

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Витебский технологический институт легкой промышленности

У Д К 666-11.019

В Гос. регистрации 75020389

ИК

6518214



"Утверждаю"

Проректор по научной работе

к.т.н. В.Е. Горбачик

1976

О Т Ч Е Т

по научно-исследовательской работе
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ СТЕКОЛ, СОДЕРЖАЩИХ
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ.

ХД-75-75

Начальник научно-исследовательского
сектора, инженер

/И.Е. Правдивый/

Декан ф-та
к.э.н., доцент

/В.М. Лайко/

Зав. кафедрой
к.т.н., доцент

/С.Г. Ковчур/

Руководитель темы
к.т.н., доцент

/С.Г. Ковчур/

Отв. исполнитель
к.т.н., доцент

/С.Г. Ковчур/

Витебск
1975



СПИСОК

исполнителей научно-исследовательской работы по Х/Д № 75

1. КОВЧУР С.Г. - к.т.н., ст.научный сотрудник, выполнение
по I - VII главам.

2. РУСЕЦКИЙ Г.М. - ст.лаборант,-

РЕФЕРАТ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ "СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ СТЕКОЛ, СОДЕРЖАЩИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ", ВЫПОЛНЕННОЙ ПО Х/Д № 73 ПОД РУКОВОДСТВОМ К.Т.Н. С.Г.КОВЧУРА

В работе изложены классические результаты и качественные зависимости, возникновение в результате взаимодействия стекла с электромагнитным излучением, синтезированы на основе экспериментального исследования новые стекла, содержащие редкоземельные и переходные металлы, исследованы физико-химические и технологические свойства этих стекол.

Окрашенные синтезированные стекла пригодны для производства сортовой посуды, декоративно-художественных изделий, в качестве реперных устройств в оптических приборах, технических светофильтров.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ГЛАВА I.

стр....

- I. К вопросу истории открытия некоторых
редкоземельных элементов

I

ГЛАВА II.

- I. Физико-химические свойства редкозе-
мельных элементов.

II.

ГЛАВА III.

- I. Применение окислов редкоземельных эле-
ментов в стеклоделии.

26

ГЛАВА IV.

- I. Общие проблемы разработки новых твердотелых
активных сред

36

ГЛАВА V.

- I. Характеристические колебания световой
волны в стекле
2. Распространение в стекле полихроматической
волны
3. Поляризация света.

46

53

73

ГЛАВА VI.

- I. Взаимодействие между электромагнитным
излучением и стеклом.
2. Основные закономерности отражения и
преломления. Формулы Френеля.

86

87

Законы поглощения

- I. Коэффициент экстинкции и коэффициент поглощения.
2. Закон поглощения Бугера-Ламберта.Обобщенный
закон Бугера.
3. Поглощение стекла на практике.
4. Дисперсия света.
5. Нормальная и аномальная дисперсия.
Формула Релея.
6. Уравнение дисперсии.
7. Исследование взаимодействия света и стекла
без учета затухания.
8. Взаимодействие света и стекла:аномальная
дисперсия.

99

101

112

117

120

126

130

147

ГЛАВА VII.

- I. Стекла с различным содержанием окисей
редкоземельных элементов.

158

2. Исследование процесса вымывания стекла водой и другими реагентами.	I65
3. Влияние химического состава стекла на процесс вымывания под воздействием различных реагентов.	I68
4. Влияние теплового прошлого стекла на его химическую устойчивость стекла.	I70
5. Методы определения компонентов вымывания стекла под воздействием внешних реагентов.	I72
6. Исследование пороков при варке свинцовых стекол и их некоторые физико-термические свойства	I78
7. Исследование влияния окиси эрбия на изменение вязкости кристаллизационных свойств и микротвердости свинцовых стекол.	I85
8. Определение твердости стекла.	I87
9. Определение светопреломления эрбиевых стекол.	I90
10. Исследование влияния моторного топлива на варки технологию и качество хрустального стекла.	I93
II. Исследование влияния огнеупоров в регенеративных камерах и продуктов улетучивания шихты и стекла на продолжительность работы ванн печей для варки хрустального стекла.	
12. Выводы.	210
13. Литература.	215

Г Л А В А I

I. К вопросу истории открытия некоторых редкоземельных элементов

Самой характерной чертой истории пятнадцати химических элементов, расположенных в периодической системе Д.И. Менделеева между барием с порядковым номером 56 и гафнием с порядковым номером 72, следует считать то, что эту историю нужно рассматривать как нечто целое, неделимое. Открытие отдельных представителей этой плеяды элементов — это только вехи на общем пути освоения т.н. "редкоземельного континента". На одном другом месте периодической таблицы Д.И. Менделеева мы не можем найти подобного примера, когда открытие одного химического элемента стояло бы в столь тесной связи с выделением и изучением соседних элементов. Такая особенность истории редких земель объясняется весьма большой близостью их химических свойств [I] .

Вторая особенность истории редкоземельных элементов — зависимость от общего уровня развития химии. Только тогда, когда химия из науки описательной, лишенной строгих количественных законов, стала превращаться в точную науку качественного и количественного анализа, только тогда была создана необходимая основа для последующего открытия десятков новых химических элементов, — только тогда могла быть начата первая глава в истории редкоземельных элементов. Это произошло на рубеже XVIII и XIX веков.

И, наконец, берется особенность истории редкоземельных элементов, заключающаяся в том, что первые страницы этой замечательной главы смогли написать ученые тех государств, где научные знания достигли достаточно высокого уровня и где направления научных исследований во многом диктовались требованиями практики. Например, развитие

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Трифонов Д.П., Редкоземельные элементы, М., АН БССР, 1960
2. Браунер Б.Ф., В основах химии" Д.И. Менделеева, изд., - во 7-ое, 1908.
3. Иттрий. Краткая химическая энциклопедия, М., СЭ, 1963.
4. Гольдманский В.И., Новые химические элементы в периодической системе Д.И. Менделеева, изд-во 2-ое, М., Теортехиздат, 1955.
5. Иост Д., Рассел Г., Гарнер К., Редкоземельные элементы и их соединения, М., ИЛ, 1949.
6. Уэрбен Ж., В основах химии Д.И. Менделеева, изд-во 9-ое, т. 2, 1928.
7. Лаврухина А.К., Золотов Ю.А., Трансурановые элементы, М., АН БССР, 1958.
8. Spenser J.F., The Metals of the Rare Earth, London, 1919.
9. Trochot P., Les terres rares, Mineralogie-proprietes - analyse, Paris, 1898.
10. Хромотографический методд разделения ионов, М., ИЛ., 1949.
11. Рябчиков Д.И., Терентьева Е.А., Способы разделения редкоземельных элементов, успехи химии, 16 (4), 461. 1947.
12. Хевеши Г., Редкие земли с точки зрения строения атома. Пер. с нем Л. Научн. хим.-тех. изд-во, 1928.
13. Trombe F., Chimie et industrie, 77, №2, 1957.
14. Тронев В.Г., Вклад русских ученых в химию редких элементов, М., изд-во "Знание", 1952.
15. Коган Б.И., Экономические очерки по редким землям, М., АН СССР, 1961.
16. Чердынцев В.В., Распространенность химических элементов, М., Теорттехиздат, 1956.
17. Редкоземельные элементы (получение, анализ, применение), М., АН СССР, 1958

18. Ферсман А.Е., Геохимия, Л, Госхимтехиздат, 1939.

19. Вернадский В.И., Об элементах редких земель в массивных горных породах, Сб. Редкие элементы в изворженных горных породах и минералах, М., ИЛ., 1929, 1952.

20. Журнал "Chemical and Engineering News", №19, 78-92, 1965.

21. Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, 1955.

22. Агафонин Н.П., Ядерные реакции. Лантаниды и актиниды, Моск. энерг. ин-т, М., 1956.

23. Редкоземельные элементы, М., АН БССР, 1959.

24. Свойства и применение редкоземельных металлов, М., ИЛ., 1960.

25. Рябчиков Д.Н., Складченко Ю.С., Сенявин М.М., Редкоземельные элементы и общие способы их получения, В кн.: Редкоземельные элементы, М., АН СССР, 9-28, 1959.

26. Материалы VIII Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии, Л., Изд. АН БССР, физич. серия №2, 99-231, 1958.

27. Августинник А.И., Применение редких и редкоземельных металлов и их соединений в технологии силикатов, М., Журнал ВХО им. Менделеева, №2, 135-139, 1963.

28. Заозерский И.Н., Андреева Э.Ф., Современные методы разделения редких земель. Химическая наука и промышленность., №5, 512-517, 1956.

29. Иост Д., Рассель Г., Гарнер К., Редкоземельные элементы и их соединения, М., ИЛ., 1949.

30. Рябчиков Д.И., Применение ионообменного процесса к извлечению, разделению и очистке редких металлов. Химическая наука и промышленность, Т., №5, 554-560, 1956.

31. Рябчиков Д.И., Терентьева Е.А., Способы разделения редкоземельных элементов. Успехи химии, XVI, 4, 461-489, 1947.

32. Ноддак В., Техническое разделение и получение в чистом виде редкоземельных элементов семейства иттрия, VIII Менделеевский съезд

- ва общей и прикладной химии, Доклад иностранных ученых /доп. сб./, М., I-15, 1959.
33. Лившиц Б. Г., Физические свойства металлов и сплавов, М., Машгиз, 1956.
34. Сельвуд П., Магнитохимия, М., ИЛ., 1958.
35. Следдинг Ф., А. Даан., Получение и свойства редкоземельных металлов, Редкоземельные металлы, М., ИЛ., 298-310, 1957.
36. Nicolaus H. O., Werkstoffprobleme des Atomreaktors, Techn. Rdsch., № 29, 19-23, 1956.
37. Юди М. К., Редкоземельные элементы. В книге: Ядерные реакторы, М., ИЛ., 183-193, 1956.
38. Гольдшмит В. М., Геохимические принципы распределения редких элементов, Сб, Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах, М., 4-26, 1952.
39. Виноградов А. П., Геохимия рассеянных элементов морской воды, Ж. Успехи химии. XIII, 3-34, 1944.
40. Виноградов А. П., Использование редкоземельных элементов. В книге: Редкоземельные элементы, М., АН СССР, 5-8, 1958.
41. Семенов Е. И., Связь состава редких земель с составом и структурой минералов, Ж. Геохимия, № 5, 452-460, 1958.
42. Герасимовский В. И., Геохимия редкоземельных элементов. В книге: Редкоземельные элементы, М., АН СССР, 30-39, 1950.
43. Милованов Г. Н., Черносвитов Ю. Л., Редкоземельные элементы, М., Госгеотехиздат, 1960.
44. Остраумов Э. А., Редкие земли в глубоководных отложениях Черного моря, Док. АН СССР, № 5, 1958.
45. Weyl W., Coloured glasses, Sheffield, 1954.
46. Les terres rares dans Industrie, La Nature, № 3204, 124-126, 1952.
47. Löffler I., Glasses with high content of rare earth oxides, Fr. Pat., 40217, May 29, 1952.

1. Löffler I., Verres a forte teneur en oxydes de terres rares, Fr. Pat., 1046507, Dec. 7, 1953, PXX, 29601, 1955.
2. Teylor I.L., Preliminary investigation of titanium-cerium system, Journ metals №1, 9, 94-96, 1957.
3. W. Nowotny, Szkla barwne, Warszawa, Arkady, 1958.
4. Weyl W.T. Thümen-Sprechsal, 66, 197199, 1933.
5. Hempel K.A., Cerium in the glasses industry, Glass, 41, №2, 82-86, №3, 148-153, 1960.
6. Tromle F., Quelques applications des metaux des terres rares, Chemie et industrie, 77, №3, 540-547, 1957.
7. Хервуд О., Применение редкоземельных элементов в качестве красителей и обесцвечивателей, Glass-Email-Keramm-Technik, №4, 24-29, 1952.
8. Velslach A., Sprechsal, №64, 298, 1931.
9. Jost D.V., Gransachtions of Butsch Ceramic, Soc. glass. techn, №59, 160, 1959.
10. Vickery R.C., Industrial applications of the rare earth metals, Metallurgia, №180, 311-312, 1944.
11. Рассель Г., Гарнер К., Сельвуд П., Редкоземельные элементы и их соединения, The Glass Industry, №1, 1960.
12. Клиффорд А., Редкоземельные элементы в стекольной промышленности The Glass Industry, №4, 131, 1960.
13. Варгин В.В., Карапетин Г.О., Рефераты докладов и сообщения на У222 Всесоюзном химическом обществе им. Д.И. Менделеева, №II, 1958.
14. Китайгородский И.И., Артомонова Н.В., Изучение влияния добавок окиси празеодима на свойства некоторых стекол. Докл. АН СССР, №4, 1960.
15. Вайнерберг Т.И., Люминесцирующие стекла, Бюл. Всесоюзного общества им. Д.И. Менделеева, №10, 10-11, 1941.
16. Спектральное поглощение стекло, окрашенных неодимом, Докл. АН СССР, №3, 275-278, 1947.

- Торопов Н.А., Бондарь А.И., Силикаты редкоземельных элементов, Сообщ. диаграмма состояния системы $\text{La}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. Изв. АН СССР, №2, 1532-156, 1960.
- Киселева Т.П., Физико-химические исследования бинарных систем, образующих окисью неодима с двуокисью кремния и окисью алюминия, Кад. диссерт. Ленинград, 1962.
- Варгин В.В., Осадчая Г.А., Стекло и керамика, №2, 21-22, 1960.
- Бондарев К.Т., Дубровский В.А., Некоторые проблемы использования элементов в стекольной промышленности. В книге: Редкоземельные элементы, АН СССР, 290-294, 1959.
- Юдин Н.А., Сырицкая З.М., Синтез и исследование стекол для бытовой посуды применением редкоземельных элементов, Стекло и керамика, №2, 1963.
- Юдин Н.А., Сырицкая З.М., Стекла $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$, окрашенные редкоземельными окислами, Стекло и керамика, №8, 1963.
- Базель Л., Козлов Д.Ж., Проект установки пирометаллургической переработки ядерного топлива, Атомн. техн. за рубежом, № 3, 20-31, 1957.
- Kreidl N.J., Hensler J.R., Gamma radiation insensitive optical glasses, Optic. Soc. Amer., 47, №1, 73-75, 1957.
- Применение стекла в атомной энергетике, СБ. реф. из период. техн. постро. лит. по стеклу, №4, 45-46, 1959.
- Богданова Г.С., Орлова Е.М., Окрашивание стекла соединениями церия и тана, Стекло и керамика, №5, 21-25, 1958.
- Богданова Г.С., Орлова Е.М., Термостойкие желтооранжевые светофильтры, Стекло и керамика, №3, 13-16, 1959.
- Коган Б.И., Применение редких земель в промышленности, Бюлл. научн. техн. инф. Мин-ва геол. и охр. недр СССР, №5, 24-27, 1957.
- Bradford J.R., Table of the isotopes Handb. of chemistry and physics, Ed., 37, 394-447, 1956.
- Levine S., What about the rare earths? Part I. Glass and ceramics. Ceram. age, 70, №2, 28-31, 1957.
- Weyl W., Pencus H., Bridger A.J. Amer. Ceram. Soc., 22, 370-376, 1939.

79. Browne D.Z., Ceramic Age, XI, 39-42, 1961.
80. Lamb F.D., Rare earth metals. Mineral facts a problems. Bull. 556. Bur. of mines, Washington, 735-743, 1956.
81. Бюргановская Г.В. и Варгин В.В., Церий в стекле, Оптико-механ. пром., №7, 44-48, 1958.
82. Готтарди В., Паолетти Г., Тарисити М., Соотношение $Ce^{3+}-Ce^{4+}$ при плавлении различных стекол и их влияние на свойства. Перев. Франц., № 43933.
83. Hampel C.A., Glass ind., 27, №6, 1961.
84. Варгин В.В., Осадчая., Стекло и керамика, №2, 1958.
85. Пищ И.В., Исследование физических и химических методов обесцвечивания сортовых стекол, Канд. диссерт., Минск, 1966.
86. Пакулак Р.П., Обесцвечивание стекла окислами РЗЭ, Инф. ЦИНТИ, М., 13-21, 1964.
87. Отчет Гусавского филиала ГИС по теме №59, 1962.
88. Вайнберг Т.Н., Пищ И.В., Оптимальные количества обесцвечивателей сортового стекла. Стекло и керамика, № 1, 19-22, 1968.
89. Ковчур С.Г., Исследование влияния окиси празеодима в присутствии окислов Co, Ni и Cr на спектральную абсорбцию и некоторые физико-химические свойства силикатных стекол, Канд. диссерт., Минск, 1968.
90. Drossbach G.P. Нем. патент способа окрашивания, 1896.
91. Le Chatelier, Chapuy P., Copt. rendus, 127, 1908.
92. Norton F.H., Shaw D.T., J. Phys. Chem., №35, 3480-3485, 1931.
93. Löffler J., Glastechn., Ber., №15, 389-393, 1937.
94. Stynoky V., Ibid., 1940, №18, 1-7.
95. Colbertw., Kreidl N.J., J. Optical Soc. Amer., №31, 731-735, 1954.
96. Long B., Les proprietes physiques et La fusion du verre, Paris, 1933.
97. Лонг Б., Физические свойства и варка стекол, М., гизлегпром, 1938.
98. Вейль В., Окрашенные стекла, ч. III, 1941, Перевод Вейна, 118-129, 1949.

99. Hobrecht J. Glasstechn. Berichte, 59, 2680-2691, 1926.
100. Rosental FJ, Optic Soc. Amer, 50, 508-510, 1960.
101. Kosik J., Nebrensky J., Barveni skla, Praha, SNTL, 1962.
102. Юдин Н.А., Синтез и исследование стекло для бытовой посуды с применением редкоземельных элементов, Канд. диссерт., Гусевской филиал, ГИСа, 1963.
103. Варгин В.В., Производство цветного стекла, М., -Л., Гизлегпром, 1940.
104. Китайгородский И.И., Стекло и стекловарение, М.: гос. изд. лит. по строит. материалам, 1950.
105. Даувальтер А.Н., Хрустальные, цветные и опаловые стекла, М., Гизлегпром, 1957.
106. Судорейкин В.В., Спектры поглощения стекол различного состава окрашенных окислами $Cu, Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Se$ "Оптикомеханич. промышленность, №3, 1940.
107. Fedotjw W., Lebedew A. Z. f. anorg. Chem, №134, 87, 1924.
108. Кутателадзе К.С., Диссоциация $CuO, Mn_2O_3, Fe_2O_3, Cr_2O_3$ в стекле. Канд. диссерт., Л., 1935.
109. Zsigmondy R, Apl. d. Physik, №4 60, 1961.
110. Gehlhoff G., Thomas M., Leitschn F, Techn. Physik, №8, 289-326, 1930.
111. Кустанович И.М., Спектральный анализ, М., изд-во "Вышая школа", 1967.
112. Кустанович И.М., Физико-химические методы контроля производства стекла. М., изд-во "Вышая школа", 1967.
113. Козелкин В.В., Усольцев И.Ф., Основы инфракрасной техники, М., издательство Машиностроение, 1967.
114. Квантовая электроника, М., изд-во "Советская энциклопедия", 1969.
115. Защита от лазерного излучения)по материалам иностранной печати/, Военный вестник, №12, 1967.
116. Вайнберг Т.И., Лужкин С.П., Окраска алюмокальциевых стекол редкоземельными элементами и переходными элементами и вопросы структуры, Тезисы докладов III симпозиума по спектроскопии кристаллов., активированных ионами редкоземельных и переходных металлов, Л., 4-10 мая, 1970.

- II7. Брачковская Н.П., Карапетни Г.О., Реймахрит А.Л., Толстой М.Н., Люминесценция неодима в щелочносиликатных стеклах, Тезисы докладов III симпозиума по спектроскопии кристаллов, Л., 4-10 мая, 1970.
- II8. Милуков Е.М., Рейшахрит А.Л., Толстой М.Н., Кинетика свечения неодима в ликвирующих щелочногерманатных стеклах, Тезисы докладов III симпозиума по спектроскопии кристаллов, Л., 4-10 мая, 1970.
- II9. Буркат Т.М., Галант Е.И., Спектрально-кинетические свойства неодима в стеклах при аличии ликвации и координационных перестроек Тезисы докладов III симпозиума по спектроскопии кристаллов, Л., 4-10 мая, 1970.
- I20. Голубцов Л.С., и др. Спектрально-люминесцентные свойства ортофосфатной и фторобериллатных стекол, активированных ионами. Тезисы докладов III симпозиума, Л., 4-10 мая, 1970.
- I21. Бацанов С.С. и др. Исследование спектральных свойств иона в кристаллах и стеклах, тезисы доклада III симпозиума по спектроскопии кристаллов, Л., 4-10 мая, 1970.
- I22. Милуков Е.М., Рейшахрит А.Л., Толстой М.Н., Кинетика свечения неодима в ликвирующих щелочногерманатных стеклах, Тезисы докладов III симпозиума по спектроскопии кристаллов, Л., 4-10 мая, 1970.
- I23. Евстропьев К.С., Торопов Н.А., Химия кремния и физическая химия силикатов, М., Промстройиздат, 1956.
- I24. Карапетин Г.О., Рейшахрит А.Л., Люминесцирующие стекла как материала для ОКГ, Неорганические материалы, №2, 217, 1967
- I25. Д.И. Клаудер, Э. Сударман. Основы квантовой оптики, из-во "Мир", 1970
- I26. Квантовая электроника, из-во "Советская энциклопедия", М., 1969
- I27. А.А. Чечулин Волновые процессы, физматгис, 1959
- I28. Ф.А. Королев, Теоретическая оптика, из-во "Вышая школа", М., 1966.
- I29. Р.В. Поль Оптика и автоматная физика, из-во "Наука", М., 1966
- I30. Р.В. Поль Оптика, из-во и.л., изд. 4, 1969.
- I31. Р.В. Поль Электричество, 1971

132. М.Борн, Э.Вольф. Основы оптики, из-во "Наука" 1970
133. М.Шуберт, Б.В.Вильгельм Введение в нелинейную оптику, "Мир", 14, 1973
134. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц Электродинамика сплошных сред. М., 1959
135. С.А.Ахманов, Р.В.Хохлов, Проблемы нелинейной оптики, М., 1965.
136. Н.Б.Бломберген, Нелинейная оптика, из-во "Мир", 1966
137. *G. Kerperler, "Glastechnische Berichte", 1932, № 10, стр 37-40*
138. *W. Turner, V. Dimbleby, "J. Soc. Glas. Technol.", 1929, № 39, стр. 304.*
139. И.М.Китайгородский, А.С.Ланде. Сб. Влияние хим. состава на некоторые физ. хим. свойства стекла, М., 1934.
140. А.А.Зак Там же.
141. В.Г. Воано, А.А.Аппену. Оптико-механич. промышленность, 1932, № 12
142. И.М.Китайгородский. Технология стекла, т. I, М., 1939.
143. О.К.Ботвинкин, Б.В.Тарасов. Стекло и керамика, 1954, № 6.
144. К.Т.Бондарев. Стекло и керамика, 1954, № 7
145. И.И.Китайгородский. Стекло и стекловарение, 1950
146. Б.Лонг Физические свойства и варка стекла., М., 1938.
147. О.С.Молчанова. Оптико-механическая промышленность, 1937, № 8.
148. С.И.Ооффе Журнал прикладной физики, 1930, № 7
149. С.К.Дуброва. Ж.П.Х., 1947, № 20.
150. Н.А.Тюремнова, С.Г.Лиознянская. Стекло и керамика, 1950, № II.
151. Н.В.Суйковская. Оптико-механическая пром., 1939, № 8.
152. Б.Н.Москвин. Оптико-механ. промышлен., 1937, № 5
153. В.С.Молчанов. Оптико-механ. промышленность, 1941, № 2
154. И.В.Гребенщиков, Г.Н.Фавровская. Труды ГОИ, 1931, № 7
155. В.П.В.Н.Борзаковская, С.К.Дуброво. Физ. хим. свойства глазурей высоковольтного фарфора, м., 1953.
156. С.Е.Савицкий и др. Исследование полидисперсных систем физическими методами, Минск, 1971.

157. С.Г.Ковчур. Исследование влияния окиси празелдима в присутствии на спектральную абсорбцию и некоторые физ.хим. свойства стекол. Диссертация, 1968, Минск.

158. В.А.Федорова и др. ДАН, СССР. 1973, т. 208, № 2

159. С.Г.Ковчур и др., Стекло и керамика, 1975, № 7

160. С.Г.Ковчур, Стекло и керамика, 1963, № 5

161. А.А.Аппен, Некоторые общие закономерности изменения свойств силикатных стекол в зависимости и от их состава. Докт.диссерт. Л., 1953

162. А.К.Яркинд, Сб. "Стеклообразное состояние", из-во АН СССР, М., Л., 1960.

163. F. Brunnsteiner, "Glastechnische Berichte"

1960, 33, стр. 165-168.

164. E. Steinhoff, "Glastechnische Berichte"

1955, 28, стр. 205-272

165. P. Robijn, "Glastechnische Berichte",

1973, 7, стр. 148-152

166. F. Gebhardt, "Glastechnische Berichte",

1973, 7, стр. 31-34

167. F. Busby, M. Harter, "Glass Technol.", 1971, 12, стр. 113-116.

Библиотека ВГТУ

