

# **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ БРОНЕВАЯ КЕРАМИКА**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

( РОСПАТЕНТ )

# ПАТЕНТ

№ 2036185

на ИЗОБРЕТЕНИЕ:

"Способ изготовления искусственной шпинели"

Патентообладатель(ли): Петрик Виктор Иванович

Страна:

Автор (авторы): он же

Приоритет изобретения

9 февраля 1994г.

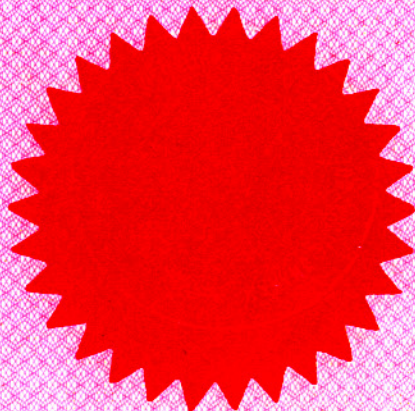
Дата поступления заявки в Роспатент

9 февраля 1994г.

Заявка № 94004254

Зарегистрировано в Государственном  
реестре изобретений

30 мая 1995г.



ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОСПАТЕНТА

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Роспатент" or similar, located to the right of the title "ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОСПАТЕНТА".

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

( РОСПАТЕНТ )

# ПАТЕНТ

№ 2035434

на ИЗОБРЕТЕНИЕ:

"Способ изготовления искусственной алюмомагниево-шпинели"

Патентообладатель(ли): Петрик Виктор Иванович

Страна:

Автор (авторы): он же

Приоритет изобретения

20 сентября 1994г.

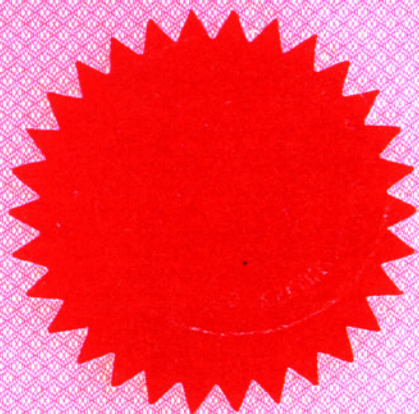
Дата поступления заявки в Роспатент

20 сентября 1994г.

Заявка № 94034776

Зарегистрировано в Государственном  
реестре изобретений

20 мая 1995г.



ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОСПАТЕНТА

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ  
ЦЕНТР

«ГОИ им. С.И.Вавилова»

199034, Санкт-Петербург, Биржевая линия, 12  
тел.: 218-48-92, телефакс: 218-37-20  
телетайп 122118 «ЛАВИНА»  
р/с 36100263221 ОПЕРУ-2 ЛенкомПСБ  
МФО 161035  
адрес банка: 191038, Санкт-Петербург

Президенту Петровской Академии  
наук и искусств,  
доктору технических наук,  
профессору, лауреату Государ-  
ственной премии  
г-ну Майбороде Л.А.

Исх. № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

на Ваш № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

На Ваш № 161/К от 30.II.94

Уважаемый господин Президент!

На Ваше обращение в мой адрес по оценке качества заготовок алюмо-магниево-шпинели сообщаю, что ожидаемые характеристики в области пропускания от 0,2 до 5,5 мкм подтверждены результатами измерений на образцовом спектрофотометре института оптического приборостроения нашего Государственного центра. Сертификат прилагаю к письму.

Разработку керамики с аналогичными свойствами ведут в СССР многие НИИ с 1974 года.

Разработанная А/О "Инкорпорация-ЧТ" технология по синтезу алюмо-магниево-шпинели методом золь-гель-технологии с областью пропускания от 0,2 до 5,5 мкм является огромным научным достижением.

Результат деятельности академика Петровской Академии наук и искусств г-на Петрика Виктора Ивановича единственный известный мне пример научных достижений на частном уровне, который может стать основой для создания модели новых экономических отношений в РФ и регулирования интересов государства и частных научных организаций.

Возможности применения алюмо-магниево-шпинели очень велики как в народном хозяйстве и при создании техники специального назначения.

Считаю единственно правильным и глубоко гражданским шагом решение г-на Петрика В.И. передать Российскому государству свои разработки.

Поддерживаю Ваше обращение в Правительство РФ по данному вопросу.

Генеральный директор

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'В.И. Пучков', written in a cursive style.

В.И.Пучков

АООТ  
Промышленная компания  
«Концерн АНТЕЙ»



ОФИС:

Россия, 121471, Москва,  
ул. Верейская, 41  
Тел.: (095) 448-94-80  
(095) 448-90-04  
Факс: (095) 443-79-59  
Телетайп: 611559 ВЕГА

OFFICE:

Verenskaya str. 41  
121471, Moscow, Russia  
tel.: (095) 448-94-80  
(095) 448-90-04  
fax: (095) 443-79-59  
teletype: 611559 VEGA

Р/с 70467843 в АБР "Промрадтехбанк",  
К/с 122161600 в РКЦ ГУ ЦБ РФ, МФО 44583001 Уч.83

№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_

от \_\_\_\_\_

Секретно

Экз. № \_\_\_\_\_

Москва, Кремль

Служба безопасности  
Президента РФ

Первому заместителю  
Службы безопасности  
Президента РФ

Г.Г.Рогозину

Уважаемый Георгий Георгиевич!

По просьбе академика Петровской Академии Наук и Искусств г-на Петрика В.И. направляю Вам наше мнение по вопросу возможного использования керамики ОСС-4Т в радиолокационных системах.

В апреле-мае месяце с.г. специалисты концерна "Антей" были ознакомлены с материалами по вновь разработанной АО "Инкорпорация-4Т" оптической керамике ОСС-4Т, защищенной патентами Российской Федерации №№ 2035434 от 20.09.94 и 2036185 от 09.02.94.

Среди предоставленных материалов имеются:

- копия свидетельства, выданного на оптический материал ОСС-4Т государственным сертификационным испытательным центром средств измерений;

- копия метрологического свидетельства № 51802-1201, выданного государственным научным центром ВНИ ГИИ им.С.И.Вавилова.  
МК 164с

Исполнено

исх. №, дата

В дело №, \_\_\_\_\_

подпись \_\_\_\_\_

Кроме того, с целью оценки параметров в интересующей концерн "Антей" части радиодиапазона, нам передан образец керамики ОСС-4Т.

Ознакомление с переданными нам документами и предварительные испытания образца дают основания считать, что разработанная оптическая керамика ОСС-4Т обладает уникальными свойствами, а ее создание является научным достижением.

При значениях диэлектрической постоянной  $\sim 2,3$  и тангенсе потерь  $\sim 10^{-4}$  в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн керамика может найти широкое применение в радиолокации.

По мнению разработчиков керамики указанные выше параметры могут быть получены.

В этом случае керамика может использоваться для создания линзовых антенн головок самонаведения ракет.

При снижении стоимости керамики особый интерес представляет возможность изготовления из нее обтекателей антенн головок самонаведения, т.к. керамика имеет необходимые механические свойства и прозрачна, что обеспечивает работу головок самонаведения одновременно в радио и оптическом диапазонах длин волн.

В силу изложенного считаем, что дальнейшее проведение работ с керамикой ОСС-4Т может обеспечить ее широкое применение в области оборонной техники.

Генеральный конструктор  
академик РАН



В. П. Ефремов

24.05.96

# КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ

140402, г. Коломна Московской обл.  
Окский пр., 42,  
телеграфный "Огонь"

20 февраля 1995 г. № 003-105/475

на № ..... от .....

Генеральному директору  
Петровской Академии  
наук и искусств  
академику

Петрику В.И.

193167, Санкт-Петербург  
ул. Исполкомовская, 4/6

Уважаемый Виктор Иванович !

На Ваше обращение в мой адрес о возможности применения в разработках КБМ оптических деталей из алюмо-магниевого шпинели сообщая, что нашими специалистами изучены характеристики материала и результаты освидетельствования образцов из этого материала.

Данный материал, безусловно, обладает высокими техническими характеристиками. В настоящее время при создании многоспектральных изделий специального назначения он может найти широкое применение для изготовления обтекателей изделий, работающих в сложных условиях.

Значительную погрешность в работу таких изделий вносят термодинамические эффекты, возникающие вокруг входных окон и узлов их крепления. В интересах снижения влияния этих эффектов могут быть применены защитные обтекатели из предложенной керамики, способной работать в экстремальных условиях.

Для проведения лабораторных исследований с данной керамикой в наших изделиях прошу Вас изготовить для нас два плоских образца диаметром 70 мм и толщиной 1,5 мм.

Начальник и главный конструктор,  
академик - секретарь РАН,  
доктор технических наук



Н.И. Гушин



**НАЧАЛЬНИК ВООРУЖЕНИЯ**  
**Вооруженных Сил**  
**Российской Федерации**

**ПЕРВОМУ ЗАМЕСТИТЕЛЮ МИНИСТРА ОБОРОНЫ**  
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**А. А. Кокошину**

"18" апреля 1995 г.

№ \_\_\_\_\_  
г. Москва, К-160

Докладываю.

Согласно Вашему поручению от 6 марта 1995 года проведена комплексная экспертиза технологий и документации на производство высокоценных и сверхчистых материалов, имеющих стратегическое, оборонное и народнохозяйственное значение, разработанных АО "Инкорпорация-4Т" под руководством академика Петровской Академии наук и искусств ПЕТРИКА Виктора Ивановича, который фактически является единственным учредителем общества.

В составе комиссии работали представители Секции прикладных проблем при Президиуме РАН, в качестве экспертов привлекались сотрудники: ВНЦ ГОИ - профессор Муситов М.И., Санкт-Петербургского государственного Университета - профессор Нелепин Р.А., ВНИИ Ювелирпрома - главный эксперт Чижов М.К. (акт комиссии прилагается).

Комиссией установлено:

1. В АО "Инкорпорация-4Т" создано опытно-промышленное производство перспективных высокотемпературных монокристаллов и керамики (ВМК): алюмо-магниева шпинель (благородная шпинель без примесей); лейкосапфиры (бесцветные сапфиры); иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ), для которых четко определяются три области применения - оптическая, конструкционная и ювелирная.

Оптическая - из ИАГ и лейкосапфиров изготавливают элементы лазеров и оптоэлектронных устройств, зеркала энергетических (в т.ч. и для специального применения) лазеров, линзы, призмы и другие оптические элементы с уникальными недостижимыми для других материалов свойствами, что обеспечивается предельным качеством материала.

Конструкционная - использование ВМК в качестве конструкционного материала для производства деталей машин, темонагруженных конструктивных элементов военной техники (радиопрозрачные, температуростойкие обтекатели и иллюминаторы космических, летательных и подводных аппаратов различных классов, подшипники скольжения типа "сапфир-сапфир",

коэффициент скольжения которых - 0.01, соответствует коэффициенту трения качения для стальных подшипников, монокристаллические лопатки для авиатурбин, пластины композиционной брони для средств индивидуальной защиты со стойкостью до 2000 Дж (!), цилиндры и поршни для двигателей внутреннего сгорания).

Ювелирная - спрос на синтетические ювелирные материалы - полные аналоги природным драгоценным камням, неограничен. Очень высока экспортная эффективность интенсивно-окрашенных (неограниченной гаммы цветов) монокристаллов ИАГ.

Все способы, методы защищены патентами России в соответствии с действующим законодательством.

Созданное АО "Инкорпорация-4Т" опытно-промышленное производство (фотографии прилагаются) обеспечивает годовую мощность изготовления до 1200 изделий (типа термостойких обтекателей) из алюмо-магниевого шпинели, до 3000 кг лейкосапфиров, до 1500 кг ИАГ.

Высокая технологическая обработка оборудования и наличие в России практически неограниченной сырьевой базы позволяет организовать безотходное производство ВМК в потребных количествах, обеспечить высокое качество изделий и существенно снизить себестоимость продукции.

2. Кроме того, в АО "Инкорпорация-4Т" разработаны технология и самое мощное в мире оборудование, позволяющее производить 2 т скандия в год чистотой 0.9999.

Легирование скандием алюминия, создаёт сплав, по твёрдости не уступающий стали и обладающий лёгкостью алюминия, незаменимый для конструкций летательных аппаратов всех типов.

3. Академиком Петриком В.И. разработана уникальная технология получения металлического Осмия-187, сырьём для которой являются сухие фракции медеплавильного производства и промывные кислоты Джекказганского металлургического комбината.

По имеющейся информации Осмий-187 один из двух изотопов (второй - Ртуть-196, так называемая "красная ртуть"), энергия перехода которых соответствует требованиям для создания гамма-лазера (гразера).

Решение проблемы создания гамма-лазера по масштабности сопоставимо с осуществлением управляемого ядерного синтеза.

Ближайшим практическим использованием разработанной технологии по Осмию-187 может быть защита ценных бумаг (банкноты, кредитные карты и т.п.) путём нанесения метки (2-3 микрограмма изотопа).

Справочно: В 1994 году Германия потерпела убытки в 2,5 млрд. долл. от подделки кредитных карт.

Достоверность работ по изотопу Осмий-187 подтверждается результатами экспертизы технологического процесса по его получению в НПО "Радиевый институт им. Хлопина", где сделано заключение о возможности наработки изотопа в количестве до 1 кг. Результаты экспертизы подтверждены председателем постоянно действующей экспертной Комиссии при Минатоме России по проблеме Осмия-187 членом-корреспондентом РАН А. И. Карелиным.

Справочно: Мировая добыча природного Осмия составляет 60 килограммов в год, в нём содержится всего 1,6 % Осмия-187.

Обоснованность выводов экспертной комиссии подтверждена специальной рабочей группой специалистов Управления начальника вооружения, работавшей в Санкт-Петербурге в период с 13 по 15 апреля с.г.

В связи с изложенным, полагал бы целесообразным:

1. Обратиться в Правительство Российской Федерации с поддержкой предложения академика Петрика В.И. о передаче на компенсационной основе технологии и оборудования, разработанных АО "Инкорпорация-4Т", на предприятия оборонных отраслей промышленности и системы Ювелирпрома (прилагается).

2. Обеспечить приобретение государством исключительной, бессрочной лицензии на разработанную академиком Петриком В.И. технологию получения сверхчистого изотопа Осмия-187 и задать АО "Инкорпорация-4Т" по заказу Управления начальника вооружения ВС РФ (13 Управления МО) научно-исследовательскую работу по исследованию путей создания гамма-лазера. Планируемый объем ассигнований в 1995 г. составляет 5 млрд. рублей и может быть изыскан в рамках Программы базовых военных технологий (10 ПВ). Работам по данной тематике придать исключительно закрытый характер.

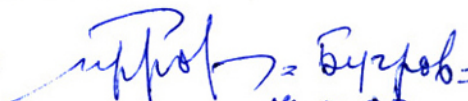
3. Организовать личную встречу академика Петрика В.И. с Председателем Правительства РФ В. С. Черномырдиным.

Прошу Вашего решения.

**А. Ситнов**

**Подлинный подписал:**

*Верно:*  
Начальник отдела

  
18. 4. 95



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АКАДЕМИКУ ПЕТРОВСКОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК И ИСКУССТВ

КОМИТЕТ  
ПО ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ПОЛИТИКЕ

Петрику Виктору Ивановичу

---

191018, г. Санкт-Петербург,  
ул. Карбышева, 7

---

" 28 " 09 1995 г.

№ 236/270

103160, г. Москва, К-160

Уважаемый Виктор Иванович!

В соответствии с поручением Первого заместителя Министра обороны России А.А.Кокошина Ваше обращение в Министерство обороны РФ о рассмотрении возможности передачи государству на компенсационной основе технологий и оборудования, разработанных в АО "Инкорпорация 4Т", внимательно рассмотрены.

Всеми специалистами отмечается высокий технологический уровень разработок, по ряду из которых аналогичные достижения за рубежом в настоящее время отсутствуют.

Наиболее доведенной до практического применения в интересах Министерства обороны РФ, по мнению ведущих разработчиков и потребителей в данной области, является технология изготовления высокотемпературной броневой керамики для изготовления обтекателей.

Некоторые организации, также ведущие разработки в данной области, крайне заинтересованы в подобной оптической керамике повышенной прочности и готовы принять посильное участие в проведении таких работ.

В связи с невозможностью создания в настоящее время на отечественных предприятиях керамики с аналогичными свойствами и для необходимости принятия окончательного решения на уровне Правительства Российской Федерации о целесообразности передачи (покупки) данной технологии в интересах Министерства обороны России убедительно прошу Вас изготовить и направить в наш адрес для проведения термодинамических и полунатурных испытаний несколько образцов изделий для заинтересованных в их использовании организации:

1. Три плоских образца диаметром 70 мм и толщиной 1,5 мм;
2. Три образца обтекателей (входных окон) с параметрами, представленными в приложении.

При положительном решении о передаче технологии Вам будут компенсированы затраты на изготовление запрашиваемых нами образцов изделий.

С уважением,

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ КОМИТЕТА



А. Бриндииков

**Приложение:**

Спектрограммы пропускания  
на 2-х листах



Государственный научный центр  
"ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова"  
НИИ ОП

---

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
№51802-1201

Зам директора ..... В.Б.Шилов  
Нач. подразделения ..... А.В.Борткевич



Санкт-Петербург  
Россия

1. Результаты измерения

$\lambda$ , мкм	T, %	$\lambda$ , мкм	T, %	$\lambda$ , мкм	T, %
0.20	23.6	1.00	79.9	3.00	84.0
0.25	49.0	1.10	80.6	3.50	85.5
0.30	59.0	1.20	81.3	4.00	87.0
0.35	64.3	1.30	81.8	4.50	84.0
0.40	67.3	1.40	82.1	5.00	81.0
0.45	69.6	1.50	82.4	5.50	69.0
0.50	71.4	1.60	82.5	6.00	20.0
0.55	72.7	1.70	82.3		
0.60	73.7	1.80	82.3		
0.65	74.9	1.90	82.4		
0.70	76.0	2.00	82.7		
0.75	77.0	2.10	83.0		
0.80	78.0	2.20	83.4		
0.85	78.8	2.30	83.7		
0.90	79.2	2.40	84.1		
0.95	79.5	2.50	83.8		

1. Наименование аттестуемого образца (шифр, номер) ОСС-4Т, №5

2. Изготовитель аттестуемого образца  
Инкорпорация 4Т

3. Наименование измерительного прибора, на котором проводилась аттестация (шифр, номер прибора)

Спектрофотометр РЕ Ламбда-9, №110890  
Спектрофотометр РЕ 983, №10949

4. Наименование подразделения , проводившего аттестацию

Комплекс ОСФ, лаб.1802

Погрешность измерений спектрального коэффициента пропускания  $\Delta T(\lambda) \pm 1\%$ .

КОМИТЕТ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

D.I.MENDELEYEV INSTITUTE  
FOR METROLOGY  
VNIIM

State Centre for Measuring  
Instrument Testing and Certification



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
"ВНИИМ им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА"

Государственный сертификационный  
испытательный центр средств измерений

19 Moskovsky pr.,  
St. Petersburg  
198005 Russia

Telex: 121486 IMM SU  
Fax: (812)113 01 14  
Phone: 251 40 93  
251 76 01  
113 01 13

198005, С.-Петербург  
Московский пр., 19

Телетайп: 122113  
Для телеграмм:  
Палата  
Телефон: 251 76 01  
113 01 13

**СВИДЕТЕЛЬСТВО  
CERTIFICATE  
OF COMPLIANCE**

N 2563/94-46  
5.12.94

Представленные АО "Инкорпорация 4Т" образцы  
Оптического материала *OCS-4T* №№ 3, 5, 9 и 12 со следующими  
техническими характеристиками:

химическая формула - *MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>*

структура - кубическая,

плотность, кг/м<sup>3</sup> 3,58

точка плавления, °C 2135

микротвердость при нагрузке 1,0 Н, ГПа 17,5

прочность при изгибе, МПа 335 ± 47

прочность при сжатии, МПа 2205

модуль Юнга, ГПа 2,65

коэффициент линейного термического  
расширения в интервале 25 ÷ 1000 °C, 10<sup>-6</sup>/°C 7,9



теплопроводность, Вт/м °К

при 500 °К 9,43  
при 1000 °К 7,0

02627

аттестованы по показателю преломления и светопропусканию.

Результаты аттестации образцов приведены в таблицах I и 2.

Таблица I.

Показатель преломления при длинах волн в мкм

$\lambda$	$n$
0,4358	1,7322
0,4922	1,7255
0,5461	1,7212
0,5785	1,7189
0,6329	1,7160

Погрешность аттестации  $\pm 1 \cdot 10^{-4}$


Таблица 2.

Прямое пропускание в образце толщиной 1,8 мм

$\lambda$ , мкм	$\tau$ , %	$\lambda$ , мкм	$\tau$ , %	$\lambda$ , мкм	$\tau$ , %
0,20	28,5	1,2	81,0	3,5	87,0
0,25	55,0	1,5	81,5	4,0	87,0
0,30	65,0	1,7	82,0	4,5	86,0
0,35	80,0	2,0	82,5	5,0	81,0
0,40	80,0	2,5	85,0	5,5	68,0
1,1	80,5	3,0	87,0	6,0	30,0

Погрешность аттестации 0,2 %

Свидетельство действительно до 01.01.98 г.

Ведущий научный сотрудник  Л.В.Налбандов



Государственный орден Ленина и ордена  
Октябрьской Революции оптический институт  
имени С. И. Вавилова

# МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ МС-074 А/96

Приложение:

Условия измерений:

Угол падения  $0^\circ$

Спектральная разрешающая способность  
не менее 500.

Межповерочный интервал 3 года.

Следующую калибровку (аттестацию) провести  
не позднее января 2000 года.

Измерения произвел

*Крутяков* М. А. Крутякова

Начальник подразделения

*Борткевич* А. В. Борткевич





УТВЕРЖДАЮ  
 метролог ГОИ  
 О.М. Михайлов  
 12.11.16

1. Наименование и визуальное описание средства измерения (шифр, номер) Селлайт - 4Т,  
мениск, диаметр 68 мм, толщина 2 мм.
2. Изготовитель аттестуемого средства измерения ЗАО Инкорпорация 4Т
3. Наименование измерительного прибора, на котором проводилась аттестация (шифр, номер прибора) Спектрофотометр Ламбда-9 №110890  
Спектрофотометр PE-983 №10949
4. Наименование подразделения, проводившего аттестацию Отдел главного метролога ВЦНЦ "ГОИ"  
Комплекс ОФ ВЦНЦ "ГОИ"

1. Результаты измерения

Длина волны, мкм	Спектральный коэффициент пропускания, %	Абсолютная погрешность, %
0,4	4,7	
0,5	14,4	
0,6	26,2	
0,7	38,9	
0,8	49,6	
0,9	58,5	
1,0	65,3	
1,5	82,0	
2,0	87,4	
2,5	86,0	
3,0	86,2	
3,5	88,4	
4,0	90,4	
4,5	90,0	
5,5	90,7	
6,0	88,3	
6,5	80,6	
7,0	69,5	

± 0,5



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**АБРАЗИВНЫЙ ЗАВОД «ИЛЬИЧ»**

197342, Санкт-Петербург, Красногвардейский пер., 23. Тел:(812) 245 85 01. Факс:(812)542 15 47. Телеграф:  
342 Абразивный завод «Ильич». Телетайп: 122739 Корунд. Р.сч. 18500467128 в Петроградском филиале АО  
ПСБ С.-Петербурга. Кор. сч.718911901 МФО 171081 (С.-Пб и Лен.обл.). Кор.сч. 700161691 в РКЦ МФО 161002 (вюгор.)

№ \_\_\_\_\_



Генеральный директор АООТ  
"Абразивный завод "Ильич"

*И. В. Деловталь*  
Санкт-Петербург

" 24 " 04 1995 г.

**АКТ ИСПЫТАНИЙ  
(ВЫПИСКА)**

Настоящий акт составлен в том, что при баллистических испытаниях группы керамических материалов нами были использованы образцы алюмомагнезиальной шпинели, представленные организацией "Инкорпорация 4Т".

Плитки прозрачной шпинели размерами 47х47х6 с плотностью 3,58 г/см<sup>3</sup> были использованы в составе органокерамического композита при определении пулестойкости. Ввиду ограниченности образцов, испытания на живучесть композита не проводились.

Композитная панель изготавливалась с использованием в качестве подложки арамидной ткани ТСВМ-К4. Поверхностная плотность панели составляла 50 кг/м<sup>2</sup> аналогично стандартной композиции на основе алюмооксидной керамики марки Б6.

Баллистические испытания проводили согласно "Методики испытаний конструктивной защиты ПК ..." войсковой части 33491 с замером скорости полета индентора бесконтактным методом. Погрешность измерения скорости не превышала 2%.

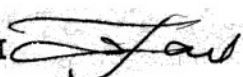
Испытания проводили из АКМ индентором диаметром 7,62 мм образца 1943 года. Определению подлежала скорость предела тыльной прочности композита ( $v_{ПТП}$ ).



Обладатель приза Всемирной организации "ЛИДЕРЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ." Испания-1993

Установлено, что скорость предела тыльной прочности композита на основе алюмомагнезиальной шпинели составляет 790 м/с, в то время как аналог на основе стандартной керамики Б6 имеет  $v_{\text{ПТП}} = 720$  м/с.

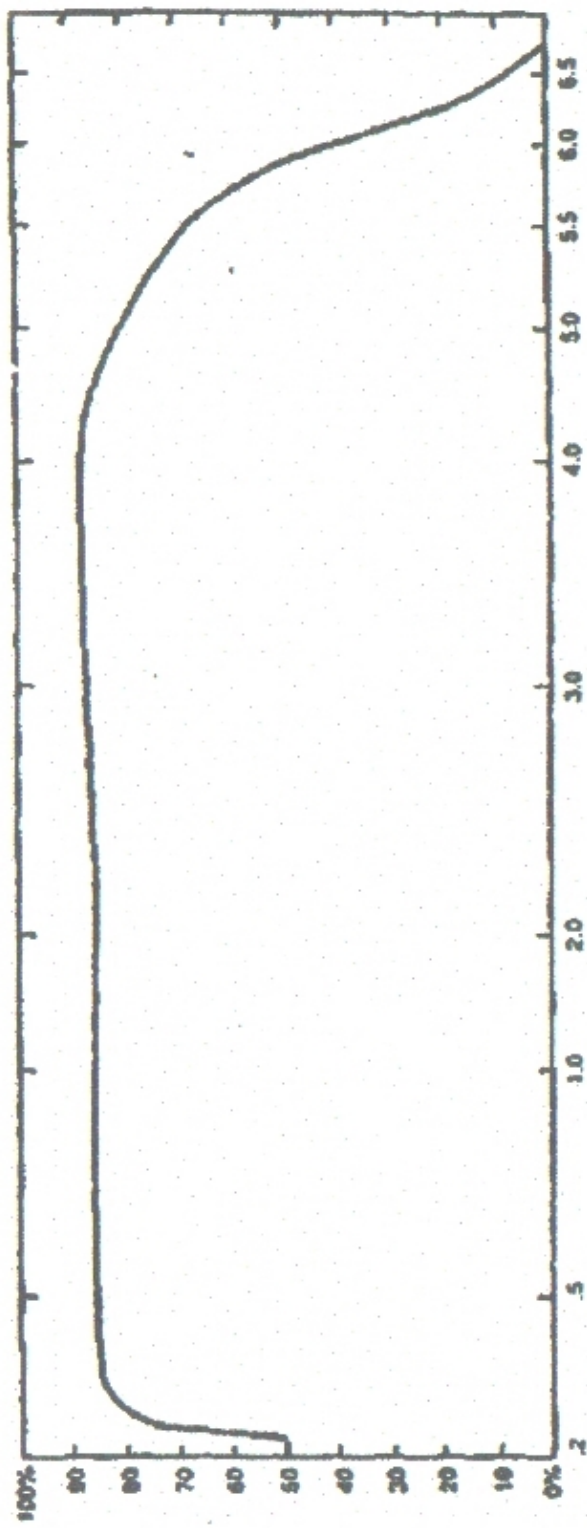
Зав. лаборатории спецкерамики



Г. П. Зайцев



Пропускание шпинели (горячее прессование/ГИП) [толщина 1.7 мм, без коррекции на отражение].



длина волны (мкм)

Figure 1. Пропускание в области 0,25 -6,0 мкм Горячее прессование/ГИП ( 0.2 and 7.0 microns)

## Заключение.

До настоящего времени в переносных самонаводящихся зенитно-ракетных комплексах в качестве обтекателей используется керамика  $MgF_2$ . Кроме известных недостатков, таких как низкая эрозионная и температурная устойчивость, еще одним недостатком  $MgF_2$  является то, что эта керамика прозрачна только для электромагнитного излучения инфракрасного диапазона.

Известны несколько оптических материалов, которые прозрачны для электромагнитного излучения в видимой и инфракрасной областях. Но только шпинель отвечает практически всем требованиям, предъявляемым к оптическим материалам, работающим в условиях экстремальных нагрузок.

Многочисленные исследователи шпинели, такие как Navias (1961), Gatti и None (1979), Sellers and Roy (1973), Branton (1974), Hing (1976), Gentilman (1981), Maguire and Gentilman (1982), Nakahasi (1985), Shibata (1989), Boch (1991) Roy and Hassert (1991) считали, что физические и оптические свойства шпинели делают ее лучшим, среди всех известных материалов, кандидатом для использования в качестве прозрачной брони для окон и обтекателей, в оптоэлектронных будущих системах наведения ракет и самолетов.

Потенциальные возможности поликристаллической шпинели обусловили проведение исследований по ее синтезу в целом ряде организаций и стран в 60х и 70х годах 20 века. Среди прочих Avco Corporation.<sup>1</sup>, General Electric Space Division<sup>2</sup>, North Carolina State University<sup>3</sup>, Rutgers University<sup>4</sup>, Stanford University<sup>5</sup>, Россия<sup>6</sup> и Coors Porcelain Company.

В настоящее время в США предприняты усилия по возрождению исследований и коммерческого производства шпинели. Военная Научно-исследовательская лаборатория США (Army Research Laboratory [ARL]) и фирма TA&T (Technology Assessment & Transfer Inc) из города Аннаполис из штата Мериленд подписали соглашение о совместных разработках "Разработка и оценка использования в качестве многоцелевого элемента прозрачной шпинели" ("Development and Dual -Use Assessment of Transparent Spinel").

29 октября 2009 года в Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, по линии ВПК, для проведения испытаний, поступили образцы керамики изготовленные в инициативном порядке В.И. Петриком.



Измерение спектральных характеристик образцов показали их высокую оптическую прозрачность, а рентгеноструктурный анализ показал, что представленная керамика является поликристаллической шпинелью.

Таким образом, можно констатировать, что в России разработана технология синтеза оптически прозрачной броневой керамики, которая найдет широкое применение в изделиях работающих в условиях экстремальных нагрузок, а ее создание является большим научным достижением.

Заведующий отделом,  
член-корреспондент РАН



Х.С. Багдасаров.



УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ИНСТИТУТ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

им. А.В. Шубникова РАН  
(ИК РАН)

119333, Москва, Ленинский проспект, д. 59, Тел. (499) 135-63-11, факс (499) 135-10-11, e-mail: secr@ns.crys.ras.ru, http://ns.crys.ras.ru  
ОГРН 1037739548747, ОКАТО 45293558000, ОКПО 02698967, ИНН/КПП 7736099104 / 773601001

19.01.2010г. №11205- 9311/27-20

Г

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Председателю  
научно-технического совета  
Военно-промышленной комиссии  
при Правительстве РФ  
заместителю председателя  
Военно-промышленной комиссии  
при Правительстве РФ  
Ю.М.Михайлову

Глубокоуважаемый Юрий Михайлович!

В ответ на Ваше обращение о проведении испытаний образцов керамики, содержащееся в письме № П22-42848 ВПК от 17 декабря 2009г., направляем Вам результаты исследований спектральных характеристик предоставленных образцов керамики, их кристаллической структуры и элементного состава, проведенных в ИК РАН.

Приложения:

1. Программа испытаний на 2 листах;
2. Заключение на 4 листах с приложениями № 1-4 на 20 листах.

4675

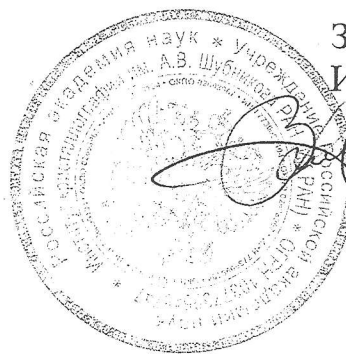
2010 г



Заместитель директора

В.М.Каневский

Исп. В.А.Федоров  
8(499) 135-00-68



«УТВЕРЖДАЮ»  
Заместитель директора  
ИК РАН

В.М.Каневский

«22» декабря 2009 г.

### Программа испытаний образцов керамики

1. Объекты испытаний - образцы керамики:

- образец №1 (AU07<sub>3-2-25</sub>) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №2 (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>+Sc) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №3 (А 13-3-25) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,54 мм;
- образец №4 - обтекатель диаметром ~ 54 мм и толщиной ~2,6 мм;
- образец №5 - обтекатель диаметром ~ 60 мм и толщиной ~2,6 мм.

2. Цель испытаний:

- измерение спектральных характеристик образцов в УФ, видимой и ИК областях спектра;
- определение фазового состава, структуры и параметров ячейки образцов керамики;
- определение элементного состава образцов.

3. Срок испытаний – декабрь 2009г.- январь 2010г.

4. Место проведения испытаний: ИК РАН, г. Москва.

5. Основание проведения испытаний:

Письмо № П22-42848 ВПК от 17 декабря 2009 г., протокол совещания в НТС ВПК при Правительстве Российской Федерации № ЮМ-П22-8пр ВПК (НТС) от 29 октября 2009 г.

6. Условия испытаний: нормальные климатические условия.

7. Сведения об используемых средствах измерений:

- измерительная система на базе спектрофотометра Спекорд М40 № 1491 (свидетельство о калибровке № 482 от 16 октября 2009 г.) - измерения в спектральном диапазоне 200-900 нм;
- ИК спектрофотометр Спекорд М80 № 1087 (сертификат о калибровке средства измерений № 479 от 16 октября 2009г.) - измерения в спектральном диапазоне 2,5-50 мкм;

- рентгеновский дифрактометр X PERT PRO (сертификат о калибровке № 438 от 11 марта 2009 г.);
- микроскоп Quanta 200 3D (сертификат о калибровке № 433 от 10 марта 2009 г.)

#### 8. Методы испытаний.

Экспериментальные измерения в соответствии с аттестованными ГНМЦ ОАО «НИЦПВ» рекомендациями:

- МВИ-24ПВ: «ГСИ. Спектральные коэффициенты пропускания и спектральные показатели ослабления конденсированных сред в диапазоне длин волн 0,2 – 50 мкм. Методика выполнения измерений спектрофотометрическим методом»;
- МВИ-42ПВ: «ГСИ. Дифракционный анализ поликристаллов. Методика выполнения измерений с помощью рентгеновского дифрактометра XPerт PRO» (свидетельство об аттестации № 42ПВ от 10 марта 2008 г.).

Исследование элементного состава образцов методом энерго-дисперсионного анализа (EDS).

#### 9. Объем испытаний:

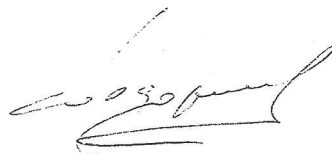
- измерение спектральных коэффициентов пропускания ( $\tau$ , %) исследуемых образцов в диапазоне 200-900 нм;
- измерение спектральных зависимостей оптической плотности ( $D = -\lg \tau$ ) образцов в диапазоне 200-900 нм;
- измерение спектральных зависимостей оптической плотности образцов ( $D = -\lg \tau$ ) в диапазоне 4000-200  $\text{см}^{-1}$  (2,5-50 мкм);
- определение фазового состава, структуры и параметров ячейки образцов керамики;
- определение элементного состава образцов керамики.

Заведующий отделом  
чл.-корр. РАН



Х.С.Багдасаров

И.о. заведующего лабораторией  
к.ф.-м.н.



В.А.Федоров

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора  
ИИХ РАН



В.М.Каневский

« 8 » января 2010 г.

### Заключение

По результатам работ, проведенных в соответствии с обращением председателя научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации - заместителя председателя Военно-промышленной комиссии при правительстве Российской Федерации, Михайлова Ю.М. в письме от 17 декабря 2009 г. № П22-42848 ВПК, отмечается следующее.

1. В последние годы в США, Японии, Германии и некоторых других странах ведутся интенсивные работы по созданию технологий получения и исследованию прозрачной керамики на основе оксидных нанокристаллических материалов [1-8]. Интерес к прозрачной оптической керамике обусловлен возможностью получения крупных образцов, не уступающих по своим параметрам (а для ряда применений превосходящих) соответствующие монокристаллические материалы. Среди актуальных областей применения прозрачных оптических керамик можно отметить следующие:

- лазерные керамики для использования в качестве активной среды мощных твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой;
- броневая оптическая керамика для ряда специальных применений и средств индивидуальной защиты;
- керамика для окон различного назначения, в том числе окон для мощных газовых лазеров.

Алюмо-магниевая керамика на основе шпинели  $MgAl_2O_4$  рассматривается (наряду с керамикой на основе  $Al_2O_3$  и  $AlON$ ) в качестве перспективного материала для броневых применений [9].

2. Из 5 образцов представленных на испытания образцы № 1 и №3 продемонстрировали наилучшую прозрачность в диапазоне 400-900 нм ( $\tau > 70\%$ ) включая потери на отражение, и частично прозрачны в УФ области спектра до 200 нм.

В спектрах образцов № 4-5 наблюдается широкополосное поглощение в УФ и видимом диапазонах вследствие наличия в образцах парамагнитных центров, обусловленных, по-видимому, наличием примесей.

По данным измерений в ИК области представленные на испытания образцы №1-3 прозрачны (по уровню пропускания  $\sim 50\%$ ) в диапазоне от 2.5 до 5,9 мкм, образцы № 4,5 в диапазоне от 2.5 до 5,7 мкм (см. приложение №6 к протоколу №2). Область максимальной прозрачности образцов соответствует диапазону 3-5 мкм, где пропускание лучших образцов № 1 и № 3 составляет не менее 83 %, включая потери на отражение. Спектральная граница диапазона прозрачности образцов в ИК области примерно соответствует границе прозрачности кристаллов алюмо-магниевого шпинели  $MgAl_2O_4$  [10].

3. По данным рентгеновских исследований представленные на испытания образцы керамики соответствуют кубической фазе со структурой типа шпинели  $MgAl_2O_4$ . Параметры ячейки исследованных образцов керамики близки к параметру ячейки монокристаллов  $MgAl_2O_4$  [11,12].

4. Элементный состав представленных на испытания образцов керамики №1-5 близок к составу алюмо-магниевого шпинели  $MgAl_2O_4$ . В исследованных образцах наблюдаются примеси С и N в количестве до 2 ат%, а также, в незначительных количествах, примеси P, Si и F (см. приложение № 1 к протоколу № 4).

Приложение:

1. Протокол испытаний № 1 на 6 листах,

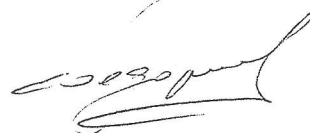
2. Протокол испытаний № 2 на 8 листах,
3. Протокол испытаний № 3 на 3 листах,
4. Протокол испытаний № 4 на 3 листах.

Заведующий отделом  
чл.-корр. РАН



Х.С.Багдасаров

И.о. заведующего лабораторией  
к.ф.-м.н.



В.А.Федоров

## Литература к заключению

- [1] G.E. Gazza, S.K. Dutta, "Hot pressing ceramic oxides to transparency by heating in isothermal increments", Patent US - 3,767,745, Oct. 23, 1973.
- [2] D.W. Roy, J.L. Hastert, L.E. Coubrough, K.E. Green, A. Trujillo, "Transparent polycrystalline body with high ultraviolet transmittance, process for making, and application thereof", European patent EP - 447 390 B1, Feb.2, 1994.
- [3] M. Shimada, T. Endo, T. Saito, T. Sato, "Fabrication of transparent spinel polycrystalline materials", Mater. Lett. 28 (1996) 4-6, 413-415.
- [4] A.F. Dericioglu, Y. Kagawa, "Effect of grain boundary microcracking on the light transmittance of sintered transparent  $MgAl_2O_4$ ", J. Europ. Ceram. Soc. 23 (2003) 6, 951-959.
- [5] G.R. Villalobos, J.S. Sagera, S.S. Baya, I.D. Agrawal, "Spinel and process for making same", US Patent Application 2004/0266605 A1, Dec. 30, 2004.
- [6] D. Agrawal, J. Cheng, R. Roy, "Microwave reactive sintering to fully transparent aluminum oxynitride (AlON) ceramics", Ceram. Trans. 134 (2002), 587-593 (= J. McCauley, A. Rajendran, W. Gooch, S. Bless, S. Wax, A. Crowson (eds.), Ceramic Armor Materials by Design, Proc. PAC RIM IV / Ceramic Armor Symposium, Wailea, Maui (HI) 4-8 Nov. 2001), The American Ceramic Society, Westerville (OH), 2002.
- [7] A. Krell, "Transparent sintered sub- $\mu m$   $Al_2O_3$  for armor and IR applications", EUCLID CEPA3 Workshop on Nanomaterials / Session: Novel Smart Materials for Active Structural Applications, Lisbon, Feb. 25, 2004.
- [8] K. Shibata, H. Nakamura, "Method of producing a light-transmitting spinel sintered body", European Patent EP - 332 393 B1, June 22, 1994.
- [9] Krell, A.; Hutzler, T.; Klimke, J. (2005) Physics and Technology of Transparent Ceramic Armor: Sintered  $Al_2O_3$  vs Cubic Materials. In Nanomaterials Technology for Military Vehicle Structural Applications (pp. 14-1 – 14-10). Meeting Proceedings RTO-MP-AVT-122, Paper 14. Neuilly-sur-Seine, France: RTO.
- [10] Е.М.Воронкова, Б.Н.Гречушников, Г.И.Дистлер, И.П.Петров. Оптические материалы для инфракрасной техники М. «Наука», 1965 г.
- [11] Boultif A., Louer D. (2004) J. Appl. Crystallogr. 37. 724.
- [12] J.A. Ball, M. Pirzada1, R.W. Grimes, M.O. Zacate, D.W. Price, B.P. Uberuaga (2005) J. Phys.: Condens. Matter 17, 7621–7631.



**Учреждение Российской академии наук  
Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН  
(ИК РАН)**

**ПРОТОКОЛ №1  
испытаний образцов керамики**

1. Цель испытаний: измерение спектральных характеристик образцов в диапазоне 200-900 нм.

2. Объекты испытаний:

- образец №1 (AU07<sub>3-2-25</sub>) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №2 (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>+Sc) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №3 (А 13-3-25) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,54 мм;
- образец №4 - обтекатель диаметром ~ 54 мм и толщиной ~2,6 мм;
- образец №5 - обтекатель диаметром ~ 60 мм и толщиной ~2,6 мм.

3. Дата начала испытаний: 23 декабря 2009 г.

4. Дата окончания испытаний: 15 января 2010 г.

5. Место проведения испытаний: ИК РАН, г. Москва

6. Условия испытаний: нормальные климатические условия, температура в помещении 22±0.05°C

7. Результаты испытаний:

1. Сведения об используемом средстве измерений	Измерительная система на базе спектрофотометра Спекорд М40 № 1491 (свидетельство о калибровке № 482 от 16 октября 2009 г.).
2. Измеряемые характеристики	Спектральные коэффициенты пропускания ( $\tau$ , %) исследуемых образцов в диапазоне 200-900 нм. Спектральные зависимости оптической плотности ( $D = -\lg \tau$ ) образцов в диапазоне 200-900 нм.
3. Методы испытаний	Экспериментальные измерения в соответствии с аттестованной ГНМЦ ОАО «НИЦПВ» рекомендацией МВИ-24ПВ: «ГСИ. Спектральные коэффициенты пропускания и спектральные

	показатели ослабления конденсированных сред в диапазоне длин волн 0,2 – 50 мкм. Методика выполнения измерений спектрофотометрическим методом».
4. Результаты измерений	Спектральные характеристики образцов 1-5 приведены в приложениях 1-4 к протоколу №1.
5. Выводы	<p>Образцы №1 и №3 обладают высокой (<math>\tau &gt; 70\%</math>) прозрачностью в видимой и ближнем ИК диапазонах (400-900 нм), включая потери на отражение, и частично прозрачны в УФ области спектра до 200 нм.</p> <p>В спектрах образцов № 4-5 наблюдается широкополосное поглощение в УФ и видимом диапазонах вследствие наличия в образцах парамагнитных центров, обусловленных наличием примесей.</p>

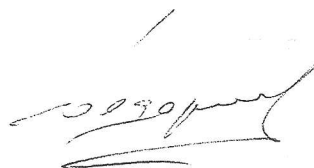
От ИК РАН:

Заведующий отделом  
чл.-корр. РАН



Х.С.Багдасаров

И.о. заведующего лабораторией  
к.ф.-м.н.

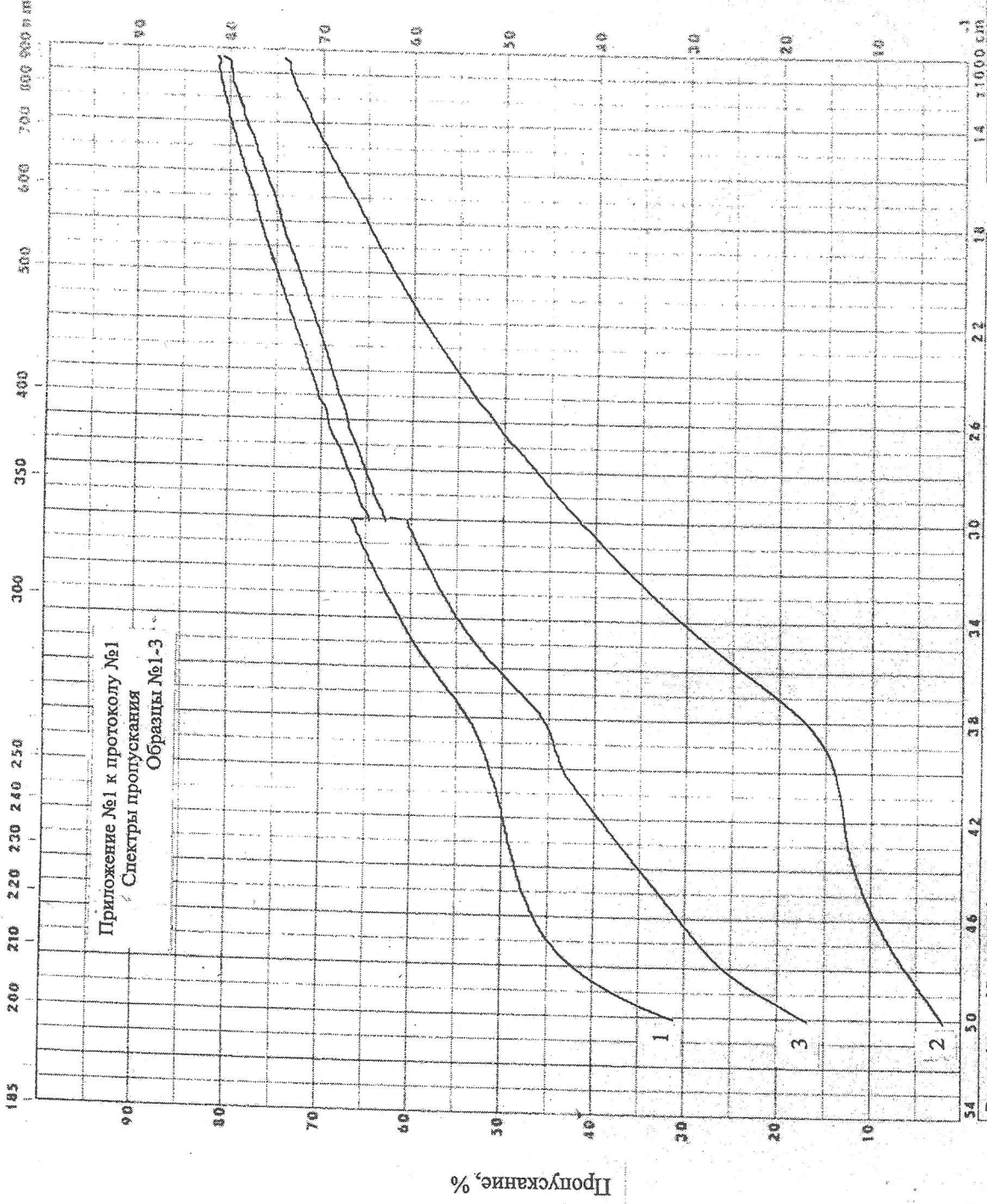


В.А.Федоров

SPECORD

UV VIS

Probe (Sample)	Conc.	Dicke (Path) mm	Temp.
Referenz	Conc.	Dicke (Path) mm	Temp.
Parameter	Wavelength (nm)	Scan Speed	
Correlation (Presentation)	ABS, %T, etc	Wavelength (Zero Ad)	Exp. Y
			Exp. X



Date: \_\_\_\_\_ Name: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

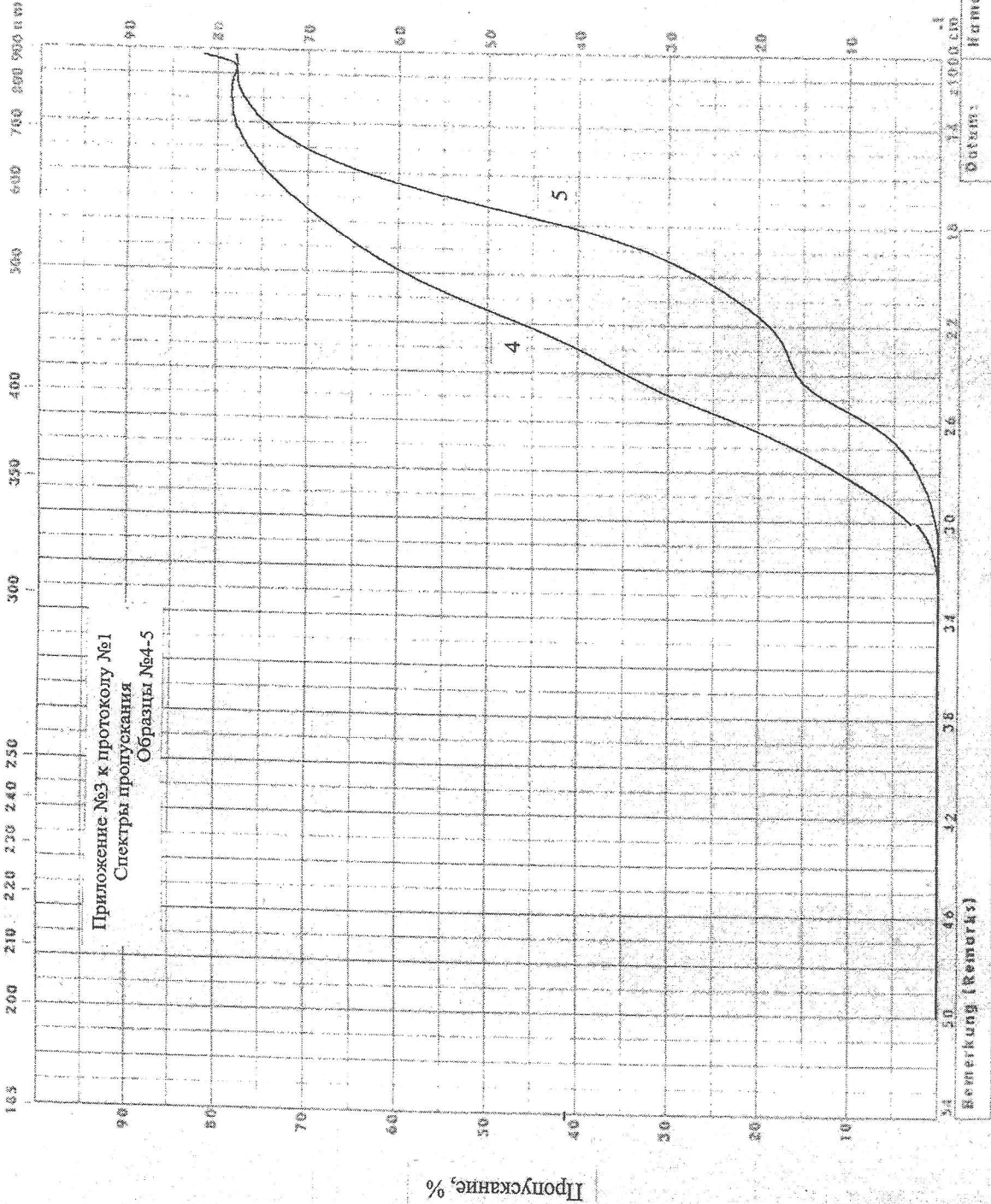
Remarks (Remarks): \_\_\_\_\_



SPECORD

UV VIS

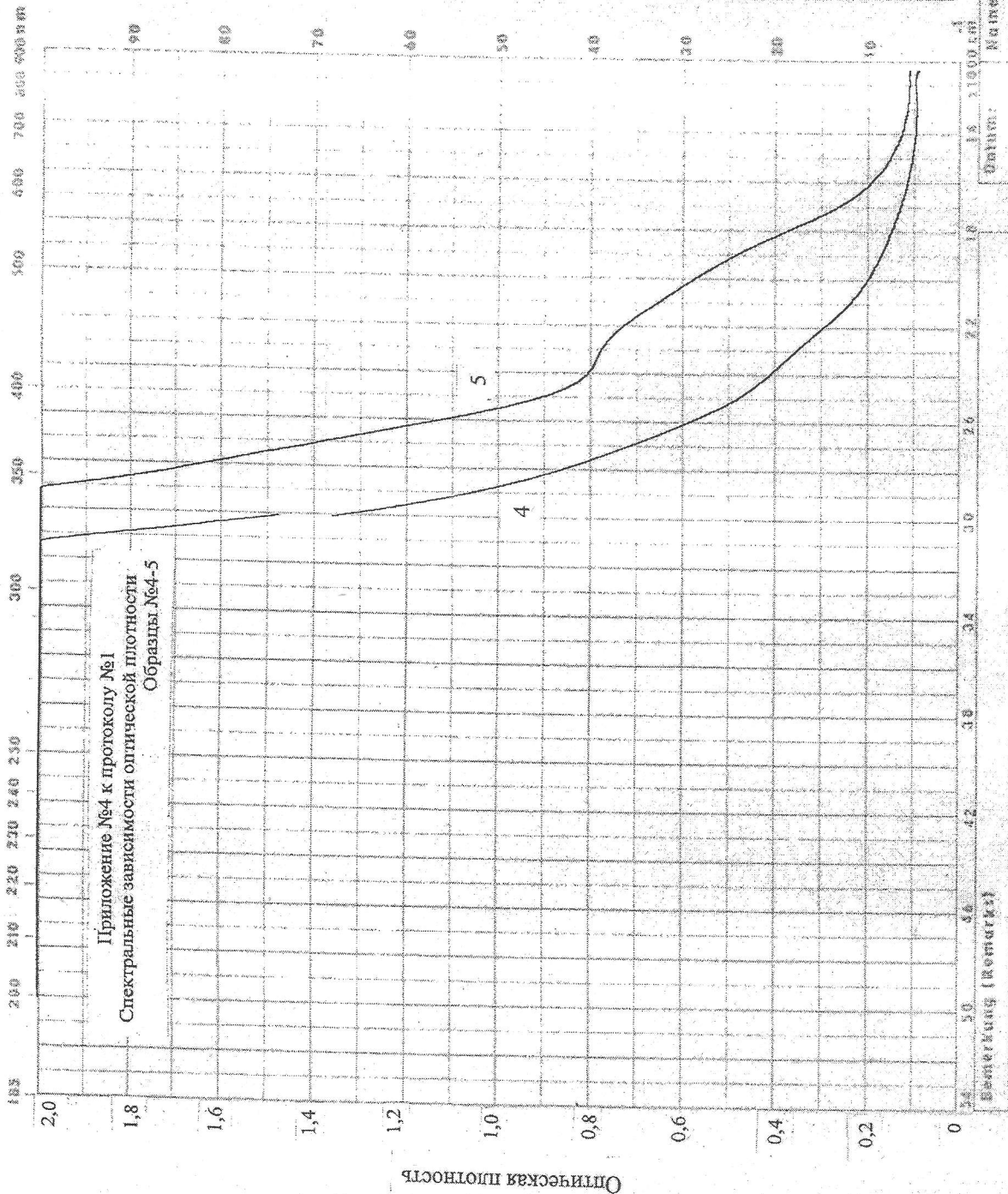
Probe (Sample)	
Dicke (Path) mm	
Temp.	
Referenz	
Conc.	
Dicke (Path) mm	
Temp.	
Parameter	cm <sup>-1</sup>
Int-Intt (Int Time)	s
Gain	
Speed	
Bestellung (Presentation)	
W.L.S. %T/Tr	
Nullpunkt (Zero, Ad)	
REP. Y	
REP. X	



Outsum: Name: Mr.

Remerkung (Remarks)

UV VIS



Probe (Sample)	Conc.	Dicke (Path)	Temp.
Referenz	Conc.	Dicke (Path)	Temp.
Parameter	Unit	Parameter	Unit
Start-time	min	End-time	min
Gain		Speed	
Wavelength (Presentation)	445, %T, 10	Wavelength (Case, nm)	Exp. Y
Exp. X		Exp. Z	

Дата: \_\_\_\_\_

Время: \_\_\_\_\_

Место: \_\_\_\_\_

Имя: \_\_\_\_\_

№: \_\_\_\_\_

Замечания (Remarks)

**Учреждение Российской академии наук  
Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН  
(ИК РАН)**

**ПРОТОКОЛ №2  
испытаний образцов керамики**

1. Цель испытаний: измерение спектральных характеристик образцов керамики в ИК области.

2. Объекты испытаний:

- образец №1 (AU07<sub>3-2-25</sub>) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №2 (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>+Sc) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №3 (A 13-3-25) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,54 мм;
- образец №4 - обтекатель диаметром ~ 54 мм и толщиной ~2,6 мм;
- образец №5 - обтекатель диаметром ~ 60 мм и толщиной ~2,6 мм.

3. Дата начала испытаний: 23 декабря 2009 г.

4. Дата окончания испытаний: 15 января 2010 г.

5. Место проведения испытаний: ИК РАН, г. Москва.

6. Условия испытаний: нормальные климатические условия, температура в помещении 22±0.05°C.

7. Результаты испытаний:

1. Сведения об используемом средстве измерений	ИК спектрофотометр Спекорд М80 № 1087 (сертификат о калибровке средства измерений № 479 от 16 октября 2009 г.).
2. Измеряемые характеристики	Спектральные зависимости оптической плотности образцов ( $D = -\lg \tau$ ) в диапазоне 4000-200 см <sup>-1</sup> (2,5-50 мкм).
3. Методы исследований	Экспериментальные измерения в соответствии с аттестованной ГНМЦ ОАО «НИЦПВ» рекомендацией МВИ-24ПВ: «ГСИ. Спектральные коэффициенты пропускания и спектральные показатели ослабления конденсированных сред в диапазоне длин волн 0,2 – 50 мкм. Методика выполнения измерений спектрофотометрическим методом».

4. Результаты измерений	Спектральные характеристики образцов 1-5 приведены в приложениях 1-6 к протоколу №2.
5. Выводы	Представленные на испытания образцы №1-3 прозрачны (по уровню пропускания ~ 50%) в диапазоне от 2.5 до 5,9 мкм, образцы № 4,5 в диапазоне от 2.5 до 5,7 мкм (приложение № 6). Область максимальной прозрачности образцов соответствует диапазону 3-5 мкм, где пропускание лучших образцов № 1 и № 3 составляет не менее 83 %, включая потери на отражение.

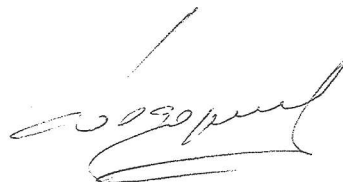
От ИК РАН:

Заведующий отделом  
чл.-корр. РАН



Х.С.Багдасаров

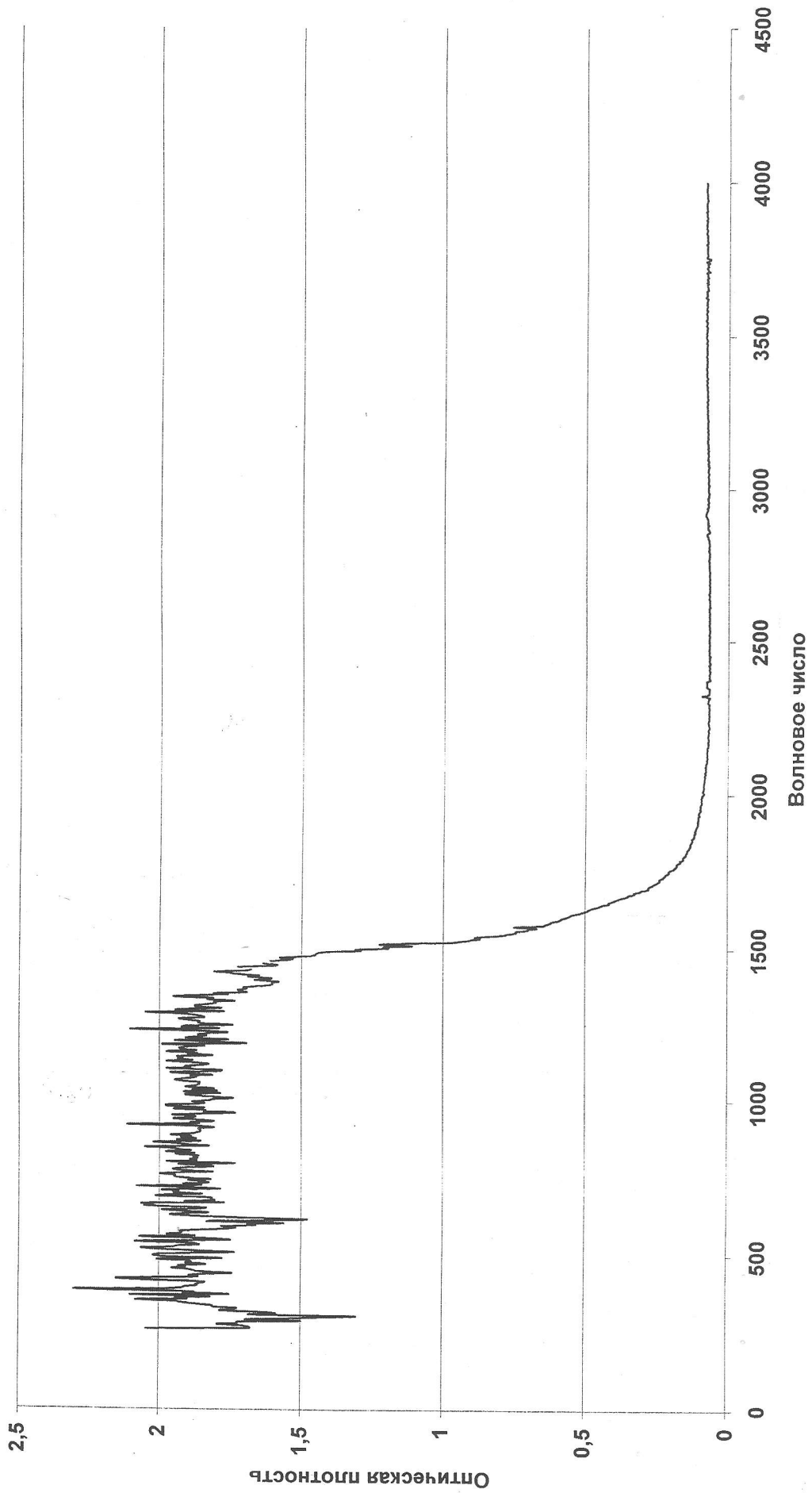
И.о. заведующего лабораторией  
к.ф.-м.н.



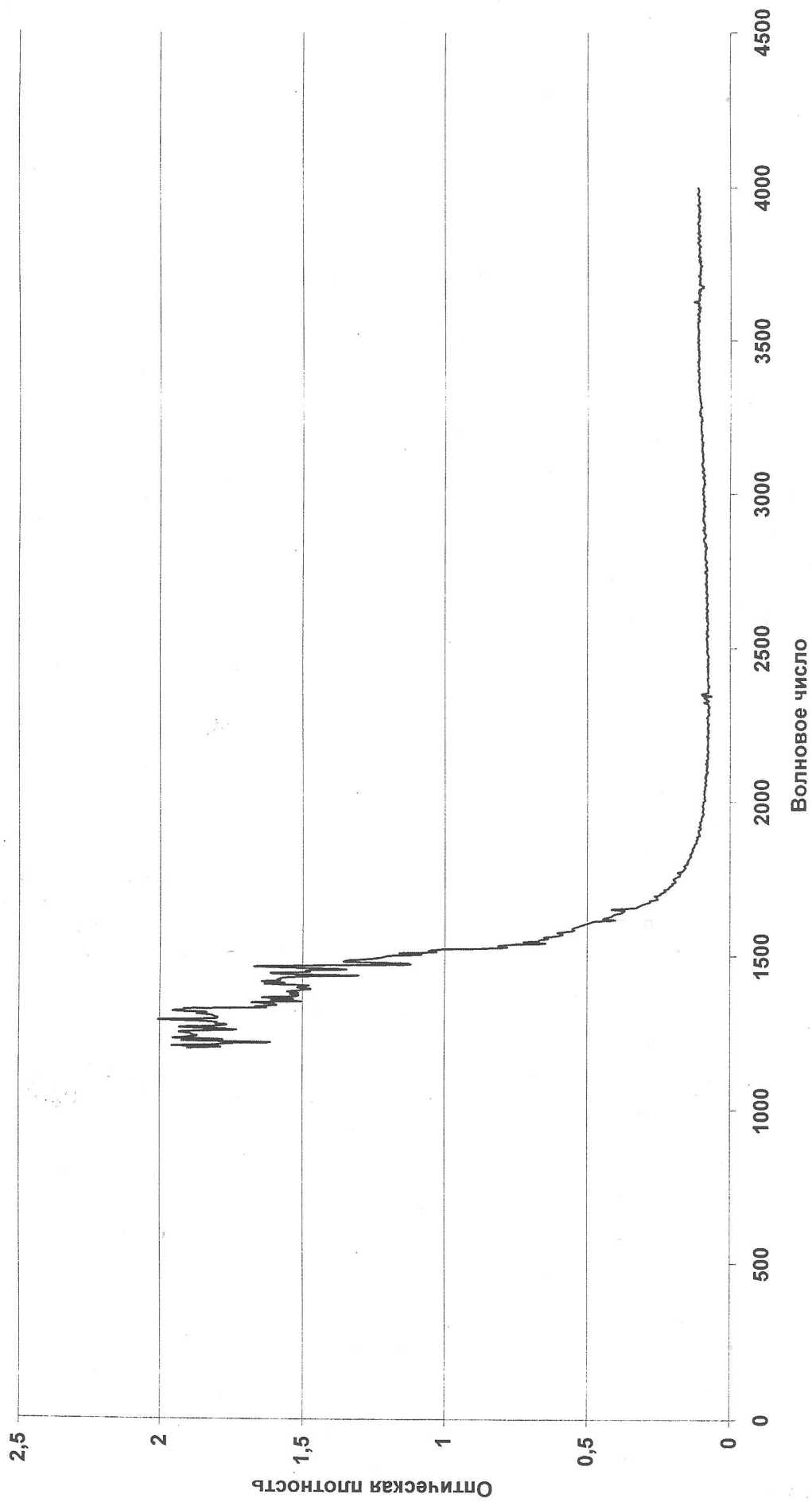
В.А.Федоров



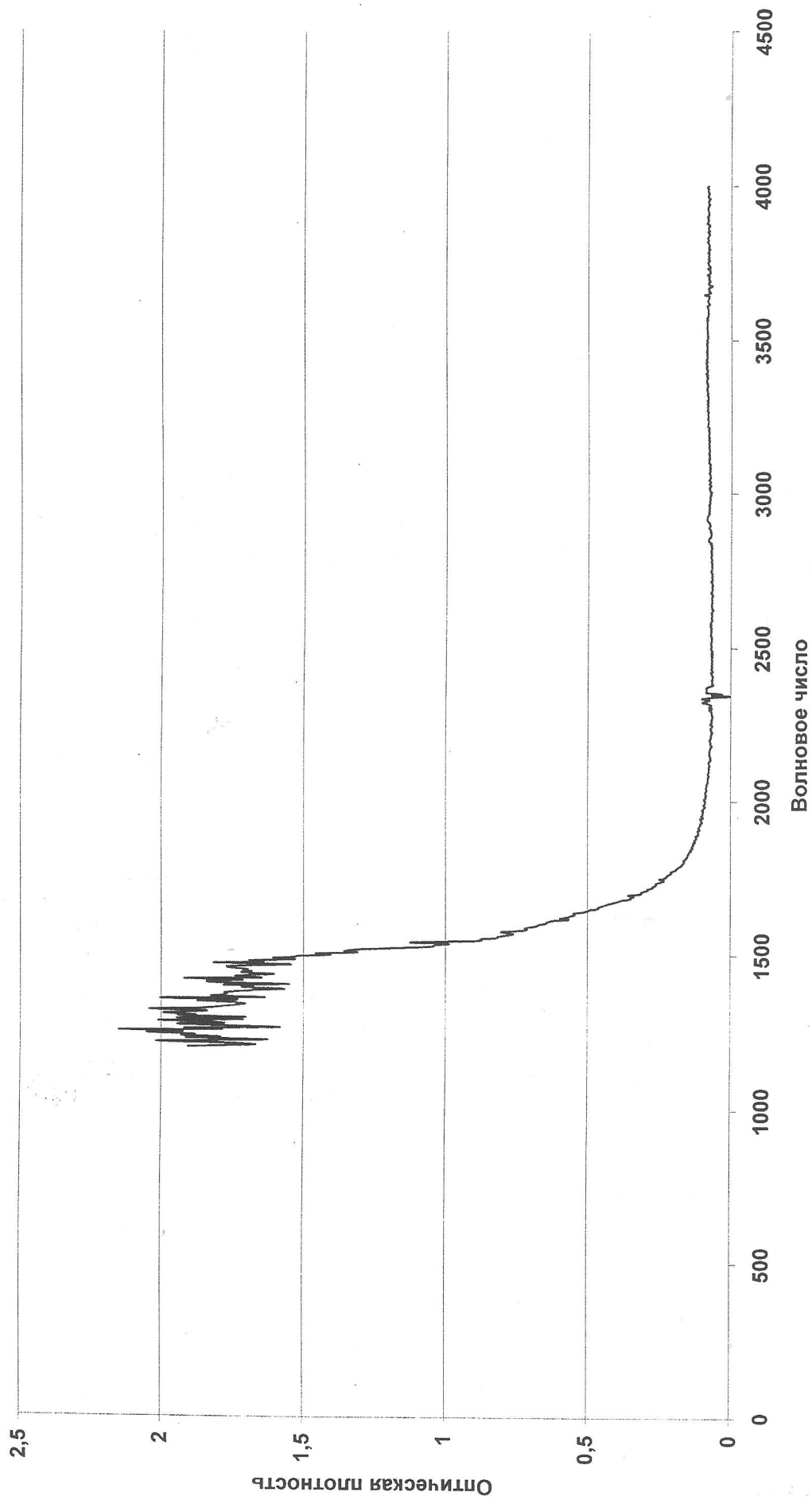
Приложение №1 к протоколу №2  
Образец №1



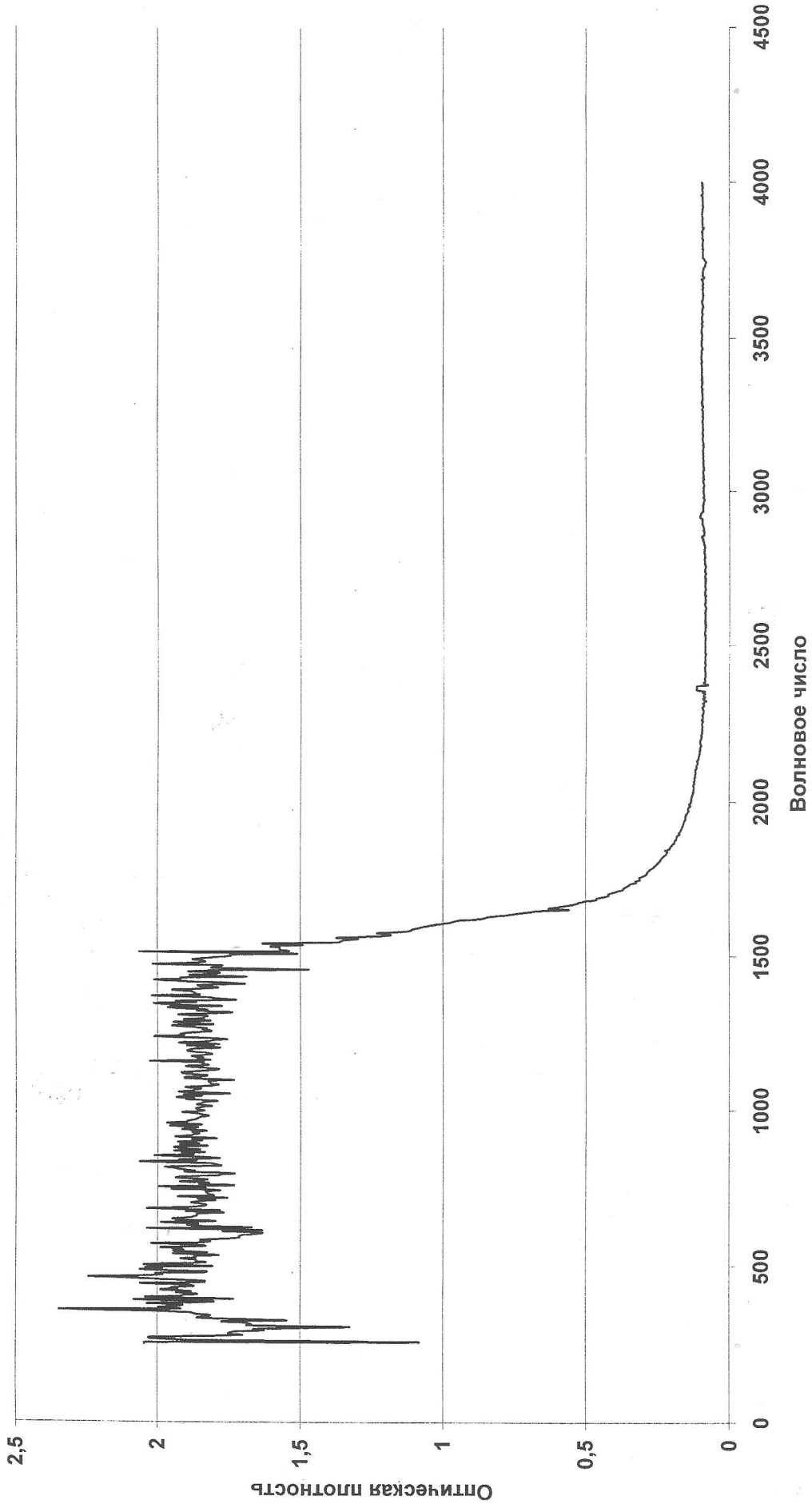
Приложение №2 к протоколу №2  
Образец №2



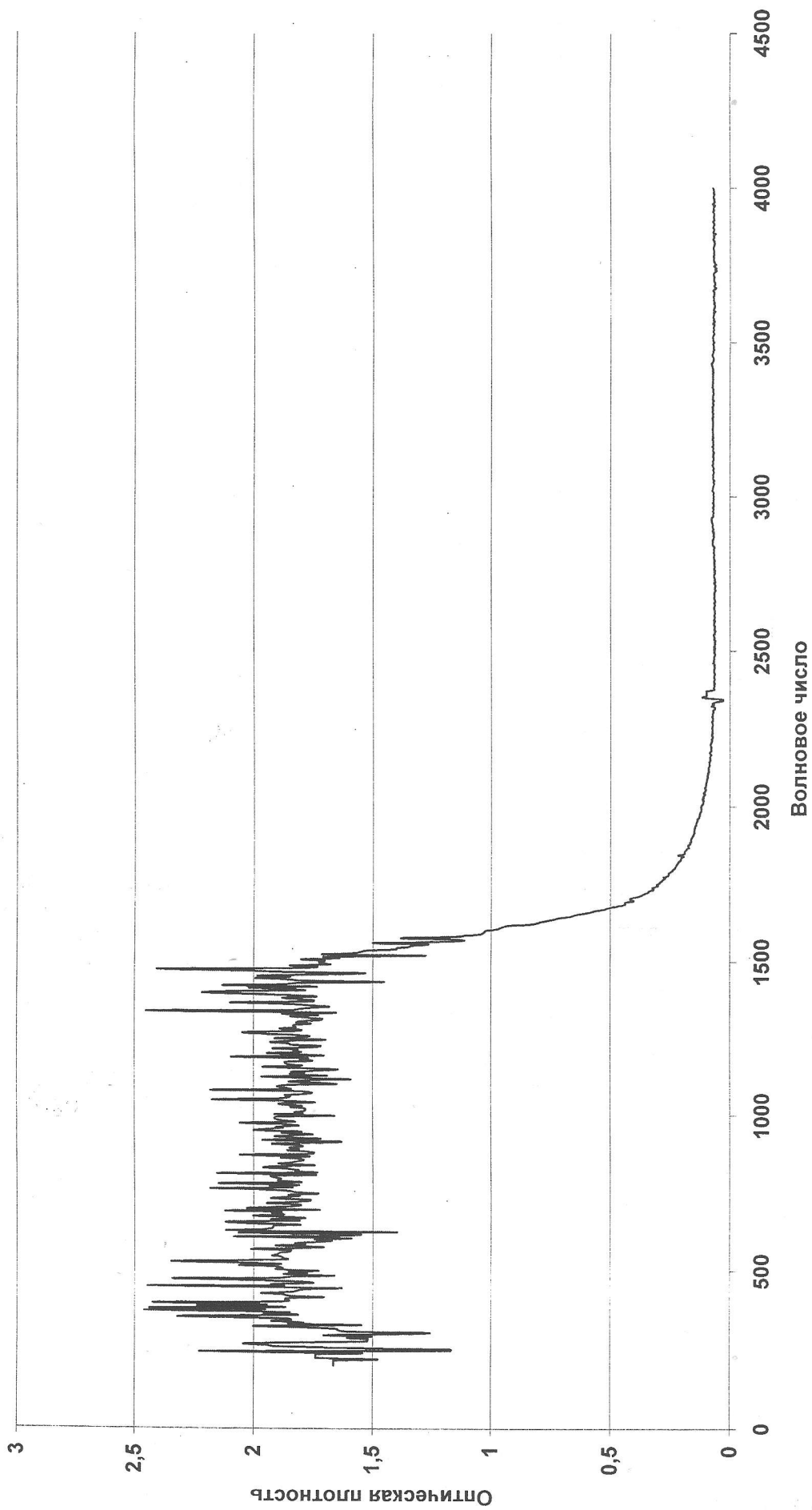
Приложение №3 к протоколу №2  
Образец №3



Приложение №4 к протоколу №2  
Образец №4



Приложение №5 к протоколу №2  
Образец №5



Оптическая плотность образцов в диапазоне 1500-4000 см<sup>-1</sup>

Волновое число, см <sup>-1</sup> (длина волны, мкм)	Оптическая плотность				
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4*	Образец № 5*
4000 (2,50 мкм)	0,08	0,11	0,08	0,10	0,07
3500 (2,86)	0,08	0,11	0,08	0,10	0,07
3000 (3,33)	0,07	0,09	0,07	0,09	0,07
2500 (4,00)	0,07	0,08	0,07	0,09	0,07
2000 (5,00)	0,09	0,09	0,09	0,13	0,12
1900 (5,26)	0,11	0,11	0,11	0,17	0,16
1800 (5,56)	0,16	0,15	0,17	0,25	0,24
1700 (5,88)	0,28	0,25	0,31	0,42	0,42
1600 (6,25)	0,59	0,52	0,66	1,04	1,02
1500 (6,67)	1,28	1,20	1,40	1,74	1,72

\* Измеренная оптическая плотность образцов № 4,5 может отличаться от истинных значений вследствие сферичности образцов

**Учреждение Российской академии наук  
Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН  
(ИК РАН)**

**ПРОТОКОЛ №3  
испытаний образцов керамики**

1. Цель испытаний: измерение фазового состава и структуры образцов керамики.
2. Объекты испытаний:
  - образец №1 (AU07<sub>3-2-25</sub>) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
  - образец №2 (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>+Sc) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
  - образец №3 (A 13-3-25) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,54 мм;
  - образец №4 - обтекатель диаметром ~ 54 мм и толщиной ~2,6 мм;
  - образец №5 - обтекатель диаметром ~ 60 мм и толщиной ~2,6 мм.
3. Дата начала испытаний: 23 декабря 2009 г.
4. Дата окончания испытаний: 15 января 2010 г.
5. Место проведения испытаний: ИК РАН, г. Москва.
6. Условия испытаний: нормальные климатические условия, температура в помещении 22±0.05°C.
7. Результаты испытаний:

1. Сведения об используемом средстве измерений	Рентгеновский дифрактометр X PERT PRO (сертификат о калибровке № 438 от 11 марта 2009 г.)
2. Измеряемые характеристики	Фазовый состав и параметры ячейки для образцов керамики.
3. Методы исследований	1. Экспериментальные измерения в соответствии с аттестованной ГНМЦ ОАО «НИЦПВ» рекомендацией МВИ-42ПВ: «ГСИ. Дифракционный анализ поликристаллов. Методика выполнения измерений с помощью рентгеновского дифрактометра XPert PRO» (свидетельство об аттестации № 42ПВ от 10 марта 2008 г.).
4. Результаты измерений	Параметры элементарной ячейки для

	исследованных образцов керамики приведены в приложении 1 к протоколу №3.
5. Выводы	Представленные на испытания образцы №1-5 соответствуют кубической фазе со структурой типа шпинели $MgAl_2O_4$ . Параметры ячейки образцов керамики близки к литературным данным параметра ячейки монокристаллов $MgAl_2O_4$ .

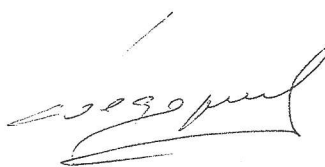
От ИК РАН:

Заведующий лабораторией  
к.ф.-м.н.



С.Н.Сульянов

И.о. заведующего лабораторией  
к.ф.-м.н.



В.А.Федоров



Параметры элементарной ячейки для исследованных образцов  
керамики и монокристаллов алюмо-магниевого шпинели  $MgAl_2O_4$ .

№ образца	Параметр ячейки, Å
1	8.0722(2) Å.
2	8.0846(2) Å.
3	8.0739(3) Å.
4	8.0850(4) Å
5	8.0850(5) Å
$MgAl_2O_4$ .	8.0846

**Учреждение Российской академии наук  
Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН  
(ИК РАН)**

**ПРОТОКОЛ №4  
испытаний образцов керамики**

1. Цель испытаний: измерение элементного состава образцов керамики.
2. Объекты испытаний:
  - образец №1 (AU07<sub>3-2-25</sub>) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
  - образец №2 (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>+Sc) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
  - образец №3 (A 13-3-25) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,54 мм;
  - образец №4 - обтекатель диаметром ~ 54 мм и толщиной ~2,6 мм;
  - образец №5 - обтекатель диаметром ~ 60 мм и толщиной ~2,6 мм.
3. Дата начала испытаний: 23 декабря 2009 г.
4. Дата окончания испытаний: 14 января 2010 г.
5. Место проведения испытаний: ИК РАН, г. Москва.
6. Условия испытаний: нормальные климатические условия, температура в помещении 22±0.05°C.
7. Результаты испытаний:

1. Сведения об используемом средстве измерений	Микроскоп Quanta 200 3D (сертификат о калибровке № 433 от 10 марта 2009 г.)
2. Измеряемые характеристики	Элементный состав образцов керамики
3. Методы исследований	Исследование элементного состава методом энерго-дисперсионного анализа (EDS)
4. Результаты измерений	Результаты исследования элементного состава образцов керамики приведены в приложении 1 к протоколу № 4.
5. Выводы	Состав представленных на испытания образцов керамики №1-5 близок к составу алюмо-магниевого шпинели MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> . В образцах наблюдаются также примеси С и N в количестве до 2 ат% и в незначительных количествах

	примеси Р, Si и F (см. приложение № 1 к протоколу №4).
--	--

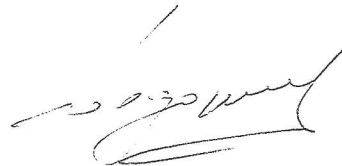
От ИК РАН:

Ст.н.сотр., к.ф.-м.н.



В.В. Артемов

И.о. заведующего лабораторией  
к.ф.-м.н.



В.А.Федоров

Элементный состав образцов керамики и монокристаллов  $MgAl_2O_4$

Наименование элемента	Содержание элементов, вес. % (ат.%)						
	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5	Монокристалл $MgAl_2O_4$	
Mg	16.52 (13.83)	16.40 (13.75)	16.54 (13.84)	18.10 (15.04)	17.83 (14.83)	17.1 (14.3)	
Al	39.12 (29.50)	39.42 (29.79)	39.06 (29.44)	36.96 (27.67)	37.13 (27.82)	37.9 (28.6)	
O	43.49 (55.31)	43.45 (55.37)	43.13 (54.83)	42.48 (53.64)	43.58 (55.07)	45.0 (57.1)	
C	0.75 (1.27)	0.59 (1.00)	1.00 (1.70)	1.30 (2.18)	0.65 (1.09)	-	
N	-	-	-	0.88 (1.26)	0.82 (1.18)	-	
Si	-	0.03 (0.02)	0.20 (0.14)	0.10 (0.07)	-	-	
P	0.13 (0.08)	0.12 (0.08)	0.08 (0.05)	0.14 (0.09)	-	-	
F	-	-	-	0.05 (0.06)	-	-	

**Учреждение Российской академии наук  
Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН  
(ИК РАН)**

**ПРОТОКОЛ №2  
испытаний образцов алюмо-магниево-оксидной керамики**

1. Цель испытаний: измерение спектральных характеристик образцов алюмо-магниево-оксидной керамики в ИК области.

2. Объекты испытаний:

- образец №1 (AU07<sub>3-2-25</sub>) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №2 (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>+Sc) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,35 мм;
- образец №3 (A 13-3-25) диаметром ~ 22 мм и толщиной 1,54 мм;
- образец №4 - обтекатель диаметром ~ 54 мм и толщиной ~2,6 мм;
- образец №5 - обтекатель диаметром ~ 60 мм и толщиной ~2,6 мм.

3. Дата начала испытаний: 19 ноября 2009 г.

4. Дата окончания испытаний: 02 декабря 2009 г.

5. Место проведения испытаний: ИК РАН, г. Москва.

6. Условия испытаний: нормальные климатические условия, температура в помещении 22±0.05°C.

7. Результаты испытаний:

1. Сведения об используемом средстве измерений	ИК спектрофотометр Спекорд М80 № 1087 (сертификат о калибровке средства измерений № 479 от 16 октября 2009 г.).
2. Измеряемые характеристики	Спектральные зависимости оптической плотности образцов ( $D = -\lg \tau$ ) в диапазоне 4000-200 см <sup>-1</sup> (2,5-50 мкм).
3. Методы исследований	Экспериментальные измерения в соответствии с аттестованной ГНМЦ ОАО «НИЦПВ» рекомендацией МВИ-24ПВ: «ГСИ. Спектральные коэффициенты пропускания и спектральные показатели ослабления конденсированных сред в диапазоне длин волн 0,2 – 50 мкм. Методика выполнения измерений спектрофотометрическим методом».

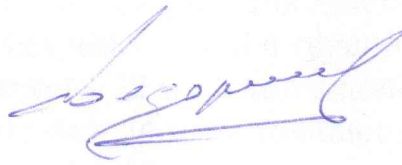
4. Результаты измерений	Спектральные характеристики образцов 1-5 приведены в приложениях 1-5 к протоколу №2.
5. Выводы	Все представленные на испытания образцы №1-5 обладают высокой прозрачностью в ИК диапазоне от 2,5 до 6,0 мкм.

Заведующий отделом  
чл.-корр. РАН



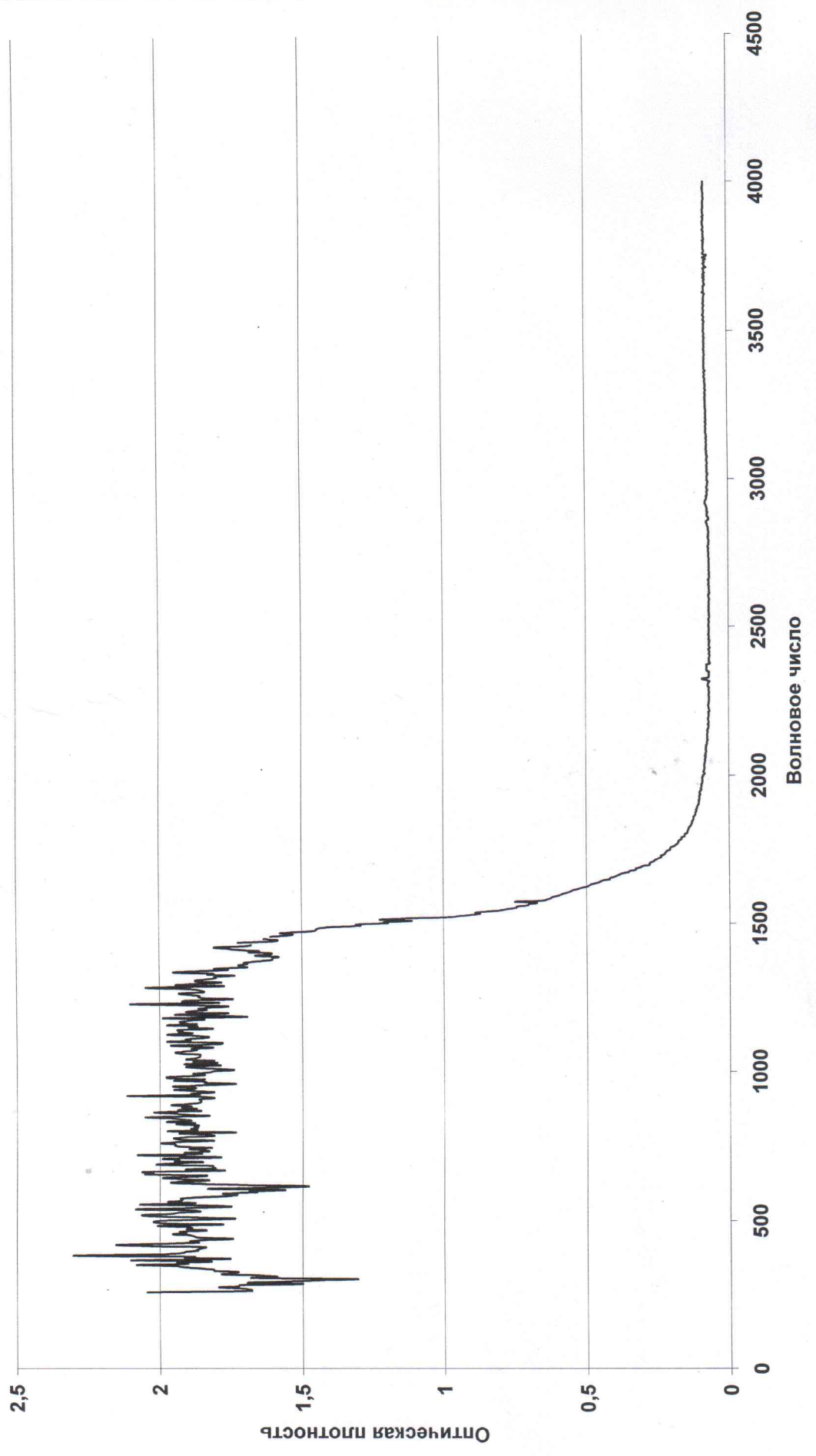
Х.С.Багдасаров

Ст.н.сотр., к.ф.-м.н.

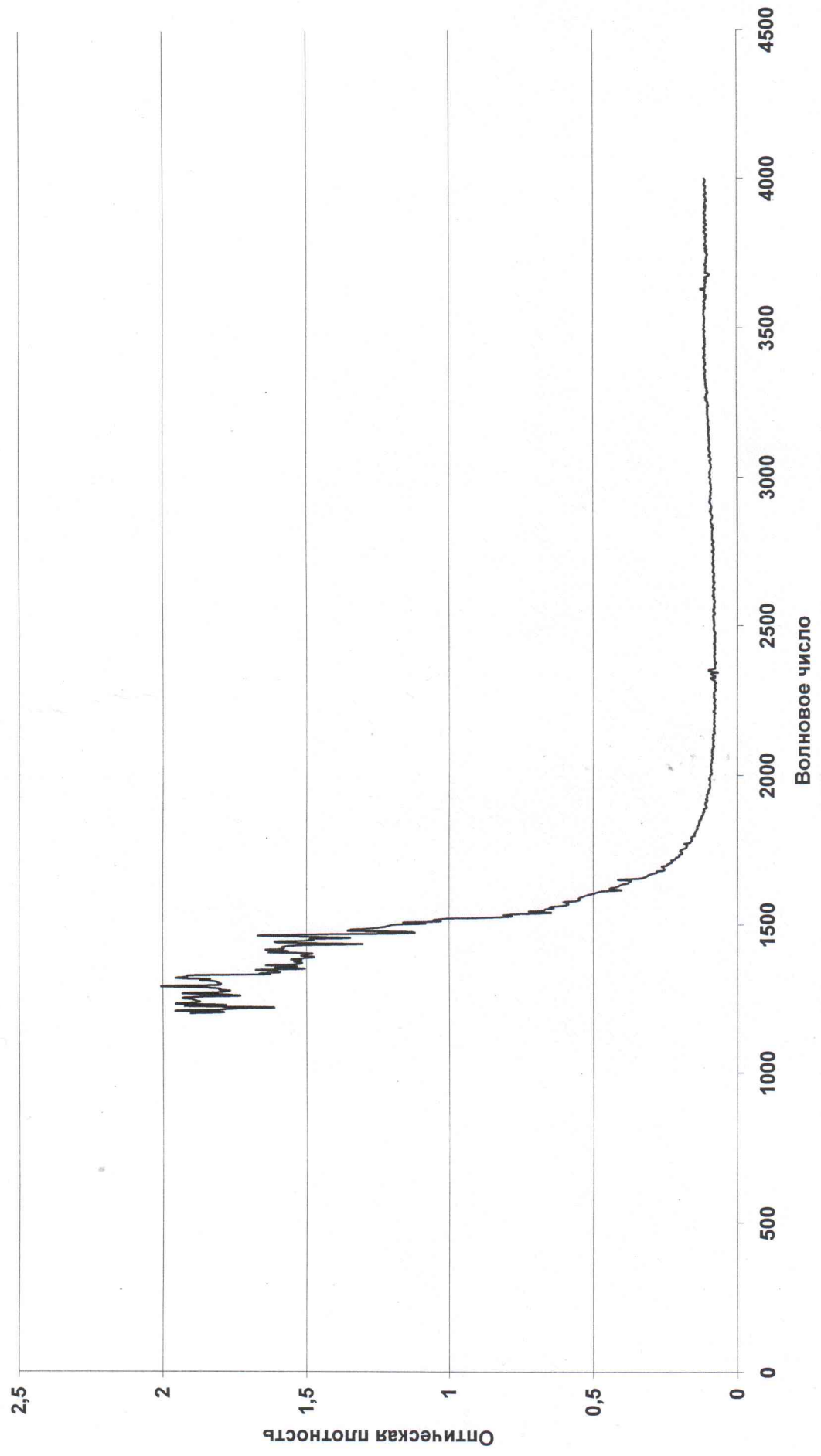


В.А.Федоров

Приложение №1 к протоколу №2  
Образец №1

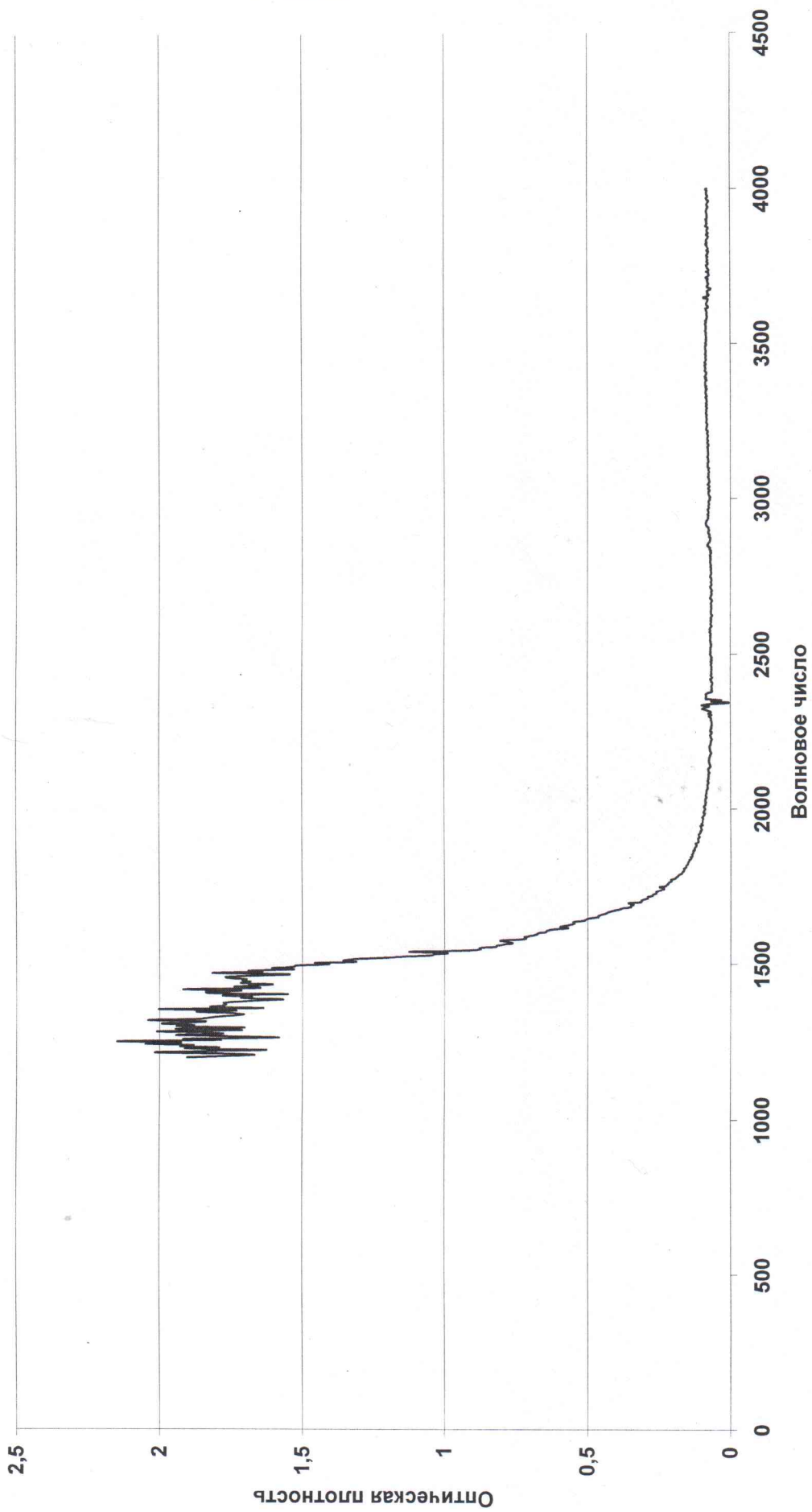


Приложение №2 к протоколу №2  
Образец №2

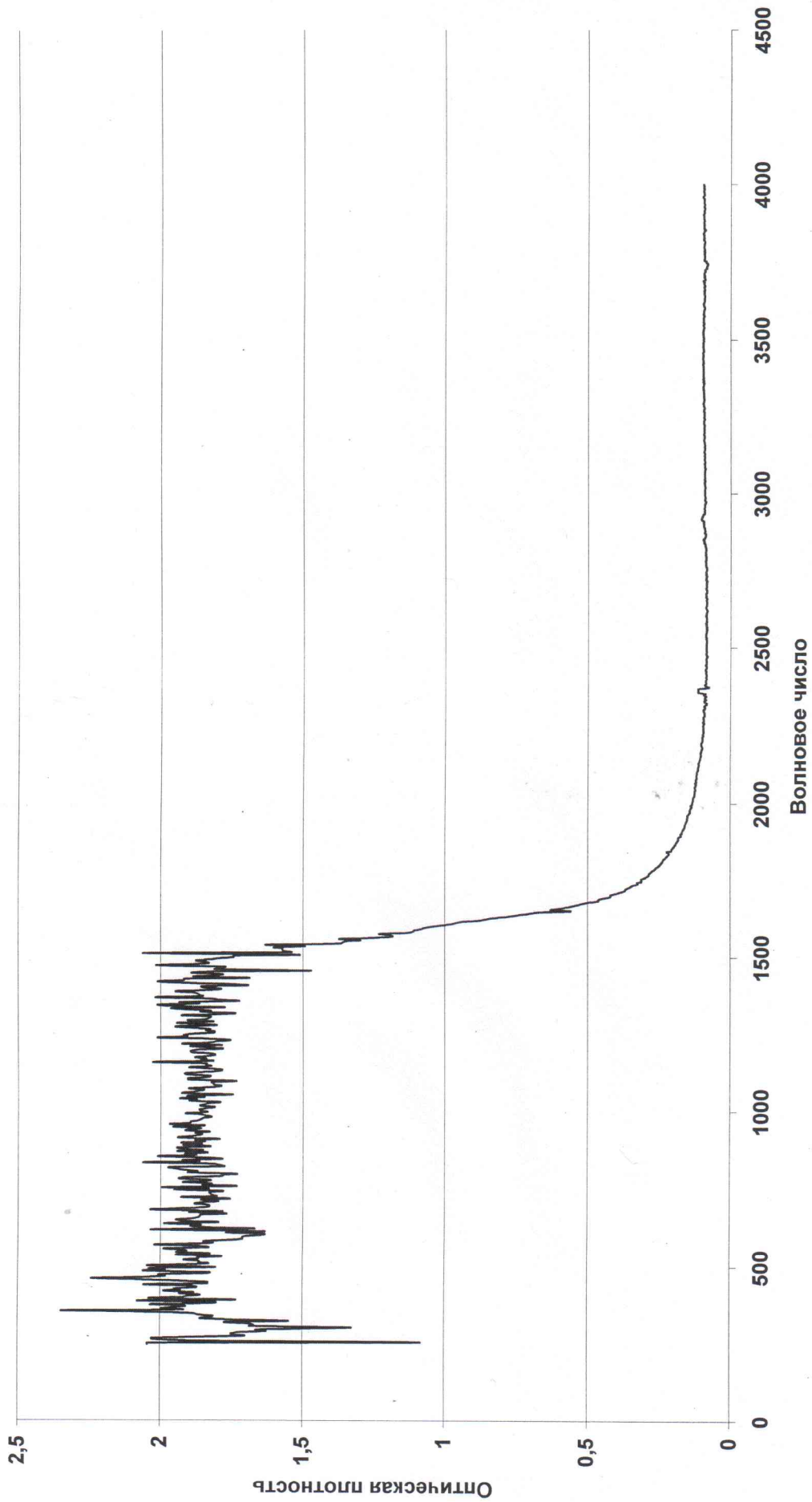




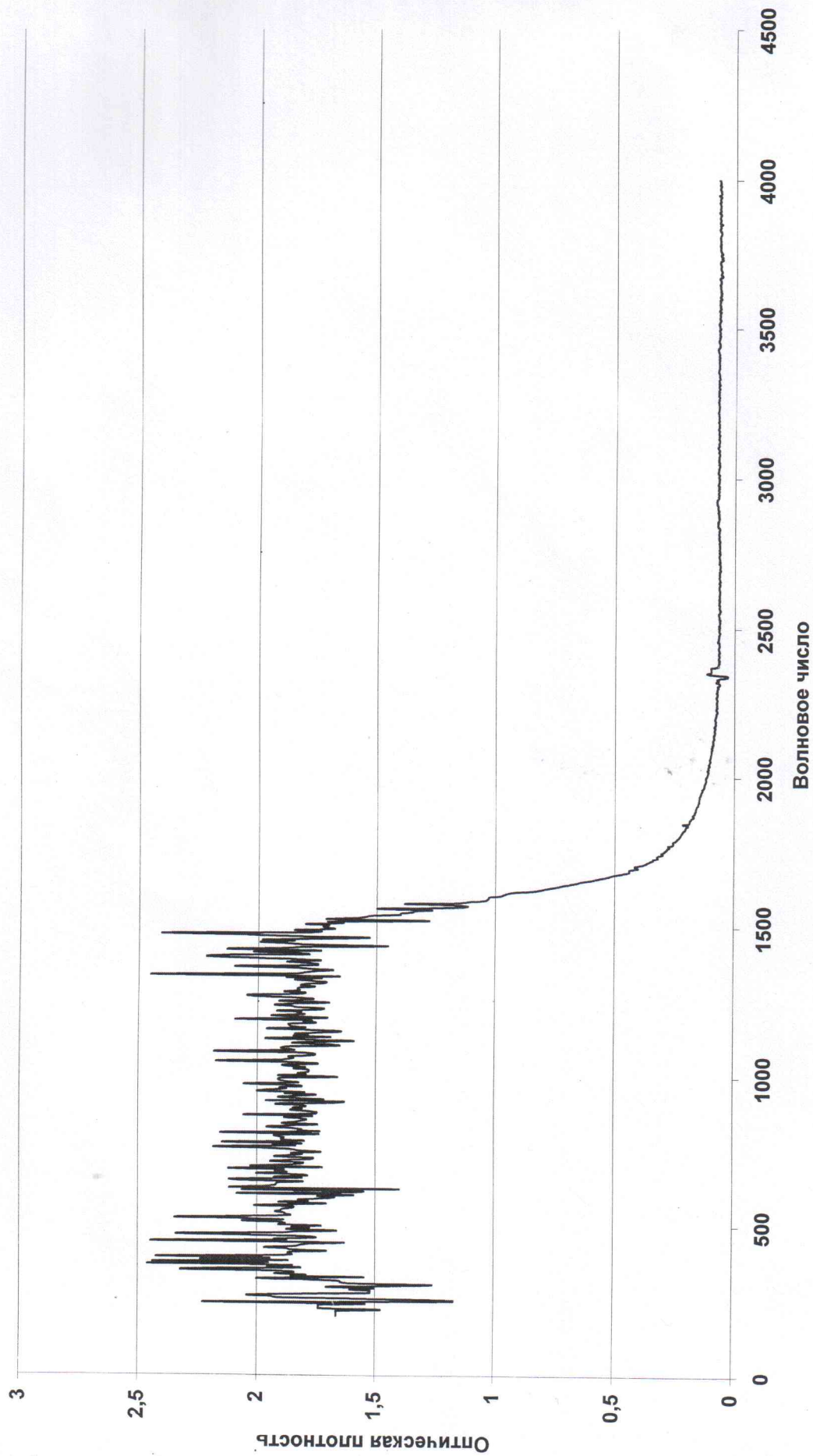
Приложение №3 к протоколу №2  
Образец №3



Приложение №4 к протоколу №2  
Образец №4



Приложение №5 к протоколу №2  
Образец №5



Заместителю Председателя Правительства  
Российской Федерации,  
председателю Военно-промышленной комиссии  
при Правительстве Российской Федерации

Д.О.Рогозину

Уважаемый Дмитрий Олегович!

В соответствии с Вашим поручением предложения В.И.Петрика по новым материалам рассмотрены.

Первое предложение касается технологии получения алюмо-магниево-шпинели. Данное вещество в виде поликристаллической модификации может быть использовано в качестве оптической брони, прозрачной в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн, взамен используемого сегодня в промышленности лейкосапфира. Этот вопрос уже был рассмотрен в 2010 году в связи с обращением Б.В.Грызлова к С.Б.Иванову. По итогам рассмотрения в соответствии с рекомендацией Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации в федеральную целевую программу «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011 - 2020 годы» была внесена соответствующая опытно-конструкторская работа. Б.В.Грызлов был об этом проинформирован письмом (исх. № 1442-сВПК от 14 октября 2010 г.). В 2011 году эта работа на открытом конкурсе была выиграна филиалом Государственного оптического института имени С.И.Вавилова с объемом финансирования 55 млн. рублей. Организация В.И.Петрика в конкурсе участия не принимала.

7 марта 2012 г. мною была проведена встреча с В.И.Петриком, а 22 марта 2012 г. – совещание с участием В.И.Петрика, представителей Института химической физики имени Н.Н.Семенова РАН, ОАО «Уральский оптико-механический завод», ОАО «ВНЦ «Государственный оптический институт имени С.И.Вавилова» и ОАО «РТ-Химкомпозит», входящего в Госкорпорацию «Ростехнологии» с целью оценки хода выполнения ОКР «Шпинель» и возможного использования нового материала на основе углерода, разработанного В.И.Петриком.

Совещанием рекомендовано:

1. По вопросу выполнения ОКР «Шпинель»

1.1. В.И.Петрику проработать вопрос о возможности его участия в выполнении ОКР «Шпинель».

1.2. Минпромторгу России подключить организацию В.И.Петрика, в случае его согласия, к выполнению данной работы, выполняемой в рамках федеральной целевой программы «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011 - 2020 годы».

2. По вопросу использования материала на основе углерода, разработанного В.И.Петриком, который может быть применен в качестве наполнителя полимерных и иных композитов.

2.1. Проработать с участием институтов РАН (ИХФ РАН имени Н.Н.Семенова, ИПХФ РАН), ОАО «РТ-Химкомпозит» и других заинтересованных организаций под контролем научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации вопрос о возможном использовании нового материала в ВВСТ.

2.2. В.И.Петрику представить в научно-технический совет Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации достаточное количество углеродного материала для экспериментальной проверки его свойств.

Председатель научно-технического совета  
Военно-промышленной комиссии  
при Правительстве Российской Федерации -  
заместитель председателя  
Военно-промышленной комиссии  
при Правительстве Российской Федерации



Ю.Михайлов

«22» марта 2012 г.

№ 3-П22-6355ВПК