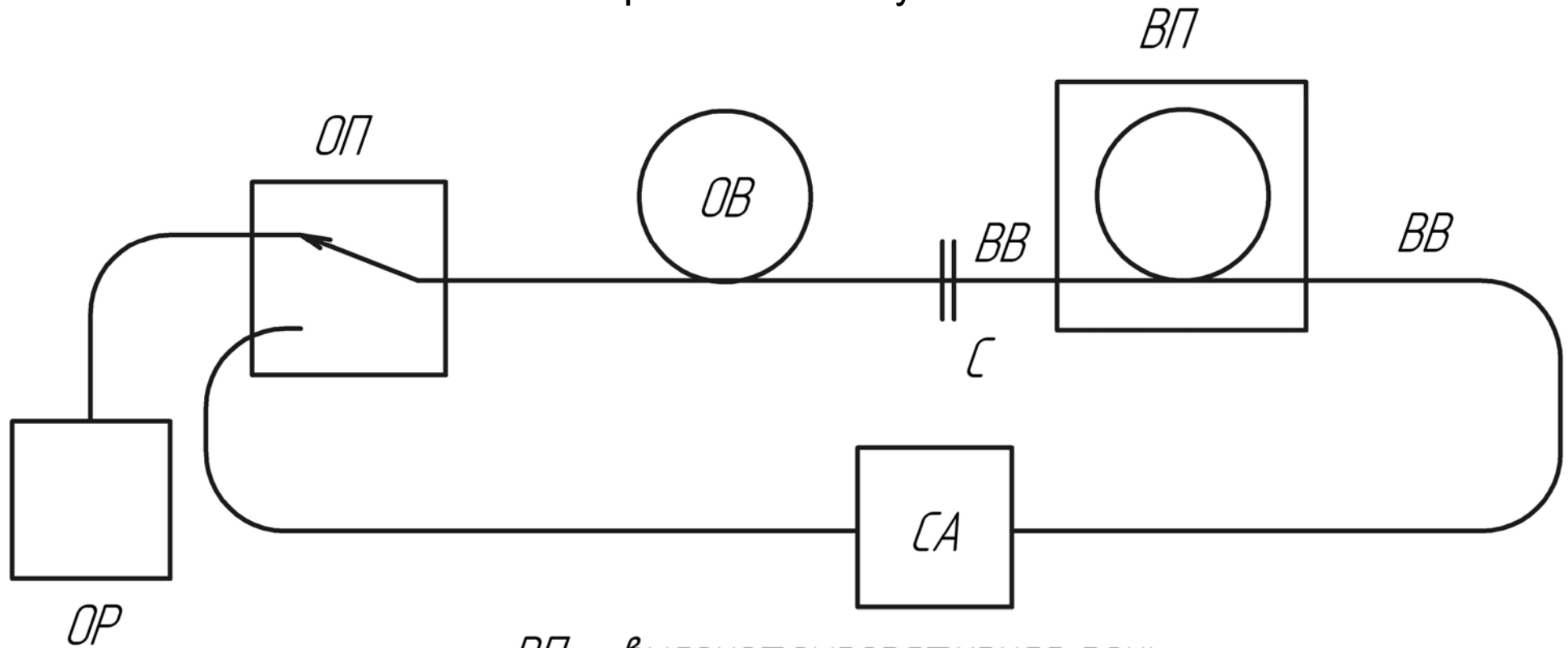
Достоинства металлизированных волокон:

- Волокна с покрытием их металла позволяют достичь более высоких рабочих температур (до 1000°C), чем обычные волокна (до 85°C), что необходимо для построения соединительных линий для волоконно-оптических датчиков температуры
- Волокна с покрытием из металла обладают большей герметичностью, чем обычные волокна (с покрытием из полимера), что позволяет достичь теоретической прочности кварцевого стекла (до 13 ГПа) и позволяет использовать волокна в средах с высоким содержанием газов (геофизика)
- Передача большой мощности излучения (необходимо для передачи мощности волоконных лазеров)
- Безопасность ВОЛС. Использование в качестве ВОЛС металлизированного ОВ, не позволяет осуществить съём передаваемой информации методом изгиба (tapping).

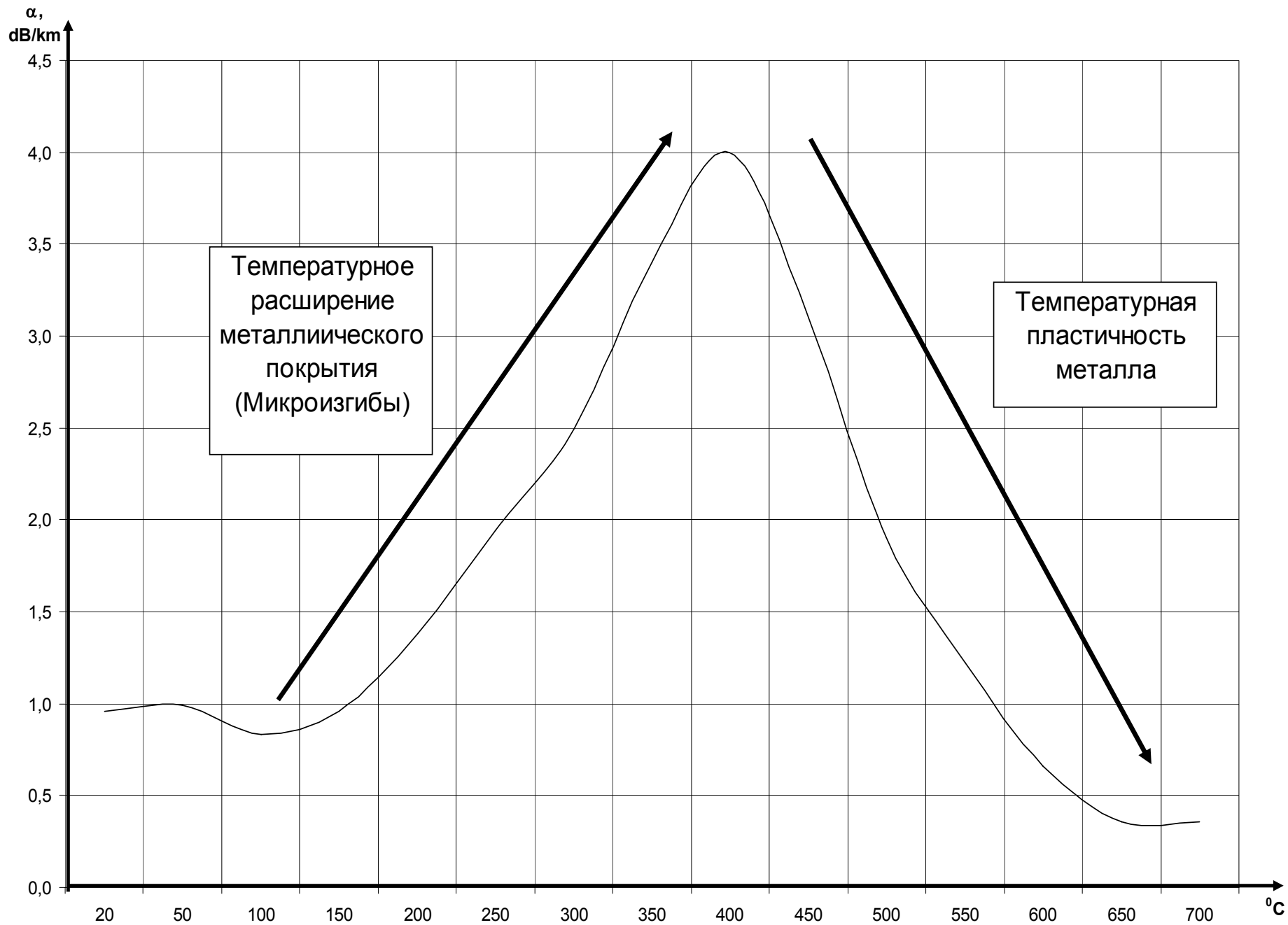
Цель настоящей работы являлось исследование характера изменения оптических потерь при нагреве ОВ с медным покрытием изготовленных на основе опорных труб с низким ($<0.3 \text{ ppm}$) содержанием ОН-групп в области температур $20 \dots 800^{\circ}\text{C}$.



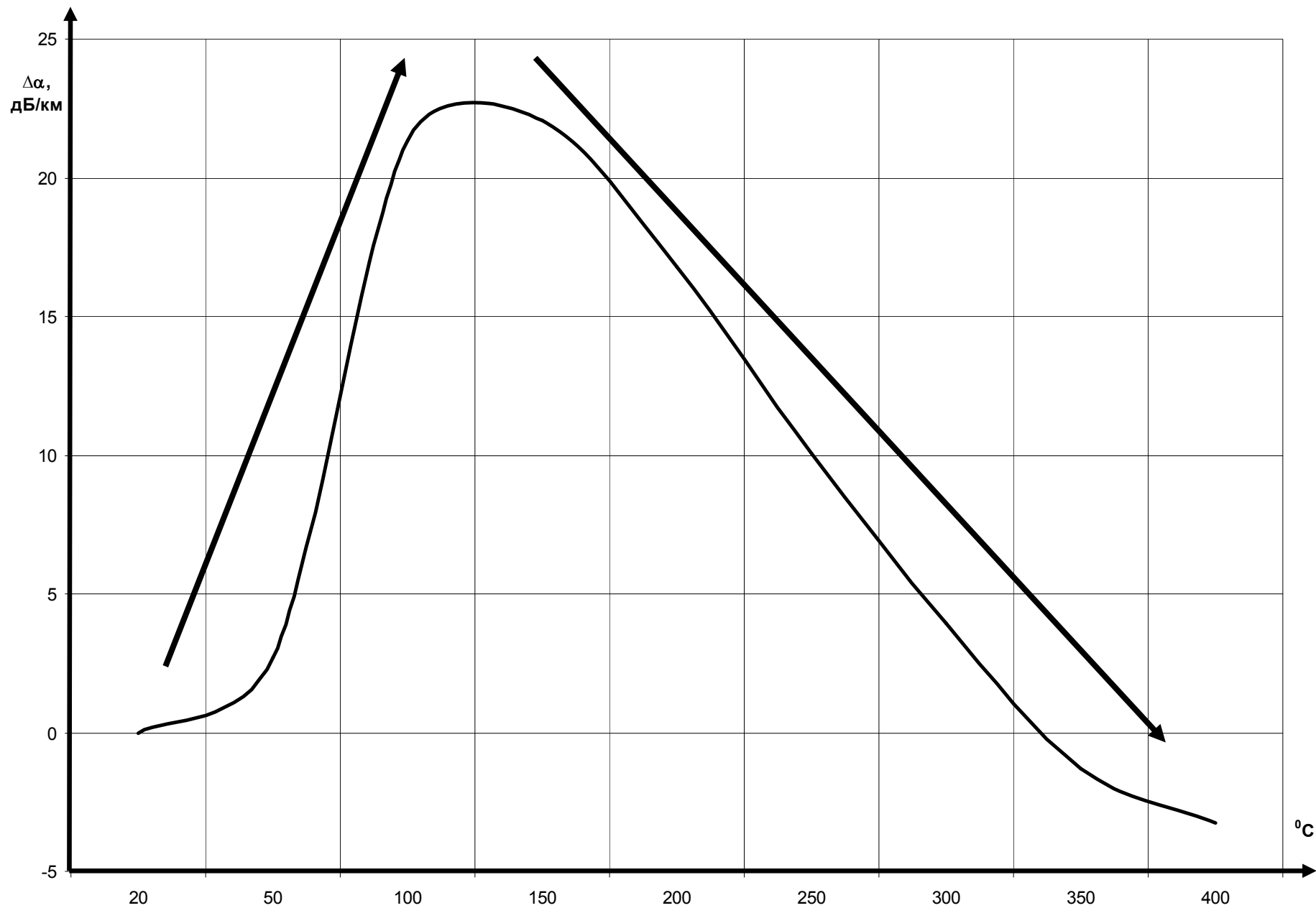
Схема экспериментальной установки



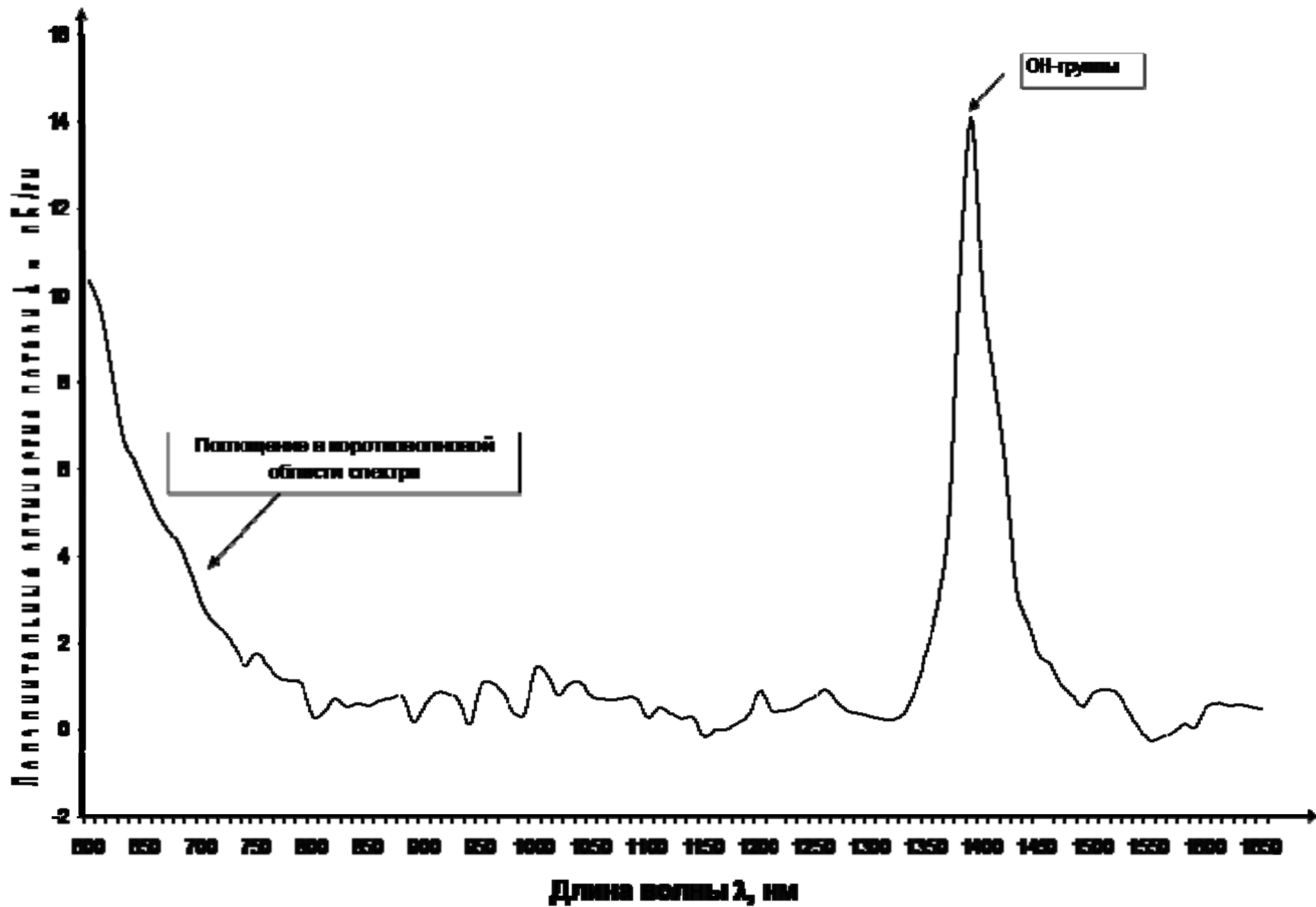
- ВП – высокотемпературная печь*
- ВВ – высокотемпературное волокно*
- ОВ – многомодовое оптическое волокно*
- ОР – оптический рефлектометр*
- ОП – оптический переключатель*
- СА – спектр-анализатор*
- С – сварка двух типов волокон*



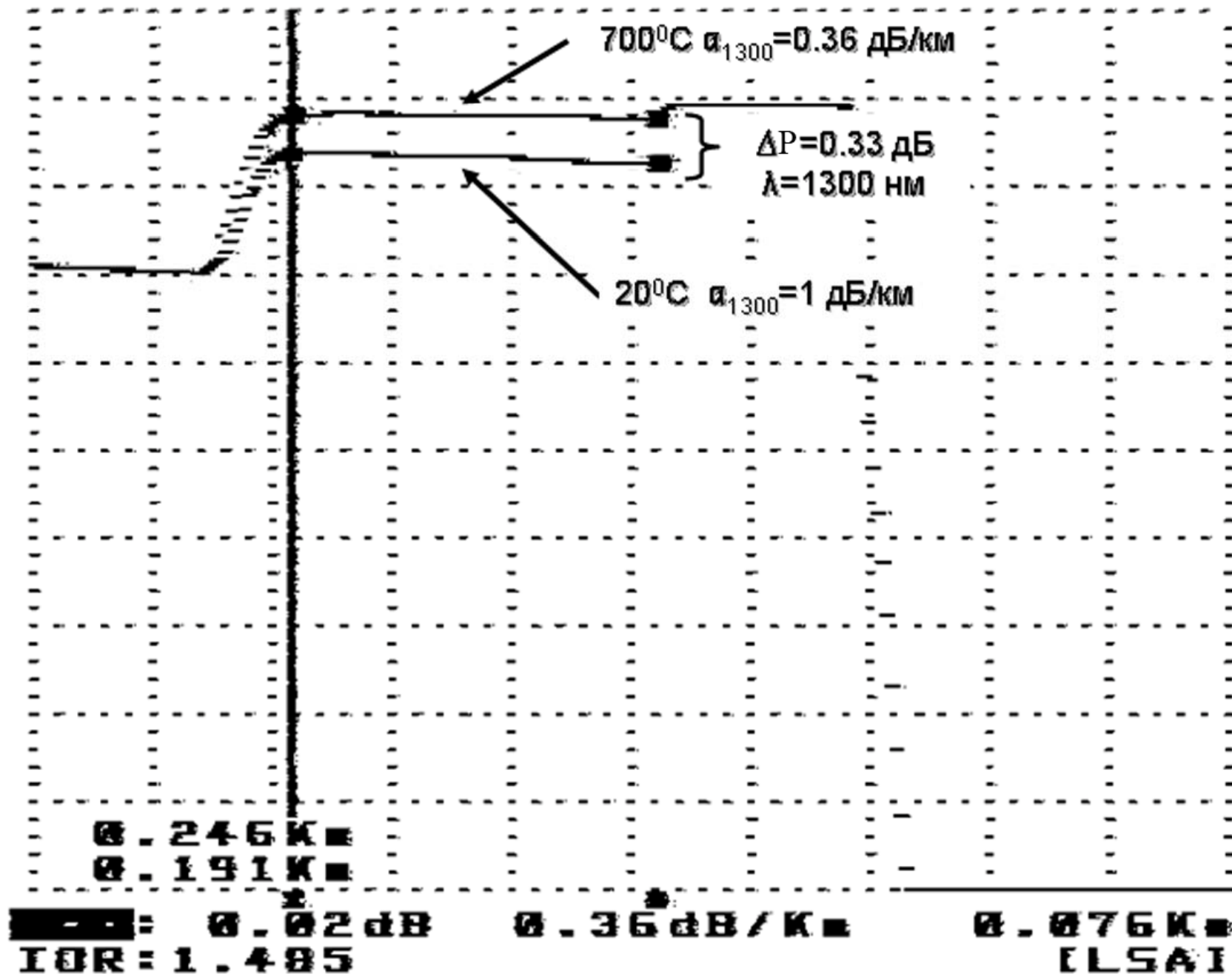
Оптические потери ОВ с покрытием из меди в диапазоне температуре 20...700 $^{\circ}\text{C}$



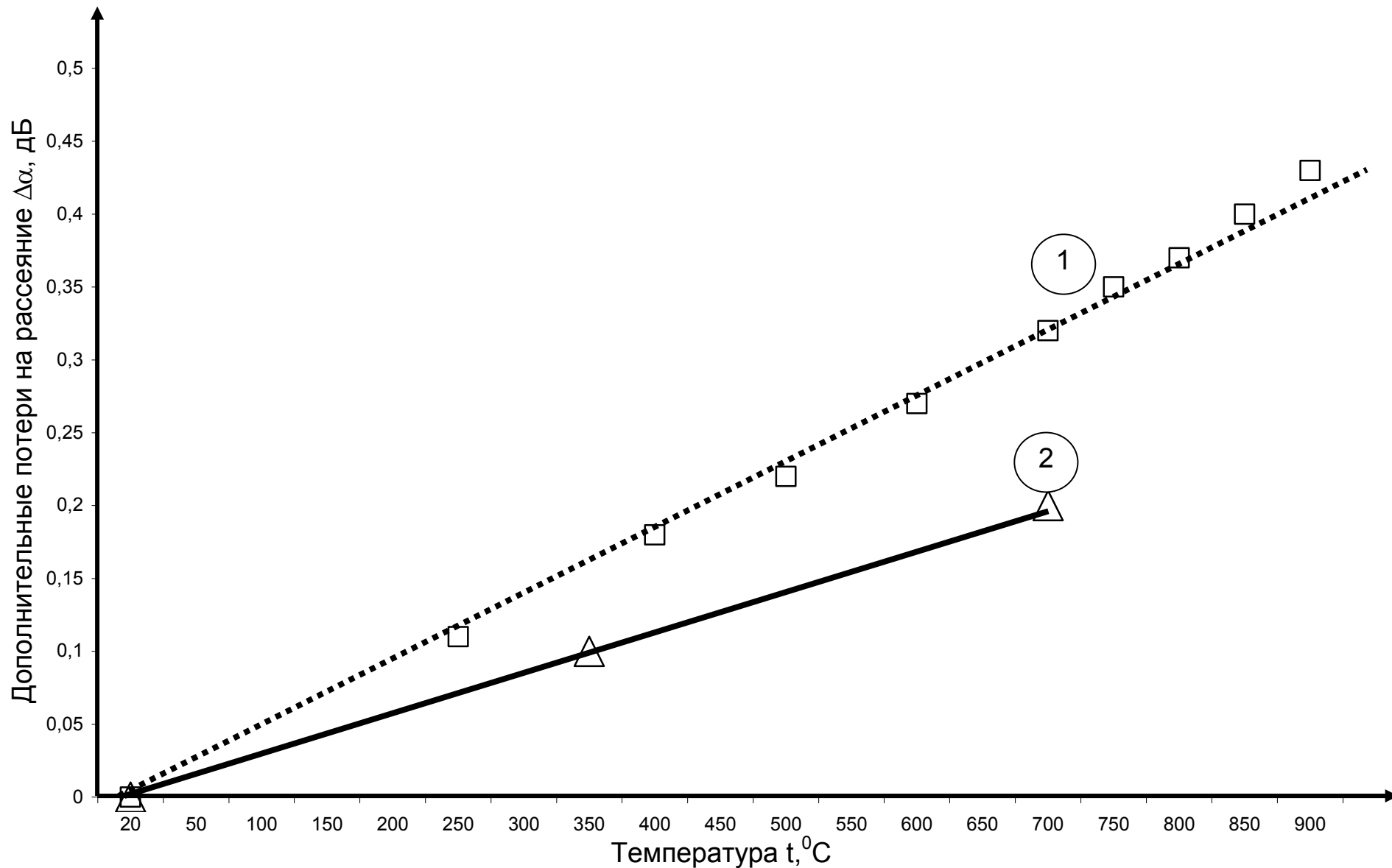
Зависимость прироста микроизгибных потерь у ОВ с покрытием из алюминия в зависимости от температуры на $\lambda=1060$ нм



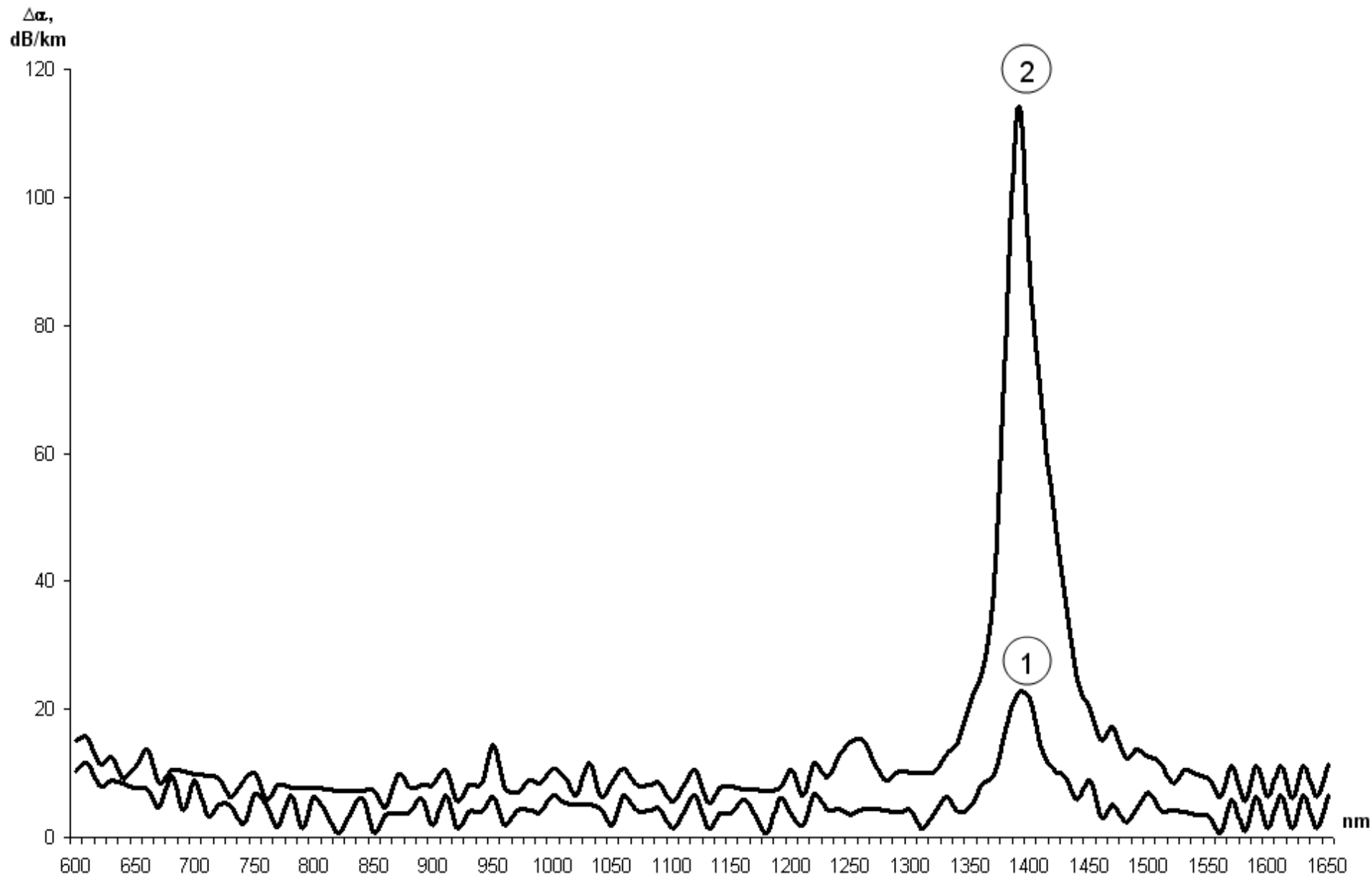
Изменение оптических потерь при нагреве от 20 до 700°C в течение 1 часа.



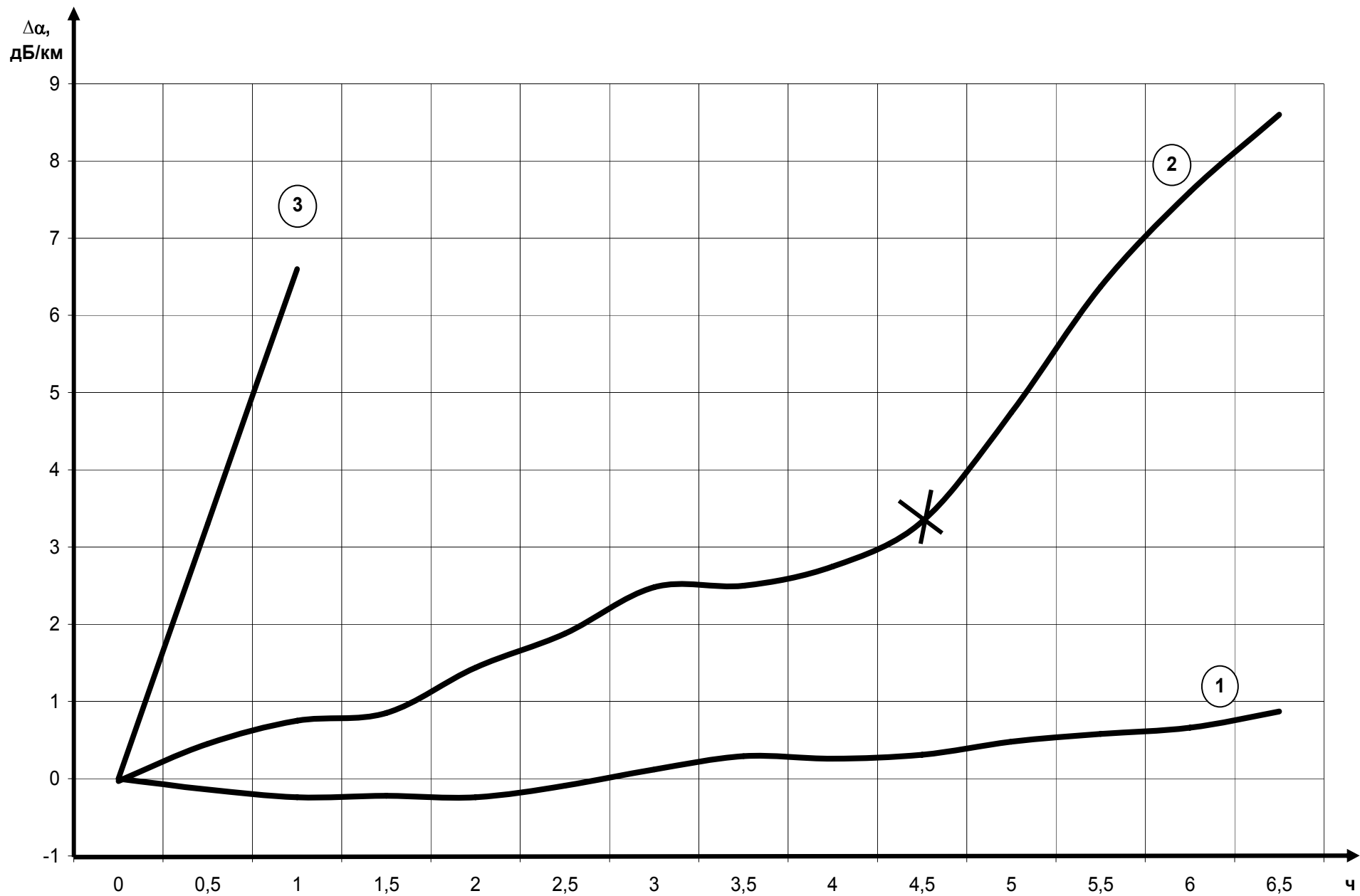
Рефлектограмма изменения ОП в ОВ с покрытием из меди при нагреве 20...700°C



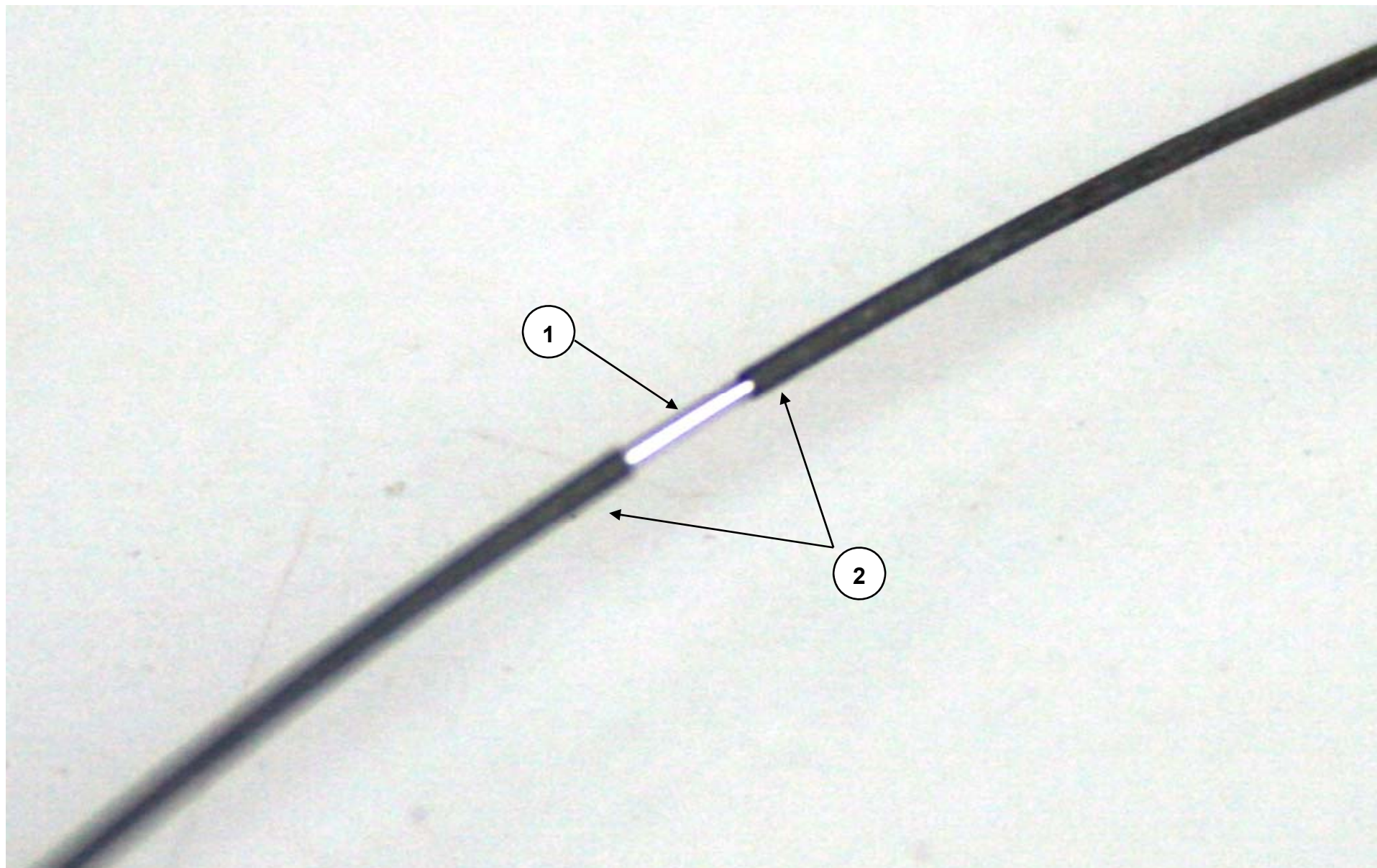
Температурная зависимость величины прироста сигнала обратного рассеяния, в зависимости от температуры для металлизированного ОВ с содержанием GeO_2 : 1 - 18 мол. % ($\Delta n=0.026$); 2 – 13 мол. % ($\Delta n=0.020$)



Изменение оптических потерь в металлизированном волокне диаметром 230 мкм при нагреве от 20 до 700⁰С и выдерживании при 700⁰С в течение: “1” – 4.5 часов “2” – 6.5 часов.



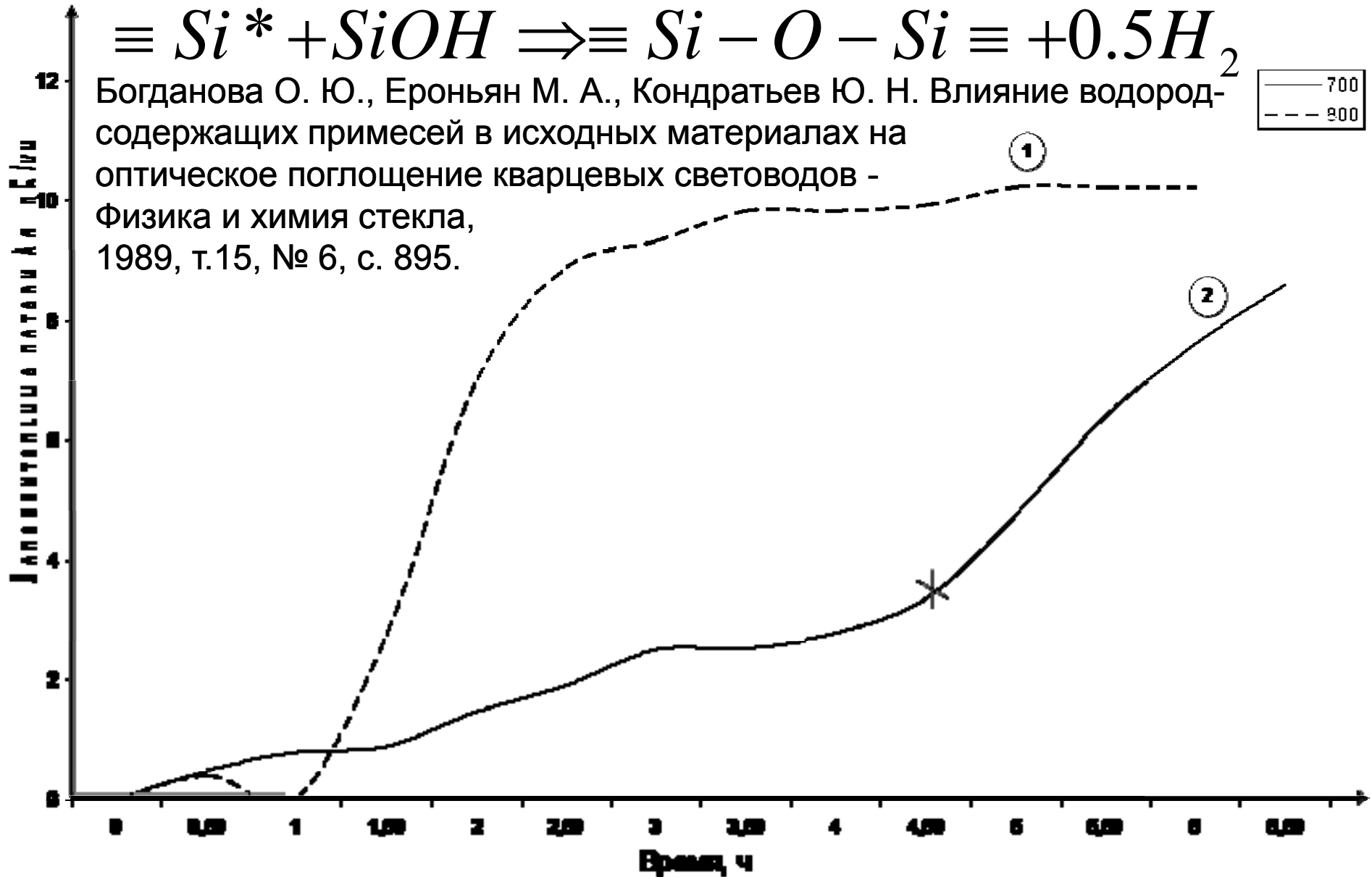
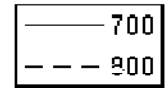
Изменение оптических потерь в ОВ с покрытием из меди на $\lambda=1300$ нм
 (1) – диаметр 300 мкм (2) – диаметр 230 мкм. (3) - диаметр 200 мкм, $\lambda =1300$ нм.



Фотография внешнего вида металлизированного ОВ с покрытием из медного сплава подвергнутое нагреву до 700°C в течение 7 часов со светоотражающей оболочкой диаметром 300 мкм (1) – оптический световод с углеродным подслоем (2) – окислившаяся оболочка из медного сплава.



Богданова О. Ю., Ероньян М. А., Кондратьев Ю. Н. Влияние водород-содержащих примесей в исходных материалах на оптическое поглощение кварцевых световодов - Физика и химия стекла, 1989, т.15, № 6, с. 895.



Зависимость величины прирост потерь на $\lambda=1300$ нм от времени экспозиции при разных температурах при различных температурах: (1) – 800°C ; (2) – 700°C
 X - точка роста потерь на OH – группах ($\lambda=1.39$ мкм)

Результаты исследования:

- У оптических волокон с покрытием из металла при его нагреве до 700°C наблюдается рост потерь в коротковолновой области спектра (менее 800 нм), потери на микроизгибах, а так же рост потерь на ОН группах (1.389 нм)
- Сильнолегированное, металлизированное ОВ с $\text{NA}=0.27$, при работе при температурах до 1000°C , в области нагрева характеризуются сигнала обратного рассеяния $\Delta\alpha\sim 0.45$ дБ, по сравнению с областью, которая не подвергается нагреву, при измерении методом обратного рассеяния на $\lambda=1300$ нм;
- На работоспособность металлизированных ОВ, при высоких температурах, влияет как диаметр металлизированного ОВ, так и толщина металлического покрытия. Увеличение диаметра световода, а следовательно и внешнего диаметра металлического покрытия приводит к увеличению жаростойкости световода, что позволило создать металлизированное ОВ с покрытием из меди, способное работать при температуре 700°C в течение 7 часов, при этом оптические потери изменились с 2 до 3 дБ/км на $\lambda=1300$ нм;
- Металлизированные ОВ могут эксплуатироваться при температурах $t=700\dots 800^{\circ}\text{C}$. При этом продолжительность эксплуатации ограничивается скоростью окислением металлического покрытия, которое приводит к росту микроизгибных оптических потерь при более высоких температурах;
- У металлизированных ОВ, при температуре 800°C отсутствует рост потерь на ОН-группах (предполагается вследствие обратимости химической реакции образования ОН-групп);

Список Публикаций

- В.В. Волошин, И.Л. Воробьев, Г.А. Иванов, В.А. Исаев, А.О. Колосовский, С.М. Попов, Ю.К. Чаморовский, “Влияние металлического покрытия на оптические потери при отжиге волоконных световодов”, Письма в ЖТФ, 2009, том 35, вып. 8 стр. 41-47.
- Попов С.М., “Влияние металлического покрытия на оптические потери при отжиге волоконных световодов”, Нелинейный мир, №7, 184-185, (2009)
- В.В. Волошин, И.Л. Воробьев, Г.А. Иванов, В.А. Исаев, Б. Ленардич, А.О. Колосовский, С.М. Попов, Ю.К. Чаморовский, “Потери на поглощения света при высоких температурах в оптических волокнах”, Спецвыпуск “Фотон-экспресс” наука, стр. 15-16, (2009)
- Попов С.М., “Оптические потери световодов с покрытием из меди или алюминия при высоких температурах ”, Нелинейный мир, №2, том 8, 87-88, (2010)
- В.В. Волошин, И.Л. Воробьев, Г.А. Иванов, В.А. Исаев, Б. Ленардич, А.О. Колосовский, С.М. Попов, Ю.К. Чаморовский “Высокотемпературное металлизированное оптическое волокно”, Москва: Труды РНТОРЭС им. А.С. Попова, стр. 152-154, 2010
- С.М. Попов, И.Л. Воробьев, Г.А. Иванов, В.А. Исаев, Ю.К. Чаморовский “высокотемпературные оптические волокна с покрытием из металла”. Минск: Материалы 8 Международной научно-технической конференции Квантовая Электроника, стр. 122-124, 2010
- В.В. Волошин, И.Л. Воробьев, Г.А. Иванов, В.А. Исаев, Б. Ленардич, А.О. Колосовский, С.М. Попов, Ю.К. Чаморовский “Потери на поглощении света при высоких температурах в оптических волокнах с покрытием из алюминия или меди”, Радиотехника и Электроника, 2011, том 56, вып.1, стр. 103-110