



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ЦЕРЕМОНИИ ОТКРЫТИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ГОДА СТЕКЛА В РОССИИ

17 МАРТА 2022 ГОДА, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД СТЕКЛА В РОССИИ

2022 ГОД ОБЪЯВЛЕН ОРГАНИЗАЦИЕЙ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫМ ГОДОМ СТЕКЛА.

Цель проекта – подчеркнуть техническую, научную
и экономическую значимость стекла – материала,
способствующего созданию новых технологий, которые
позволят построить более справедливое и стабильное общество,
способное противостоять вызовам глобализации.





Цивадзе
Аслан Юсупович

Академик РАН.
Президент РХО им. Д. И. Менделеева.
Председатель Российского Оргкомитета

УВАЖАЕМЫЕ И ДОРОГИЕ КОЛЛЕГИ!

Российское химическое общество имени Д. И. Менделеева поздравляет Вас со знаменательным событием – открытием в России Международного года стекла, объявленного Организацией Объединённых Наций в 2022 году. Для нашей страны и нашего общества проведение мероприятий года имеет большое значение.

Международный год стекла продолжает тематику годов ООН в области естественных наук вслед за Годом химии в 2011 году, кристаллографии – в 2014, света – в 2015. А в 2019 году наше общество выступило инициатором провозглашения Международного года Периодической таблицы химических элементов в честь 150-летия великого открытия Дмитрия Ивановича Менделеева. В этом году мы также по приглашению Международной Комиссии по стеклу и Российской академии наук являемся организаторами Международного года стекла в России.

Развитие стекольной науки, стекольных технологий, стекольной промышленности во все времена имело важное общественное значение. Ведь стекло является одним из древнейших материалов, которое создал человек. Очевидно, что и история химии как науки развивалась вместе с представлениями о физико-химической природе стекла. И если первым учёным основоположником научного стеклоделия в России является Михаил Васильевич Ломоносов, то уже спустя сто лет после его смерти продолжателем науки о стекле стал Дмитрий Иванович Менделеев. Он с детства живо интересовался вопросами образования стекла. В попытках разгадать тайны этого материала он вёл свои исследования в Петербурге и в 1856 году защитил диссертацию о строении кремнезёмистых соединений, которое позже опубликовал в книге под названием «Стеклоделие». Уверены, что тема Года привлечёт внимание широкого круга общественности, позволит рассказать об истории и новейших технологиях стекольного производства вместе с их воплощением в художественных произведениях. Это единство науки и искусства в стекле также рифмуется с великим гением Менделеева, который, как известно, был членом Академии художеств. Мероприятия Международного года стекла должны привлечь внимание международного сообщества к этому важному направлению науки, промышленности и искусства, показать богатство и многогранность научного, технического и культурного наследия на основе стекла, того в какой значительной мере оно определяет современное состояние науки, техники и культуры.

Это уникальный шанс показать возможности российской науки в решении глобальных проблем. Желаю вам успехов в проведении Международного года стекла!

Президент РХО им. Д. И. Менделеева
Председатель Российского Оргкомитета
международного года стекла,
академик РАН А. Ю. Цивадзе



Шевченко
Владимир Ярославович

Академик РАН (с 2000 года).

Директор Института химии силикатов имени И. В. Гребенщикова
РАН (1998–2018).

Член Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН.

Главными направлениями научной деятельности являются:
структурная химия наносостояния; наночастицы, наноструктуры
и нанокompозиты.

Я

СТЕКЛО РОССИИ, ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ!

В 2001 г. коллективом ИХС РАН, которым я тогда руководил, была издана книга «Стекло и керамика XXI века», в которой делались прогнозы развития этих направлений в материаловедении. Мне хотелось бы привести несколько принципиальных положений из этой книги. Но сначала я хотел бы показать сводную таблицу.

Керамические и стекломатериалы в истории человечества

Основные керамические технологии	Период создания (ориентировочно)	Области деятельности, изменившиеся под влиянием новой технологии
Египетская керамика (фаянс)	4000 лет до н.э.	Производство товаров повседневного пользования (посуда, украшения, декоративные детали, ювелирные изделия)
Огнеупоры древнего мира	3000 лет до н.э.	Металлургия цветных и черных металлов
Промышленная технология стекла	200 лет до н.э.	Строительство, производство посуды, украшений, мозаик, витражей
Технология цемента в Древнем Риме	100 г. н.э.	Строительство
Китайский фарфор	20–220 г. н.э.	Промышленное производство посуды повседневного пользования, художественных изделий и т.д.
Европейский фарфор	1708–1711 гг.	То же
Новые огнеупоры и возникновение индустрии стали	1850–1860 гг.	Металлургия качественных сталей
Автомобильные свечи зажигания из оксида алюминия	1860–1899 гг.	Энергомашиностроение, автомобилестроение
Технология карбида кремния	1890 г.	Металлургия специальных сплавов, машиностроение и металлообработка
Технология телевизионных трубок	1926 г.	Телевидение, электроника, вычислительная техника
Керамические сегнетоэлектрики и ферромагнетики. Функциональная керамика	1920–1930 гг.	Радиотехника и электроника
Технология ядерного топлива	1954 г.	Энергетика
Керамические подложки и активные элементы интегральных схем	1960 г.	Электроника
Детали двигателей внутреннего сгорания	1970–1975 гг.	Автомобилестроение
Керамические сверхпроводники	1986–1987 гг.	

В следующей таблице приведены основные достижения последних десятилетий прошлого века.

Керамические и стекломатериалы (1970–1990 гг.)

Принципиальные технологии	Области деятельности, изменившиеся под влиянием новой технологии
Развитие теоретических представлений и методов исследования строения стекла, технология оптического, технического стекла и стекломатериалов (80-е гг.).	Лазерная техника, оптическая обработка сигналов, волоконно-оптическая связь, нелинейная оптика.
Развитие диссоциативной теории разрушения крупных тел (керамики); создание технологии специальных бронеконструкций (80-е гг.).	Обеспечение безопасности военной техники, помещений, зданий и персонала; создание ударопрочных конструкций.
Синтез и изучение строения гидроксиапатита, технология биосовместимых материалов; технология особо чистых материалов заданного состава (70-е гг.).	Биосовместимые остео- и дентопротезы, восстановительная хирургия.
Кинетическая теория стеклования и фазообразования; технология ситаллов и неорганических волокон (70-е гг.).	Высокопрочные кварцевое, базальтовое, стекловолокно и ткани; ситаллы, сигран, пирокерам.
Химия и физическая химия коллоидных оксидных систем, золь-гель-технология стеклообразных и керамических материалов (90-е гг.).	Нанодисперсные материалы; современные технические и бытовые изделия из стекла и керамики.
Поверхностные явления в стеклообразных и керамических материалах. Технология многофункциональных покрытий (80-е гг.).	Абляционные и теплозащитные покрытия; облегченная стеклотара; антикоррозионные и химически стойкие покрытия и эмали.
Явление трансформационного упрочнения в оксиде циркония; развитие физико-химических представлений о взаимосвязи состава, структуры, дисперсности, свойств; технология специальной керамики (70-е гг.).	Машиностроительная керамика, детали адиабатического керамического двигателя; носители катализаторов, фильтры и мембраны.
Теория химической и радиационной стойкости аморфных сред; технология инженерных экологических конструкций (90-е гг.).	Материалы для утилизации химических, радиоактивных и биологических техногенных отходов.

Глубокий анализ состояния фундаментальных и прикладных исследований был приведен ранее комиссией, образованной по постановлению ГКСМ СССР от 12 декабря 1968 г. Я хотел бы привести список членов этой комиссии.

Доклад-прогноз подготовлен в соответствии с постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике и Президиума Академии наук СССР от 12 декабря 1968 года № 405/0160/34 временной комиссией (распоряжение Президиума АН СССР от 5 мая 1969 г. № 33 – 619) в составе: акад. И.В. Тананаев (председатель), чл.-кор. АН СССР Ю.А. Булаев, акад. Н.Н. Семенов, акад. Н.В. Агеев, акад. Н.В. Белов, акад. С.В. Вонсовский, акад. Н.Д. Девятков, акад. М.М. Дубинин, акад. С. Т. Кишкин, акад. Г. В. Курдюмов, акад. П.А. Ребиндер, акад. Н.Н. Рыкалин, чл.-кор. АН СССР К.А. Большаков, чл.-кор. АН СССР Б.К. Вайнштейн, чл.-кор. АН СССР В.Е. Иванов, чл.-кор. АН СССР Е.М. Савицкий, акад. АН БССР Н.Н. Сирота, акад. АН УССР И.Н. Францевич, акад. АН ГССР Г.В. Цицишвили, чл.-кор. АН УССР А.С. Бережной, чл.-кор. АН УССР Г.В. Самсонов, д-р хим. наук А.А. Аппен, д-р хим. наук М.С. Асланова, д-р техн. наук С.М. Бреховских, д-р физ.-мат. наук В.Л. Инденбом, д-р техн. наук Э.К. Келер, канд. техн. наук Г.Г. Конради, д-р техн. наук В.А. Копейкин, д-р хим. наук И.И. Корнилов, д-р хим. наук Г.А. Меерсон, д-р хим. наук Н. С. Николаев, канд. хим. наук В.П. Орловский, д-р техн. наук Д.Н. Погоболяринов, чл.-кор. АН СССР Б.А. Сахаров, проф. В.И. Семишин, д-р техн. наук М.М. Сычев, д-р техн. наук С.Г. Тресвятский, канд. техн. наук И.Д. Тькачинский, канд. техн. наук Н.Ф. Федоров.

За каждой фамилией мы видим огромные достижения в области неорганического материаловедения. Именно эта блестящая плеяда ученых и производственников выдвинула затем целое поколение замечательных ученых – академиков И.В. Горьнина, И.Н. Фридляндера, А.Ф. Белова и других, сделавших советское материаловедение самым передовым в мире.

К 90-м гг. прошлого века материаловедение в СССР было самодостаточным и, в частности, в области керамики и стекломатериалов.

**Структура производства основных материалов в мире в 1995 г. (без стран СНГ)
и темпы прироста новых материалов**

Параметр	Керамика	Древесина	Черные металлы	Цветные металлы	Полимеры
Масса, млн. т	4200	1600	810	80	110
%	62	23	12	1,2	1,8
Объем, млн. м ³	2000	2300	104	1,8	100
%	44,9	49,8	2,5	0,4	2,4
Стоимость, %	17,3	6,4	50,8	7,9	17,6
Ежегодные темпы роста по массе, %					
1946–60 гг.	6,5	12	11	14	16,2
1961–75 гг.	4,7	8,4	7,2	9,3	11,3
1976–90 гг.	1,2	1,6	1,1	3,7	6,1

В 1990 г. в Советском Союзе керамические традиционные материалы занимали 57,4% от общего объема производства всех материалов, или 16% в стоимостном выражении. В таблице приведены оценочные параметры в стоимостном выражении производства керамических традиционных материалов и дан прогноз на 2005 г.

Подгруппа перспективных материалов включает наукоемкие, или высокотехнологичные, материалы, т.е. материалы с редким сочетанием свойств, уровень которых обусловлен высокой точностью структурного состояния и химического состава, требующие тщательности в изготовлении и обработке и произведенных из синтетического сырья.

**Оценка стоимости производства традиционных керамических
и стекломатериалов и прогноз на 2005 г. (в млн. долл.) в России**

Материалы	Объем производства, млн. долл.	
	1990 г.	2005 г.
Огнеупоры	7700	2400
Фарфоро-фаянсовые	3200	2900
Радио- и электротехнический фарфор	3100	2200
Электроизоляционные	1600	800
Стекло и ситаллы	3400	2900
Эмалированные изделия	2800	1300
Стройматериалы и химические футеровки	6800	9200
Другие виды материалов	13000	6500

Стекломатериалы для решения экологических задач и пищевой промышленности

Разработка стеклообразных матриц для фиксации РАО	Количество включаемых РАО, %	до 20	30
	Скорость выноса радионуклидов, г/(см ² *сут.)	10 ⁶	10 ⁸
	Температура жидкой и твердой флюсовки, °С	1100	1000
Разработка технологии невозвратных контейнеров для хранения РАО на основе стеклокристаллических (камнелитых) материалов	Емкость контейнера с дном, м ³	Аналог отсутствует	0,3–0,9
Разработка технологии облегченной стеклотары	Масса тары вместимостью 0,33 л/г	330	310
	Экономия стекломассы на 1 т изделий, кг		120

Композиционные материалы и защитные покрытия в системе «карбид кремния–углерод»

Разработка композиционных материалов для создания защитных покрытий на основе карбида кремния	Прочность, МПа	400–600	до 1000
	Трещиностойкость, Мпа/м ^{0,5}	4–8	до 15
	Температура эксплуатации, °С	1300	до 1600–1700

Температуροустойчивые стеклокерамические и стеклокристаллические покрытия для химической и пищевой промышленности

Разработка рецептуры и технологии нанесения гетерогенных покрытий для автоклавов и реакционных камер	Хим. устойчивость в 20%-ной соляной кислоте, мг/(см ² *ч)	0,1	0,05–0,1
	Сопротивление термошоку, °С	120	200
	Температура формирования на сталь, °С	780–800	до 780
Разработка рецептуры и технологии нанесения антикоррозионных покрытий на железо, титан, никель, хром и углеграфитовые материалы	Срок эксплуатации при 1250 °С, ч	1000	2000

Многофункциональные высококремнеземистые волокна и материалы на их основе

Разработка технологии фильтровального материала для тонкой очистки металлов и носителей катализаторов	Температура эксплуатации, °С	900	1100–1200
	Теплопроводность, Вт/(м*К)	0,25	0,15

Аморфнокристаллические материалы нового поколения, получаемые спеканием стекла

Разработка технологии биоимплантантов и костных остеопротезов, насадок параболических антенн спутниковой связи, детекторов теплового излучения	Плотность, г/м ³	1,5	1,0–1,2
	Удельная пористость, %	45–50	<40
	Коэффициент термического расширения, К ⁻¹	140–10 ⁻⁷	(90–120) *10 ⁻⁷
	Теплопроводность, Вт/(м*К)	1,0	0,6–0,8
Ресурсосберегающие технологии стеклообразных материалов			
Разработка тепло- и звукоизолирующего материала на основе пеностекла	Плотность, г/м ³	0,25-0,30 (марка А)	0,2
	Прочность на изгиб (сжатие), МПа	50–100	100
	Коэффициент звукопоглощения для 250–400 Гц	0,25	0,45
	Теплопроводность, ккал/(м*ч*К)	0,2	0,1

Стеклообразные и ситалловые оптически прозрачные материалы

Разработка технологии оптических материалов для медицины и новой техники на основе фосфатных, силикофосфатных и фторфосфатных стекол			
Электрооптические стекла	Величина управляющего поля, 10 В/мкм	12	10
Магнитооптические стекла	Постоянная Верде	0,32	До 0,36
Лазерные стекла	Порог оптического пробоя, Дж/см ²	5–10	15
Стеклокристаллические материалы для термостойких цветных светофильтров	Интегральное светопропускание, %	90	90
	Термостойкость, °С	400	До 700
Стекла градиентной оптики	Градиент показателя преломления	0,055	До 0,1
Стекла волоконнооптических линий связи	Потери на рэлеевское рассеяние, %	30	10

Состояние российского рынка традиционных материалов

Анализ состояния отечественного рынка сбыта традиционных материалов показывает, что, несмотря на значительную конкуренцию со стороны западных стран, отечественные товаропроизводители могут вполне успешно конкурировать с ними. В таблице на примере некоторых стекломатериалов, показаны наши возможности в этой области.

Традиционные стекломатериалы, конкурентоспособные с аналогичными материалами западных фирм

Материал	Применение в новой технике
Особо чистое кварцевое стекло	Материалы для опорных труб и сердцевины волоконнооптических световодов
Многокомпонентные стекла	
1. Оптические 2. Пористые 3. Экологические	Лазерная техника, использующая высокодобротные одномодовые оптические генераторы с практически подавленным спонтанным излучением Пористые стекла с регулируемым размером пор Стекла для фиксации РАО; гидропоника
Листовое стекло	Листовое стекло тонких и сверхтонких номиналов для теплиц
Пеностекло	Звуко- и теплоизоляция
Неорганические волокна	Высокремнеземистые волокна для конструкционных материалов, базальтовые волокна, теплоизоляция
Покрывтия на основе стекла	Покрывтия для антикоррозионной, электроизоляционной и химической защиты конструкционных материалов
Стеклокристаллические материалы	Биофункциональные стекла и биоситаллы
Стеклотара	Облегченная стеклотара, термостойкое стекло
Стекло медицинского назначения	Ампулы, грануляты

Прогноз развития науки в области физики и химии стекла

Силикатные материалы и их аналоги, в том числе и стекломатериалы, являются одним из важнейших классов перспективных материалов, нашедших применение в различных отраслях народного хозяйства.

Работы по изучению природы стеклообразного состояния, зависимостей свойств стекол от их состава и структуры, получению новых стекол и композиционных материалов на их основе, по разработке конкретных видов стекломатериалов для их промышленного использования ведутся широким фронтом во всех экономически развитых странах.

Анализ направлений исследований в области стекломатериалов, проведенный на основании изучения литературных источников, позволяет предложить следующую их классификацию:

1. Общие теоретические вопросы строения стекла, явления стеклования, производство стекла.
2. Исследование процессов стеклообразования, кристаллизации и ливкации.
Структура и свойства стекол.
3. Золь-гель метод получения стекол.
4. Теоретические и технологические вопросы получения и исследования отдельных видов стекол.
5. Получение и изучение композиционных материалов на основе стекла.
6. Модифицирование поверхности стекол. Стеклообразные пленочные покрытия.
7. Сырьевые материалы.
8. Технология стекломассы.
9. Технология производства стеклоизделий и стекловолокна.
10. Методы контроля процессов производства и качества готовой продукции.
11. Проблемы утилизации отходов стекольной промышленности и охраны окружающей среды.
12. Огнеупорные материалы для стекольной промышленности.

Прогноз развития исследований и разработок в области керамических и стекломатериалов на начало XXI века

Новые технологии и открытия	Области промышленности	Социальный или промышленный эффект
Научные принципы конвергенции неорганических, органических и биологических материалов	Комбинированные (неметаллические) энергетические установки, экологические системы для утилизации всех видов отходов, производство сельскохозяйственной продукции, биофункциональные и «интеллектуальные» материалы	Безопасные энергетические установки (в том числе атомные) высокой эффективности, увеличение срока здоровой жизни, новые технологии сельскохозяйственного производства, экологически здоровая среда обитания человека
Научные принципы стандарта рО для расплавов оксидных систем (по аналогии с рН для водных растворов); мониторинг оксидных расплавов	Принципиально новые технологии производства цемента, стекла, металлов	Сокращение энергозатрат на единицу продукции, безопасное производство, резкое удешевление строительных материалов при их высоком качестве, новые типы стекол и ситаллов; изменение условий жизни человека
Физико-химические процессы в системах с наноразмерами (с характерным размером частиц менее 1000 Å); теоретические представления, учитывающие размер как физико-химический фактор, и представления о «пятом» состоянии вещества	Новое поколение материалов и технологий их производства, новые машины и оборудование, использующие материалы с комплексом экстремальных свойств; многофункциональные микропроцессоры; технология синтеза белковых препаратов в промышленных масштабах	Промышленное производство дешевых и долговечных бытовых предметов; развитие городской инфраструктуры; решение продовольственной проблемы
Принципы структурно-энергетического моделирования строения и свойств кристаллических и аморфных сред; программы компьютерного моделирования материалов, изделий и конструкций (для большинства конструктивных материалов)	Дизайн и конструирование новых машин и механизмов, их технология и испытания в виртуальном пространстве	Резкое изменение условий труда (и жизни) огромного числа материаловедов и конструкторов, сокращение числа работающих в неблагоприятных условиях; улучшение эффективности производства материалов и механизмов в автоматизированном процессе

Сегодня здесь собрались выдающиеся современные российские специалисты в докладах которых содержатся результаты, которые обеспечивают осуществление этих прогнозов и гарантируют получение новых выдающихся достижений.

В заключение хотелось бы привести высказывание академика В.И. Вернадского из его письма к Председателю Совета Народных Комиссаров в 1918 г.: «...как бы ни сложилось будущее России, государство наше стоит перед экономическими трудностями огромного масштаба и спасение государства и русской культуры лежит на широком подьеме народного труда, планомерно продуманном использовании природных богатств и бережном сохранении и охране работников свободной научной мысли и рассадников научного творчества русского народа. На науке и ее завоеваниях должны основываться формы государственного строительства, общие мероприятия народной хозяйственной жизни, которые неизбежно являются жизненно спсобными лишь постольку, по скольку они опираются на незьблемые основы научных законов». Эти слова сохраняют свое значение и в наши дни.



Иевлев
Валентин Иванович

Академик, заместитель председателя Научного совета РАН по керамическим материалам, Заслуженный деятель науки РФ.

Область научных интересов:
материаловедение неорганических материалов, в том числе наноматериалы, тонкие пленки, структура внутренних

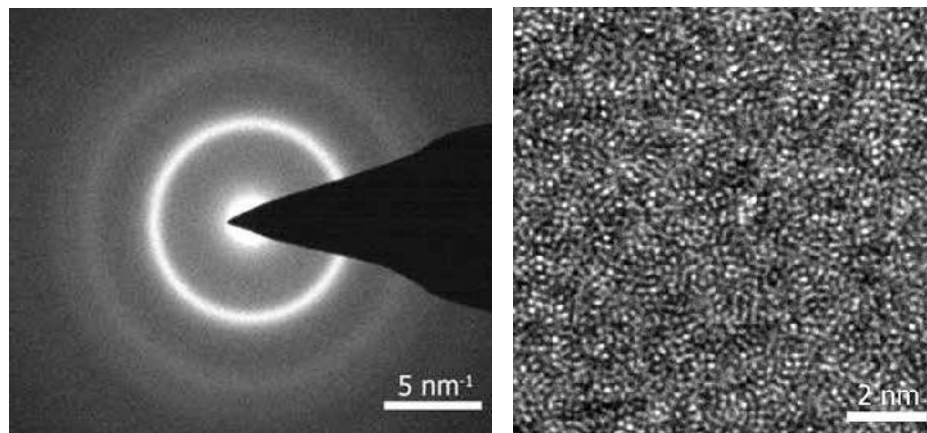
ЛОКАЛЬНАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ «МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ»

В.М. Иевлев
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

На примере сплавов, полученных быстрым охлаждением расплава (состав: $\text{Fe}_{78}\text{P}_{20}\text{Si}_2$ (I), $\text{Fe}_{77}\text{B}_7\text{Nb}_{2.1}\text{Si}_{1.2}\text{Cu}_{0.9}$ (II), $\text{Al}_{85}\text{Ni}_{10}\text{La}_5$ (III)), сформулировано положение о том, что их структура образована кластерами – зародышами кристаллических фаз (интерметаллидов), проявляющихся на стадиях кристаллизации.

Структура. Формирующиеся методом рентгеновской дифрактометрии (РД) дифрактограммы исходных образцов в виде гало представлены как суммирование отражений основных кристаллических фаз, образующихся в процессе кристаллизации, с учетом размерного эффекта дифракции при предельно ограниченной трансляционной симметрии и структурного фактора. В частности, ячейка Браве фазы Fe_3P имеет размер по двум направлениям около 1,1 нм, по третьему 0,55 нм. Перекрывание отражений с учетом размерного эффекта и образование гало должно происходить при размере кристаллических зародышей, равном четырем ячейкам Браве.

На рисунке представлены электронограмма и ПЭМ изображение высокого разрешения, подтверждающие это положение: контраст выявляет частицы, размер которых коррелирует с размером тетраэдров Fe_3P (8 произвольно ориентированных между собой тетраэдров содержит ячейка Браве этой кристаллической фазы).



Пластичность. Исследование методом наноиндентирования образцов в виде фольги, полученной методом спиннингования показало следующее: для всех составов с исходной структурой характерно большая доля пластичности в работе деформации 65% для сплава I, 60% для сплава II, 81% для сплава III. Исходя из особенностей структуры сформулирован вывод о кластерном механизме пластической деформации сплавов при наноиндентировании. При одноосном растяжении образцов – деформация имеет упругий характер. В частности, петля механического гистерезиса при циклическом нагружении свидетельствует об остаточной пластической деформации: при деформации 1% она составила 0,04% для сплава I, 0,021% для сплава II, 0,17% для сплава III как результат микропластичности на каждом этапе нагружения вследствие проскальзывания зародышей кристаллических фаз.



Кожевников
Виктор Леонидович

Академик РАН.

Область научных интересов: исследования дефектной структуры, высокотемпературной термодинамики, реакционной кинетики и явлений переноса в композитах и сложных оксидных соединениях. В настоящее время является руководителем отдела в ИХТТ УрО РАН
(Е

НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИЕ ОКСИДЫ, РЕАКТАНТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В. Л. Кожевников
Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург

Выделение азота из воздуха является одним из крупнейших промышленных процессов, потребляющим около 2% мировых энергетических ресурсов. Сопровождающие его выбросы углекислого газа достигают 0,7 гигатонн/год. Соответственно, совершенствование этого производства сопровождается масштабными экономическими результатами и дает существенный вклад в общемировое продвижение к безуглеродной энергетике.

В настоящей работе предлагается новая технология производства высокочистого защитного азота, основанная на применении нестехиометрических оксидов переходных металлов (редокс геттеров) для поглощения основной массы кислорода из воздуха с последующей глубокой доочисткой отходящего азота от следовых примесей кислорода, углекислого газа и воды активными сплавами I-PA металлов. В отличие от традиционных сорбентов, связывающих молекулярный кислород в результате поверхностных процессов, в редокс геттерах происходит перезарядка адсорбата, объемный диффузионный перенос, сопровождающийся сменой зарядового состояния 3d катионов, и встраивание ионов кислорода в структуру геттера. Необходимые для организации высокоэффективных циклов кислородного обмена в области умеренных температур свойства, такие, как протяженная область гомогенности, т.е. большая емкость по кислороду, благоприятная термодинамика и быстрая редокс кинетика, наблюдаются в широком круге перовскитоподобных оксидов переходных металлов с выраженными эффектами разупорядочения анионной подрешетки. В этом аспекте редокс геттеры могут рассматриваться, как анионные стекла. Оценки на примере нестехиометрических ферритов показывают, что простейший реактор с неподвижным слоем целесообразно использовать для получения технического азота квалификации 3–4N.

Для последующей глубокой доочистки до категорий 6–7N рассматриваются возможности использования сплавов I-PA металлов периодической системы (реактанты). При определенном сочетании компонентов поверхностные процессы глубокого, необратимого химического связывания газовых примесей сопровождаются развитием трещин, фрагментацией гранул реактанта и вовлечением всего объема сплава в контакт с газовой фазой. Это обеспечивает исключительно высокую поглощающую способность реактантов, превышающую емкость традиционных сорбентов в сотни раз. Данная особенность позволяет значительно уменьшить массу используемого реактанта и резко упростить требования к узлам предварительной очистки входящего воздуха от паров воды и углекислого газа, т.е. дополнительно упростить конструкцию, повысить компактность и снизить стоимость всей системы очистки. Применения технологии возможны в таких отраслях промышленности, как производство специальных сталей, сплавов и изделий из них, микроэлектроника, фармацевтика и др.

Реактанты имеют значительные перспективы самостоятельного применения, например, для инкапсуляции выделяющихся в ряде современных производств токсичных паров/газов, содержащих хлор, серу, селен, теллур, фосфор, оксиды азота, тяжелые металлы и др. Особый интерес вызывают возможности организации с их помощью исключительно простых методов длительного поддержания высокого вакуума в замкнутых системах, от научных установок до крупногабаритных промышленных конструкций, типа Hyperloop. Еще более значительные ресурсные и экономические дивиденды в области энергоэкономии могут быть связаны с применением реактантов в вакуумных стеклопанелях с исключительно высокими, многократно превышающими характеристики традиционных, газонаполненных стеклопакетов, теплоизолирующими свойствами.



Ляхов
Николай Захарович

Академик РАН.
Советский и российский химик, директор Института химии
твёрдого тела и механохимии СО РАН.

РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СТЕКЛООБРАЗОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДНЕГО ПОРЯДКА АМОРФНОГО СОСТОЯНИЯ НА ПУЧКАХ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.З.Ляхов, Б.П.Толочко, М.А.Михайленко, А.И.Анчаров, А.А.Брызгин
Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН
Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск

Дифракционные исследования, дающие уникальные сведения о структуре, динамике и характере межмолекулярного взаимодействия в стеклах, проводятся обычно с использованием рассеяния рентгеновских лучей, нейтронов и электронов. Дальнейшее развитие химии стеклообразного состояния предъявляет все более высокие требования к данным дифракционного эксперимента, а именно – уменьшение статистической ошибки на порядки при одновременном уменьшении времени экспозиции до фемтосекунд, получение достоверных данных как на малых, так и на больших углах рассеяния.

В работе приведены данные о влиянии мощного релятивистского электронного пучка ускорителя ИЛУ-6 на процессы твердофазного неорганического синтеза в том числе при варке стекла и данные рентген-дифракционных данных исследования стекловидных пучках синхротронного излучения ускорительного комплекса ВЭПП-3/ВЭПП-4 (ИЯФ СО РАН).

Обнаружено, что при облучении релятивистскими электронами во время варки стекла наблюдается существенное возрастание массообмена.

Показано, что при облучении также интенсифицируются процессы синтеза в твердой фазе и в высоковязких расплавах стекол, а величина эффекта зависит от следующих факторов: природы системы, температуры и мощности дозы. Показаны возможности радиационно-термического метода при твердофазном синтезе, протекающем при температурах, обеспечивающих нестабильность компонентов исходной реакционной смеси. Имеющиеся данные показывают, что влияние электронного пучка на твердотельные реакции носит не только тепловой характер.

В докладе обсуждаются причины, способствующие интенсификации процессов массообмена под действием электронного пучка:

- 1) локальный перегрев твердого тела внутри треков нанометрового диаметра релятивистских электронов с градиентом температуры до 1000 град/мкм;
- 2) локальное формирование неравновесной концентрации точечных дефектов;
- 3) образование восстановленных метастабильных состояний катионов внутри треков за счет захвата свободных электронов, что приводит к увеличению коэффициента диффузии;
- 4) возникновение мощных градиентов электрического поля вокруг треков.

На пучке синхротронного излучения Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения поставлены модельные рентген-дифракционные эксперименты, подтвердившие часть сделанных предположений.

В докладе также обсуждаются перспективы развития работ по исследованию синтеза и структуры стекол на строящемся источнике синхротронного излучения «СКИФ» поколения 4+ в Новосибирске. Уникальные параметры СКИФа позволят исследовать не только усредненную структуру среднего порядка аморфного состояния, как это происходит в настоящее время при использовании рентгеновских трубок, но и от индивидуальных, выделенных объемов, с нано размерами.



Чурбанов
Михаил Федорович

Академик РАН.

Директор Института химии высокочистых веществ имени Г. Г. Десятых РАН и зав. лабораторией химии высокочистых бескислородных стекол того же института, заведующий кафедрой неорганической химии Нижегородского государственного университета им. Лобачевского.
Лауреат Государственной премии Р

СТЕКЛА ДЛЯ ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ – АКТУАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ХИМИИ ВЫСОКОЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ И ОПТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

М. Ф. Чурбанов

Институт химии высокочистых веществ им. Г. Г. Девярых РАН, г. Нижний Новгород
churbanov@ihps-nnov.ru

В международный год стекла уместным представляется рассмотрение разработок по получению и исследованию свойств особо чистых стекол, проводимых с 1970-х годов по настоящее время. В таком рассмотрении интерес представляет взаимодействие двух важных разделов фундаментального химического знания – стеклообразного состояния вещества и химии высокочистых веществ.

Задачи по физико- химии стекол включают определение области стеклообразования новых стекол, установление их базовых характеристик, измерение функциональных свойств, определяющих потенциальные области их применения. Создание особо чистых оптических стекол сопряжено с развитием более чувствительных методик определения примесей, более точных методик измерения свойств стекол.

Решение задач, относящихся к обоим обсуждаемым разделам, как единой задачи, оказалось продуктивным. Общие итоги такого подхода – углубление фундаментальных знаний по физике и химии стеклообразного состояния, по химии и технологии высокочистых веществ. Важнейшие прикладные результаты исследования по химии и физике стекла и по химии высокочистых веществ включают создание эффективных функциональных оптических устройств, становление волоконной оптики как новой технологической дисциплины, создание новых наукоемких производств.

Разработка световодов из кварцевого и халькогенидных стекол дала интересные примеры взаимостимулирующего действия знаний и техники эксперимента из химии стекла и химии высокочистых веществ на свойства стекол и световодов.

Волоконный световод оказался уникальным источником данных о свойствах стекла, его структуре, о макросоставе, содержании примесей. Световод как аналитический образец большой протяженности обеспечивает в спектроскопических методиках анализа очень низкие пределы обнаружения примесей, растворенных в стекле. В многокомпонентных стеклах становится возможным обнаруживать тонкие эффекты, обусловленные способностью элементов – макрокомпонентов к поливалентности.

Повышение химической и фазовой чистоты стекол проявляется в высокоточных измерениях ряда их свойств – прозрачности, механической прочности, радиационной стойкости, лазерной прочности и некоторых других.



Сергиенко
Валентин Иванович

**Академик, вице-президент РАН,
председатель Дальневосточного отделения РАН.**

Область научных интересов:
строение вещества, теоретическая физика и химия, спектроскопия,

ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ РЕАКЦИОННЫЙ СИНТЕЗ МИНЕРАЛОПОДОБНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ И ПРОИЗВОДСТВА РАДИОИЗОТОПНОЙ ПРОДУКЦИИ

В.И. Сергиенко¹, Е.К. Папынов², О.О. Шичалин², А.А. Белов²
¹Президиум Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток
²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Минералоподобные материалы (МПМ) в виде керамики и стеклокерамики, синтетические аналоги природным минералам, это термодинамически устойчивые системы, которые тысячами доказали свою стабильность к различным факторам воздействия и совокупности физико-химических и механических характеристик представляют альтернативу промышленным стеклам в технологиях иммобилизации радионуклидов при отверждении радиоактивных отходов и при изготовлении радиоизотопной продукции (активные зоны источников ионизирующего излучения (ИИИ), радиоизотопных генераторов тепловой и электрической энергии (РТУ, РИТЭГ) и др.). Особенность заключается в кристаллохимической изоморфности структур МПМ, что позволяет варьировать их составом за счет замещения или введения широкого ряда атомов веществ, в том числе нестабильных изотопов, при изготовлении соответствующих твердотельных матриц. Качество матриц и изделий на их основе регламентируется чрезвычайно высокими требованиями радиационной безопасности и может быть достигнуто за счет применения современных технологий их производства, в число которых входит технология искрового плазменного спекания (ИПС), известная за рубежом как Spark Plasma Sintering (SPS), и ее модификация реакционного синтеза (Р-ИПС) – Spark Plasma Sintering-Reactive Synthesis (SPS-RS). С целью разработки новых форм минералоподобных керамических и стеклокерамических матриц, в данной работе представлены впервые проведенные исследования по реализации технологии Р-ИПС для синтеза кристаллической минералоподобной керамики на основе SrWO_4 (структуры шеелита), SrTiO_3 (структуры перовскита), $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (структуры полевого шпата), структуры поллучита ($\text{CsAlSi}_2\text{O}_6$), а также стеклокерамики на основе алумосиликатов (цеолитов), обеспечивающих надежную селективную иммобилизацию высокоэнергетических радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co . Оригинальность способа основана на инициировании реакционного “*in situ*” взаимодействия смеси компонентов исходной шихты или трансформации их аморфных и кристаллических фаз, включающих модели радионуклидов, в условиях искрового плазменного разогрева под давлением прессования, что приводит к формированию керамического продукта нового состава. Фундаментальная составляющая работы включает выявленные новые научные знания о механизмах высокоскоростной консолидации порошков различных составов, кинетики их уплотнения, химических “*in situ*” взаимодействиях и фазовых превращениях, происходящих в неравновесных условиях искровой плазменной обработки. Впервые установлены физико-химические закономерности формирования высоких эксплуатационных характеристик матриц в составе с имитаторами радионуклидов, включая гидролитическую устойчивость и оценку иммобилизационных свойств по отношению к диффузионной миграции составных катионов матриц в раствор. Описаны ранее неизвестные оптимальные технологические режимы сверхбыстрого (минуты) реакционного синтеза керамических и стеклокерамических матриц с достижением высокой относительной плотности (до 99,9%), механической прочности при сжатии (до 700 МПа), низкими скоростями выщелачивания (не выше 10^{-6} г/см²·сут), содержащие до 35 масс.% имитаторов радионуклидов. В работе также разработаны совершенно новые технологические способы получения прототипов изделий ИИИ закрытого и открытого типа по технологии ИПС, с керамическими активными зонами, включающими цезий и стронций. Результаты исследования представляют практический интерес для ядерно-промышленной отрасли, где технология ИПС может быть реализована для решения различных задач.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ тема № 00657-2020-0006.



Шабанов
Василий Филиппович

Академик РАН.
Советский и российский физик, организатор науки, специа-
лист в области нелинейной оптики, спектроскопии кристал-

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ РЕНТГЕНОАМОРФНОГО ВСПЕНЕННОГО СТЕКЛА СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ДИОПСИДА.

В.Ф. Шабанов, В.Ф. Павлов
ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск

Рассмотрен механизм процесса кристаллизации вспененного стекла, полученного охлаждением силикатного расплава шихты на основе горной породы дунита и известняка после восстановительного плавления и удаления металлической части расплава, содержащего железо. Показаны особенности зарождения центров тепловой волны самораспространяющейся кристаллизации вспененных стёкол и возможность их визуализации.

Известно, что фазовый переход рентгеноаморфного пеносиликата химического состава, соответствующего воластониту, сопровождается выделением тепла в виде фронта тепловой волны самоподдерживающейся кристаллизации. В зависимости от скорости распространения волны изменяется количество дефектов, а значит и прочность. Представляет интерес исследовать этот эффект на стеклах другого состава, например на основе дунита, большие запасы которого находятся в Соловьевогорском месторождении (Нижний Тагил). При его плавлении с известняком происходит восстановление железа. Оставшаяся силикатная часть расплава состава, масс %: MgO – 19,5; Al₂O₃ – 4,1; SiO₂ – 50,3; K₂O – 0,84; CaO – 24,5; TiO₂ – 0,13; Fe₂O₃ – 0,23; P₂O₅ – 0,4 при резком охлаждении в воде в режиме термоудара превращается в рентгеноаморфное вспененное стекло этого же состава. После сушки и измельчения до размера 80 мкм, из него легко формируются (при давлении 50 МПа) образцы цилиндрической формы диаметром 11 и высотой 22 мм для последующей термообработки в печи.

Излучение теплоемкости C_p , изменение массы, потока теплоты, потока ионов для массовых чисел $m_{4,4}$, $m_{3,2}$, и $m_{1,8}$ молекул CO₂, H₂ и H₂O соответственно. При нагревании образца протекают процессы деградации в области температур 100°C, окисления остаточного углерода и разложения вторичных карбонатов. В интервале 753,9–853,7°C скорость изменения структуры с увеличением температуры растет, а высокотемпературная вязкость снижается вплоть до температуры начала кристаллизации [3–4]. Область температур 853,7–932,9°C характеризуется наличием ярко выраженного максимума тепловыделения 595,4 Дж/г (рис. 1). Экзотермический эффект фиксируется в узком интервале температур в виде интенсивного остроконечного и симметричного пика, что указывает на большую скорость, «взрывной» характер превращения.

Результаты РФА стеклокерамики из пеносиликата на основе дунита, подшихтованного известняком, свидетельствуют о кристаллизации фазы со структурой диопсида, искаженной примесями алюминия. Наблюдаемые пики образца вспененного стекла наиболее близко соответствуют кальций-магний-алюминиевому силикату – Ca(Mg_{0,85}Al_{0,15})(Si_{1,85}Al_{0,15})O₆. Алюминий, содержащийся в пеносиликате на основе дунита, замещает часть ионов кремния в тетраэдрических узлах и часть магния в октаэдрических узлах структуры диопсида, что приводит к искажению решетки примесями и к незначительному смещению дифракционных пиков по сравнению с углами дифракционных пиков стандартного диопсида.

Нагревание образцов в печи приводит к появлению в верхней их части зоны локального перегрева, обусловленной образованием зародышей кристаллизации (горячих центров), с последующим её распространением и увеличением температуры во фронте тепловой волны. Малый теплоотвод от зоны повышенной температуры обусловлен пористой структурой, формируемой в интервале размягчения выделяющимися газами CO₂. Движение фронта тепловой волны с выключенной печью свидетельствует о самораспространяющемся характере кристаллизации, заключающемся в том, что выделяемое тепло кристаллизации приводит к появлению зародышей, количеством которых можно управлять.



Анисимова
Елена Анатольевна

Старший научный сотрудник и хранитель коллекции западноевропейского стекла Государственного Эрмитажа. Специалист по истории художественного стекла XV–XXI веков. Является автором ряда научных публикаций и выставок, в том числе посвященных эпохе Арт Н

КРАТКИЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО СТЕКЛОДЕЛИЯ В ЕВРОПЕ И РОССИИ

Е.А. Анисимова
Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург

Стекло с момента своего изобретения и до наших дней используется для создания предметов роскоши, подчеркивающих статус владельца. Производство изделий из этого материала знало периоды расцвета и упадка. В Новое время, начиная с эпохи Ренессанса, стеклоделие развивается по двум направлениям – массовая, недорогая продукция соседствует с эксклюзивными, богато декорированными предметами, нередко создающимися в единственном экземпляре. Мастера, выполнявшие уникальные изделия, всегда высоко ценились. В Европе, где бы они ни работали, власти старались создать для них максимально благоприятные условия и предоставляли значительные привилегии.

Одним из важнейших этапов в развитии стеклоделия стало изобретение во второй половине 15 века в Венеции тонкого содового бесцветного стекла – «la cristallo». Размер доходов, принятых этим производством, поражает своей грандиозностью: в это время перепродажа венецианского стекла в Константинополе позволяла получить 300 процентную прибыль.

В 17 веке в моду вошли изделия немецких мастеров. Наиболее качественное стекло в это время изготавливалось в Богемии. Именно в Парге, при дворе императора Рудольфа II, была создана техника гравировки, до сих пор используемая при декорировании стекла. С середины столетия в Европе складывается новый этикет сервировки стола, предполагавший непременно наличие разнообразной стеклянной посуды. Рост спроса, безусловно, способствовал дальнейшему развитию отрасли.

В России, в силу культурных традиций, долгое время изделия из стекла были мало востребованы. Первый завод, обслуживающий нужды двора, был основан в царствование Алексея Михайловича в конце 17 столетия в Измайлово под Москвой.

Реформы Петра I способствовали распространению в России европейской культуры и, в том числе, европейского этикета. Тогда же были предприняты попытки организовать рядом с новой столицей – Петербургом – производство стекла.

Важным этапом в развитии отрасли стала деятельность М.В. Ломоносова по разработке рецептов цветного стекла. В 1777 г. Екатерина II даровала находившийся в упадке Петербургский стекольный завод князю Г.А. Потемкину. Благодаря его умелому управлению на предприятии вскоре удалось наладить выпуск продукции, не уступавшей по своему качеству европейским образцам. В 19 в. высококачественное стекло производилось также на многочисленных частных заводах, расположенных в разных регионах европейской части России. Одной из отличительных черт отечественного стеклоделия стал интерес к использованию цветных стекол.

Успешное развитие стекольной промышленности в России 19 веке позволило обеспечить внутренний рынок. Из Европы в это время ввозят в основном эксклюзивные образцы изделий крупнейших заводов, а также сувенирную продукцию. Например, император Николай II и его супруга Александра Федоровна обставляли свои комнаты в Зимнем дворце работами Эмиля Галле – выдающегося французского мастера эпохи Арт Нуво. При этом Императорский фарфоровый и стеклянный заводы успешно освоили производство изделий в «жанре Галле».

В 20 веке российское стеклоделие оставалось в русле общеевропейских художественных тенденций. В 70-х годах отечественные художники присоединились к Мировому студийному движению, основанному в предыдущее десятилетие в США. В этот период стала актуальной тенденция разделения художественного стеклоделия на два направления: производство утилитарных предметов и скульптуру. В настоящее время в Европе, несмотря на переживаемые отраслью экономические трудности, художественное стеклоделие продолжает развиваться по намеченным ранее направлениям, оставаясь востребованным широкими кругами любителей прекрасного.



Арбузов
Валерий Иванович

Доктор физико-математических наук, профессор.

Специалист в области оптического, радиационного и лазерного материаловедения, расчёта пропускающей способности

СТЕКЛА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ: ОТ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК ДО ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В. И. Арбузов

АО «НПО Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова»
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург

На рубеже 20 и 21 веков в атомной и ядерной областях России обозначились задачи, требовавшие решения в области оптического материаловедения:

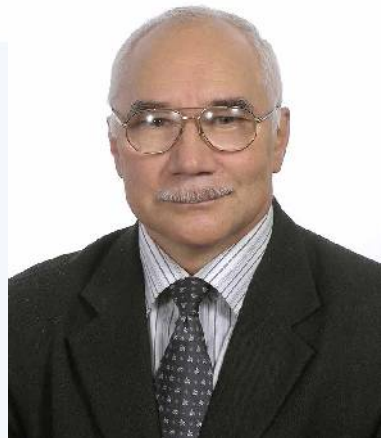
- оснащение высокоскоростных детекторов (спектрометров) нейтронов блоками из высокоэффективного отечественного сцинтиллирующего стекла;
- замена выработавших ресурс смотровых радиационно-защитных окон (СРЗО) «горячих» камер окнами нового поколения;
- создание на базе крупногабаритных дисковых активных элементов из неодимового стекла мощных многоканальных высокоэнергетических лазерных установок, имитирующих характеристики ядерного взрыва.

Для решения этих задач требовалось:

- создать отечественное высокоэффективное сцинтиллирующее стекло с малой длительностью сцинтилляций для детектирования нейтронов с высоким разрешением сигналов от нейтронов и сопутствующих γ -квантов (зарубежные стекла были дороги, характеризовались вариациями световыхода от варки к варке и недостаточно хорошим разрешением сигналов от нейтронов и сопутствующих гамма-квантов при их регистрации);
 - разработать рецептуру и технологию получения бесцветного многосвинцового стекла с повышенной радиационно-оптической устойчивостью и высокими рефрактивными и лучезащитными свойствами для СРЗО (старые окна строились на основе силикатного радиационно-стойкого стекла К208 (100–200 мм толщиной) с низкими лучезащитными и рефрактивными свойствами в комбинации со свинцовыми силикатными стеклами (до 500–700 мм толщиной) с исходной желтой окраской);
 - разработать новую технологию промышленного производства концентрированного неодимового фосфатного лазерного стекла для крупногабаритных активных элементов мощных высокоэнергетических импульсных усилителей излучения (характеристики стёкол, получаемых по старой технологии, сильно уступали требованиям их конструкторов).

В докладе приводятся требования к стеклам всех трёх видов, показаны подходы к разработкам составов стёкол, удовлетворяющих этим требованиям, и технологии их получения. Перечислены те проблемы, с которыми пришлось столкнуться и которые удалось решить: недостаточно высокая чистота исходных реактивов, сравнительно низкая эффективность обезжелезивания расплава лазерного стекла, неудовлетворяющие требованиям заказчиков показатели его однородности и пузырности, неприемлемо сильное снижение лучевой прочности лазерного стекла из-за коррозии платинового варочного комплекта,...

Образцы стёкол по ходу разработки составов или технологии их получения проходили через тестовые испытания у заказчиков, что давало возможность учить их результаты путём корректировки составов стёкол или технологий их получения. В результате нейтронные спектрометры в ОИЯИ, Радиовом Институте, ПИЯФе и в других нейтронных лабораториях были оснащены отечественным стеклом, которое превосходило почти в два раза зарубежное стекло по световыходу сцинтилляций, не было подвержено вариациям свойств от варки к варке. Было получено бесцветное слабо окрашивающееся лучезащитное стекло с высоким содержанием оксида свинца, применение которого позволяет заметно уменьшить толщину стекдоблоков СРЗО. 72 крупно-габаритными активными элементами из неодимового стекла была оснащена 4-канальная усилительная установка «Луч», в настоящее время стекло ГОИ находит применение в каналах строящейся 192-канальной усилительной установки УФЛ для лазерного управляемого термоядерного синтеза.



Никоноров
Николай Валентинович

Доктор физико-математических наук, профессор, директор научно-исследовательского центра оптического материаловедения, университет ИТМО.

Область научных интересов:

Оптическое материаловедение, включающее разработку новых стекол и стеклокристаллических материалов и технологию их получения для задач фотоники. Проведение исследований структуры и физико-химических свойств новых оптических материалов. Создание элементов и устройств фотоники нового поколения на основе разработанных материалов для лазерной техники, голографии, оптического приборостроения, сенсорики,

РАЗРАБОТКИ СТЕКЛОБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ В ФОТОНИКЕ

Н.В. Никоноров
Университет ИТМО, Санкт-Петербург

В докладе дан обзор разработок в области стеклообразных материалов для применений в фотонике. В университете разработана широкая линейка стекол нового поколения:

- лазерные высококонцентрированные стекла и стеклокерамики, активированные редкоземельными ионами, для мини- и микролазеров ближнего ИК диапазона;
- стекла с нанокристаллами рубина для лазеров красного диапазона спектра, используемых в медицине и косметологии;
- магнитооптические стекла, реализующих эффект Фарадея, для оптических изоляторов и волоконных датчиков магнитных и электрических полей;
- нелинейно-оптические стекла с нанокристаллами галогенидов и халькогенидов металлов для фильтров-лимитеров, защищающих органы зрения и фотоприемники от действия импульсного лазерного излучения;
- плазмонные стекла, легированные наночастицами серебра и меди, для химических и биологических сенсоров;
- люминесцентные стекла, легированные ионами редких земель и переходных металлов, в том числе стекла с нанокристаллами перовскитов, для люминофоров и маркеров;
- ионообменные и сверхпрочные стекла для планарных волноводов и градиентных оптических элементов, а также сверхтонких дисплеев и защитных стекол солнечных батарей;
- фото-структурируемые стекла для «лабораторий на чипе» и микросистем полного анализа;
- фотохромные и мультихромные стекла для архивной памяти, оптической записи изображения, в том числе цветного;
- фото-термо-рефрактивные стекла для записи объемных фазовых голограмм.

Отличительной особенностью разработок является создание не только стекол, но и оптических элементов и устройств на их основе, т.к. Заказчику надо демонстрировать не сам оптический материал (стекло) и его характеристики, а как этот материал работает в конкретном устройстве, и какие конкурентные преимущества по сравнению с известными аналогами он даст Заказчику. Поэтому выходной продукцией университета ИТМО являются не только материалы, но и элементы и устройства на их основе. Так, например, на основе разработанного в университете фото-термо-рефрактивного стекла создана линейка голографических оптических элементов и устройств фотоники нового поколения:

- сверхузкополосные фильтры для повышения спектральной яркости излучения и температурной стабилизации длины волны лазеров, в том числе полупроводниковых;
- объемные брэгговские решетки для одночастотных лазерных источников, применяемых в квантовых коммуникациях;
- голографические призмы для калибровки углоизмерительных и углозадающих приборов навигации;
- сумматоры мощных лазерных пучков;
- чирпированные решетки для компрессии световых импульсов и получения сверхкоротких лазерных импульсов фемтосекундной длительности;
- метки для голографических коллимационных лазерных прицелов;
- дисплеи и очки дополненной реальности и т.д.

Разработанные новые стекла, элементы и устройства на их основе позволяют успешно конкурировать на мировом рынке фотоники.



Тверьянович
Юрий Станиславович

Кандидат физико-математических наук, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой лазерной химии и лазерного материаловедения Института химии Санкт-Петербургского государственного университета.

Область интересов:
лазерное материаловедение (получение и модификация материалов лазерным излучением, разработка новых материалов для лазерных технологий, использование лазерных методов исследования материалов).

В настоящий момент занимается халькогенидными стеклами с металлофильными связями и воздействием лазерного

НЕКОТОРЫЕ ИДЕИ В ХИМИИ И ФИЗИКЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ

Ю.С. Тверьянович
СПбГУ, Санкт-Петербург

Существует большое количество различных групп стеклообразных материалов. К одной из них относятся халькогенидные стекла. Их отличительными особенностями являются чрезвычайно высокая степень ковалентности формирующих их химических связей, полупроводниковая проводимость, прозрачность в широкой области инфракрасного диапазона и ярко выраженные свойства неорганических полимеров.

Исследования стеклообразных халькогенидов за свою историю прошли несколько этапов. Первоначально эти материалы не только рассматривались в первую очередь, как стеклообразные полупроводники, но зачастую так и назывались. Предполагалось, что основные направления их практического применения будут связаны с электрическими свойствами. Затем становилось все яснее, что наиболее перспективным является их использование в качестве оптических сред инфракрасного диапазона. И за ними закрепилось другое название – халькогенидные стекла. Были созданы различные марки инфракрасных стекол, отрабатывались технологии создания из них различных элементов оптики, включая такие высокотехнологические изделия, как оптические волокна, внимание исследователей привлекали чрезвычайно высокая акустооптическая добротность, большая оптическая нелинейность этих материалов. Были созданы устройства энергонезависимой памяти на индуцируемых лазером фазовых переходах стеклокристалл. Исследовались и нашли практическое применение фотоструктурные превращения и фотоиндуцированные изменения скорости растворения стекол. Значительный интерес вызвали люминесцентные свойства халькогенидных стекол, активированных лантаноидами, ничтожная вероятность многофононного тушения люминесценции в этих материалах. Одновременно с этими исследованиями проводилось изучение ионного переноса в халькогенидных стеклах и их использование в качестве ион-селективных электродов.

Все это время параллельно велись фундаментальные исследования халькогенидных стекол. К части проведенных фундаментальных исследований со временем теряется интерес. К части возникает своего рода возвратный интерес, связанный с новыми направлениями прикладных исследований. Иногда фундаментальные исследования выявляют на новые области интересные для практических разработок. Но во всех случаях знакомство с результатами и идеями фундаментальных исследований позволяет лучше понять природу изучаемых материалов. Именно поэтому настоящий доклад посвящен ретроспективному обзору некоторых идей, лежащих в основе фундаментальных исследований халькогенидных стеклообразных материалов выполненных ранее и проводимых сейчас на кафедре лазерной химии и лазерного материаловедения Института химии СПбГУ.



ОСИПОВ
Виктор Иванович

Президент Ассоциации «СтеклоСоюз» России

Область научно-практических интересов:
Формирование эффективной системы развития стекольной промышленности России, основанной на передовых достижениях мировой экономической научно-технической мысли.

Приоритетные направления:
Создание экономической модели – «дерево целей», конкурентоспособность, импортозамещение, создание вертикально-интегрированных структур, энергосбережение,

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ЦЕЛИ РАЗВИТИЯ СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.И. Осипов
Ассоциация «СтеклоСоюз» России, г. Москва

1. Поздравление с Международным годом стекла 2022.
2. Ассоциация «СтеклоСоюз» более 10-ти лет является Членом Международной комиссии по стеклу ICG (International Commission on Glass).
3. Михаил Васильевич Ломоносов – создатель химического производства глазури, стекла, фарфора.
4. Значение утверждения Генеральной Ассамблеи ООН 2022 год Международным годом стекла.
5. Стекло в современном мире.
6. Программа мероприятий Ассоциации «СтеклоСоюз» России в рамках празднования Международного года стекла 2022 (Международный Форум «Стекло и современные технологии – XXI», конференции, совещания, рассылки по электронной базе, публикации на отраслевом портале <http://steklosouz.ru>, Международный конкурс «Лидер стекольной отрасли – 2022», лекции в ВУЗах, техникумах).
7. История Ассоциации «СтеклоСоюз» России (итоги 20-летней работы, Программа 2021–2030).
8. Связь деятельности Ассоциации «СтеклоСоюз» России с наукой, создание НТЦ.
9. Образовательные программы Ассоциации «СтеклоСоюз» совместно с Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Ордена Трудового Красного Знамени Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова».



Орлов
Александр Дмитриевич

к.т.н., ведущий специалист, АО «КТБ НИИЖБ», Москва

Область научных интересов:

Пеностекло, пеностеклокерамика, низкотемпературный синтез стекол, проектирование составов на основе горных пород и техногенного сырья, инжиниринг производства пеностекломатериалов (блоки, гранулы), применение пеностекломатериалов в строительстве (легкие бетоны), легкие заполнители бетонов, фибробетоны, коррозия стекол в бетоне, остекловывание отходов, включая РАО, гранулирование и компактирование шихты, электровакуумные стекла и ситаллы, тепловое расширение

ПЕНОСТЕКЛО: ПУТЬ В БУДУЩЕЕ

А.Д. Орлов
АО «КТБ НИИЖБ», г. Москва

История пеностекла начиналась как триумф науки, но продолжилась как парадокс рынка: построенные по всему миру линии производства пено стекла были остановлены, а пеностекло, с его уникальными свойствами, уступило рынок более дешевым и менее долговечным материалам.

Возможно ли возвращение пено стекла?

В 70-е пеностекло вытеснили технологичные материалы массового сборного строительства – керамзитобетоны и ячеистые бетоны, а также «эффективные теплоизоляторы» – пенопласты и штапельное стекловолокно. Но сегодня эти конкуренты пеностекла исчерпали свой потенциал роста: объемы производства достигли максимума, стать дешевле и лучше они уже не могут.

Напротив, потенциал пеностекляных материалов далек от исчерпания, и прежде всего, уходит самое главное ограничение производства пеностекла – узкая сырьевая база стеклобоя. Глобальный переход к полной централизованной переработке бытовых отходов создает громадные объемы смешанного стеклобоя. 1 тонна ТБО – это 100 кг стеклобоя. Подготовленная Росстехом переработка 20 млн тонн городского мусора в европейской части РФ – это 2 млн тонн практически бесплатного стеклобоя, то есть не менее 10 млн м³ пеностекляных материалов в год.

Но сырье для пеностекла – не только стеклобой, а широкий спектр минерального и техногенного сырья – вулканических стекол (перлиты, обсидианы, пемзы, туфы), кремнистых пород, отходов обогащения рудных материалов.

Второе звено пеностекляного ренессанса – масштабный фактор. При массовом производстве свыше 100 тыс. м³ в год себестоимость пеностекляногранулята снижается до уровня керамзита, себестоимость блочного пеностекла падает до 8–10 тысяч рублей за м³. Главное условие – преодолеть инвестиционный порог создания крупного производства.

Создание типовых промышленных линий – не проблема, так как технология состоит из типовых технологических операций, реализуема на серийно производимом в РФ оборудовании. Единственным нестандартным оборудованием остаются агрегаты обжига: барабанные печи косвенного нагрева для стеклогранул и туннельные печи для блочного материала. Но при наличии инвестиций и авторского надзора разработчика материала изготовление комплекта доступно широкому кругу машиностроительных заводов.

Третий фактор рванца пеностекла – встраивание (интеграция) пеностекла и пеностекляных продуктов в технологии индустриального строительства. Потребителю нужны не отдельные материалы, а квадратные метры по минимальной цене и в минимальный срок.

Магистральным путем интеграции пеностекла в массовое строительство – легкие синтактные бетоны на пеностекляногрануляте. Бетон класса В 2,5 плотностью 500–600 кг/м³ – это идеально технологичная однослойная стена толщиной всего 0,4 м. Но блочное пеностекло также создает для конструктора и архитектора не меньшие возможности.

Как видим, сегодня в пользу возвращения пеностекла в строительство играют факторы качества, сырьевой базы, масштаба выпуска.

Пеностекло возвращается.



Сигаев
Владимир Николаевич

Доктор химических наук, профессор, Зав. кафедрой химической технологии стекла и ситаллов, Руководитель Международной лаборатории функциональных материалов на основе стекла им. П.Д. Саркисова, РХТУ им. Д.И. Менделеева

Область научных интересов:
физикохимия и технология стекла, лазерное микро- и наномодифицирование структуры стекол, разработка сверхстабильной «вечной» оптической памяти на стеклообразных носителях, лазерная запись в объеме стекла кристаллических волноводных структур, прозрачная стеклокерамика, структурные методы исследований ближнего порядка и начальных стадий

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СТЕКЛА

В.Н. Сигаев

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва
e-mail: vlad.sigaev@gmail.com

Основные представления о структуре стекла, о соотношениях «состав-структура-свойства», сложившиеся к середине прошлого века - золотого века науки о стекле, в огромной, а часто в определяющей степени связаны с именами наших соотечественников – Е.А. Порай-Кошица, О.В. Мазурина, М.М. Шульца, И.И. Китайгородского, Н.С. Андреева, В.Н. Филиповича и многих других выдающихся ученых.

Эти представления формировались в эпоху весьма ограниченных экспериментальных возможностей физических методов. Тем не менее, по кривым рассеяния рентгеновских лучей, полученным в очень узком интервале изменений вектора рассеяния ($Q_{\max} \sim 5 \text{ \AA}^{-1}$) Захариасену, Уоррену, Порай-Кошицу и др. удалось создать картину строения стекла, которая мало изменилась за последние полвека, несмотря на то, что возможности дифракционных методов – нейтронографии, синхротронного излучения, EXAFS – неизмеримо возросли ($Q_{\max} \sim 30 \text{ \AA}^{-1}$ и более). Они позволили заметно повысить точность определения межатомных расстояний в стеклообразующем полиэдре (например, «увидеть» короткую связь P=O в фосфатном стекле), но интерпретация функций радиального распределения электронной и ядерной плотности за пределами двух-трех первых координационных сфер и полвека назад, и сегодня носит весьма условный характер, поскольку число весьма разных моделей структуры, способных воспроизвести дифракционные данные, как правило, очень велико.

Поэтому усилия ученых в заметной степени переориентированы на исследования начальных стадий фазового разделения в стеклах, объемного, поверхностного или локального микро- и наномодифицирования, что стало возможно благодаря развитию методов локального анализа структуры и химического состава. Именно новые возможности физических методов определили стремительный рост числа наукоемких «стекольных» приложений и обеспечили переход из золотого века науки о стекле к золотому веку приложений.

В докладе кратко обсуждаются новые материалы на основе стекла и новые подходы к их функционализации, развиваемые на кафедре стекла и силикатов РХТУ им. Д.И. Менделеева:

- Оптически однородные стекла с низким содержанием стеклообразователя (высокопреломляющие, магнитооптические, лазерные); стекла, наноструктурированные нелинейно-оптическими кристаллами и обладающие квадратичной оптической нелинейностью; алюмообратные (хантитоподобные) стекла с максимально возможным расстоянием L_n-L_n и прозрачная стеклокерамика с высоким содержанием Ga_2O_3 как активные лазерные среды и визуализаторы УФ и рентгеновского излучения.
- Формирование фемтосекундным лазерным пучком двулучепреломляющих поляризационно-зависимых микроструктур в термостойких материалах (кварцевых и нанопористых стеклах, в прозрачной стеклокерамике с околонулевым значением ТКЛР); создание технологии сверхстабильной (не требующих перезаписи) архивной оптической памяти, разработка систем записи, считывания и хранения данных на «вечных» носителях из стекла.
- Локальная лазерно-индуцированная кристаллизация стекол и формирование в их объеме и на поверхности кристаллических архитектур сложной формы с новыми функциональными свойствами (кристаллические волноводные структуры с люминесцентными и/или нелинейно-оптическими свойствами, конверторы частоты, миниатюрные источники лазерного излучения и пр.); прямая лазерная запись оптических волноводов в объеме силиката со значением ТКЛР близким к нулю.
- Лазерно-индуцированное травление и формирование полых микроструктур сложной геометрии в объеме стекол для применений в фотонике, микрофлюидике и микромеханике.



