

3. Рогинский, В. А. Фенольные антиоксиданты. Реакционная способность и эффективность / В. А. Рогинский. – М. : Химия, 1988. – 124 с.
4. Lignin as natural antioxidant capacity. Lignin Trends Appl. / Z. Mahmood [et al.]. – 2018. – P. 181–205.
5. Obst, J. R. Lignins: Structure and distribution in wood and pulp / J. R. Obst // MRS Online Proceedings Library. – 1990. – Vol. 197, № 1. – P. 11–20.
6. Инфракрасная спектроскопия полимеров : пер. с нем. / И. Дехант [и др.]. – М. : Химия, 1976. – 471 с.
7. Архилин, М. А. Адсорбционные и магнитные свойства магнитосприимчивых адсорбентов, полученных на основе гидролизного лигнина / М. А. Архилин, Н. И. Богданович // Лес. журн. Изв. высш. учеб. заведений. – 2016. – № 2. – С. 100–106.
8. Углеродные адсорбенты из гидролизного лигнина для очистки сточных вод от органических примесей / А. О. Еремина [и др.] // Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия. – 2011. – Т. 4, № 1. – С.100–106.

УДК 666.291.5

**Н. А. ГВОЗДЕВА, С. Л. РАДЧЕНКО, В. А. АШУЙКО,  
Л. Н. НОВИКОВА**

Беларусь, г. Минск, УО БГТУ

**СИНТЕЗ ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ  
ПИГМЕНТОВ СО СТРУКТУРОЙ ГРАНАТА В СИСТЕМЕ  
 $MgO-Al_2O_3-P_2O_5 (SiO_2)$**

Технический прогресс неразрывно связан с возрастающим действием техногенных веществ на окружающую среду, в результате чего происходит усиление коррозионной активности атмосферы, водной среды, почвы. Поэтому защита сооружений, техники, изделий из металлов является актуальной задачей. Одним из наиболее надежных и относительно дешевых способов антикоррозионной защиты является нанесение лакокрасочных покрытий.

В настоящее время для окраски лакокрасочных материалов используются цинковые белила, диоксид титана, оксид железа (III) (железная слодка) и др. Однако перечисленные пигменты не обладают высокой химической стойкостью и водоустойчивостью.

Неорганические фосфатные пигменты позволяют обеспечивать лакокрасочным покрытиям высокую химическую и коррозионную стойкость

благодаря диссоциации фосфатов под действием воды, проникающей в покрытие с образованием комплексной кислоты, которая реагирует с ионами железа на анодных участках. При этом на стальной поверхности образуются стабильные, прочно удерживаемые комплексные ингибиторы коррозии [1].

Принципиальным отличием предлагаемых фосфорсодержащих пигментов является их структура, полученная на основе твердофазных реакций. Кристаллическая структура таких пигментов представлена не только окрашенными фосфатами, но и другими химически стойкими фазами.

Целью данной работы является разработка способов направленного регулирования процессов структуро- и фазообразования для синтеза пигментов структуры граната  $3\text{RO} \cdot \text{R}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$  при замене  $\text{SiO}_2$  на  $\text{P}_2\text{O}_5$ , которые позволят повысить коэффициент отражения света, термическую и химическую стойкость и установить взаимосвязь температурно-временных параметров синтеза, содержания вводимого минерализатора с количеством формирующихся цветонесущих фаз, обеспечивающих насыщенную окраску и широкую цветовую гамму пигментов.

Минерализаторы оказывают существенное влияние как на кристаллическую решетку синтезируемого материала, так и на цвет пигментов. Действие минерализаторов направлено на формирование жидкой фазы, которая расшатывает кристаллическую решетку, приводя ее в активное состояние. Известно, что при введении в состав масс минерализаторов в количестве 2,5–5 мас. % температура синтеза пигментов снижается на 50–100 °С [2].

Синтез пигментов осуществлялся в системе  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5$  ( $\text{SiO}_2$ ) на основе технического глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и оксида магния, с использованием 60 %-й ортофосфорной кислоты, оксидов-хромофоров ( $\text{CoO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Дополнительно в состав масс вводили минерализатор ортоборную кислоту  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Порошки исходных компонентов подвергались тщательному совместному измельчению и перемешиванию. Подготовленные образцы обжигали в электрической печи при температурах 1100–1150–1200 °С с выдержкой температуре 1 час.

В ходе эксперимента производили эквимолекулярное замещение оксидов  $\text{MgO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на оксиды-хромофоры, а также частичное и полное замещение  $\text{SiO}_2$  на  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

В результате проведения эксперимента были получены пигменты широкой цветовой гаммы: светло-зеленого, зеленого, желтого, коричневого, серого, голубого и синего, коричнево-красного цветов. Синтезированные керамические пигменты характеризуются однотонной, яркой и насыщенной окраской. Выявлено, что оптимальная температура синтеза 1100 °С, при которой получены пигменты с яркой и насыщенной окраской. Для оптимальных составов были определены координаты цветности, доминирующая длина волны и насыщенность цвета пигментов (таблица).

Таблица – Цветовая характеристика пигментов оптимальных составов

Ион-хромофор	Координаты цветности			Длина волны, нм	Насыщенность цвета, %	Цвет пигмента
	X	Y	Z			
Co <sup>2+</sup>	0,32	0,31	0,36	485	32	синий
Ni <sup>2+</sup>	0,38	0,36	0,24	580	18	желтый
Cr <sup>3+</sup>	0,35	0,41	0,23	543	56	зеленый
Fe <sup>3+</sup>	0,34	0,39	0,26	590	28	бледно-красный

В зависимости от вида используемого хромофора пигменты имели окраску различных цветов. Синий и голубой цвет полученных кобальт-содержащих пигментов обусловлен присутствием ионов кобальта, находящихся в тетраэдрическом поле ионов кислорода и наличием образовавшейся цветонесущей фазы пирофосфата кобальта. Окраска синтезированных желтых никельсодержащих пигментов, вероятно, обусловлена тетраэдрической координацией иона никеля (II). Кроме NiO, в образцах синтезированных пигментов присутствует ортофосфат никеля, который окрашивает пигмент в желтый цвет. Пигменты, окрашенные оксидом железа (III), характеризуются коричневым цветом. Окраска, вызываемая Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, зависит не только от концентрации, но и от равновесия между комплексами железа, имеющими различную координацию, также от температуры синтеза, т. к. при синтезе фосфорсодержащих пигментов с хромофорами NiO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при увеличении температуры синтеза в некоторых составах происходит обесцвечивание пигмента вследствие образования фосфатов переходных металлов, которые при более высокой температуре обесцвечиваются [2].

По данным рентгенофазового анализа кристаллическая фаза синтезированных пигментов представлена шпинелью состава CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, также присутствуют оксиды кобальта, никеля и хрома. На рентгенограммах присутствуют ортофосфаты магния и алюминия, а также ортофосфаты и пирофосфаты переходных металлов, количество которых повышается при увеличении температуры синтеза. По мере увеличения температуры синтеза наблюдается увеличение интенсивности дифракционных максимумов шпинели и снижение интенсивности пиков, принадлежащих оксидам переходных металлов, что связано с протеканием процессов фазообразования.

Установлено положительное влияние минерализатора H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> на цветовые характеристики синтезированных пигментов. При введении минерализатора в состав пигментной массы происходит усиление насыщенности

окраски пигментов на 10–12 %, что подтверждается увеличением значений интенсивности отражения пигментов при снижении температуры их синтеза на 80–100 °С. Установлено, что пигменты, синтезированные на основе указанной системы, обладают высокой химической стойкостью к растворам 20 %-го NaOH 97,7–97,9 % и к 98 %-й H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98,3–98,6 % соответственно. Значения рН водных вытяжек оптимальных составов пигментов составляют 8,1–11.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что полученные пигменты могут быть испытаны в лакокрасочных материалах при приготовлении грунтовок и эмалей, позволяющих улучшить антикоррозионные свойства покрытий.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дринберг, А. С. Антикоррозионные грунтовокки / А. С. Дринберг, Э. Ф. Ицко, Т. В. Калининская. – СПб., 2006. – 168 с.
2. Пищ, И. В. Керамические пигменты / И. В. Пищ, Г. Н. Масленикова. – Минск : Выш. шк., 2005. – 235 с.

УДК 577.175.19

**А. И. ГУК, О. В. КОРЗЮК**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

#### **БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКИХ БРАССИНОСТЕРОИДОВ**

Давно существовало мнение, что ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота и этилен не исчерпывают весь набор фитогормонов в природе. В современном растениеводстве все большее значение приобретают методы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур за счет использования синтетических стероидов, т. к. особенностью большинства стероидов является их достаточно низкое содержание в природных объектах, что значительно усложняет, а иногда делает невозможным выделение требуемых соединений для практических целей.

Одним из очевидных решений данной проблемы является частичный либо полный химический синтез. Синтезированные вещества обладают физиологической активностью по отношению к растительному организму, однако на практике используются лишь немногие. Тормозит применение синтетических регуляторов роста недостаточная изученность механизмов их регуляторного влияния с учетом биологических особенностей растений