

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПОВЫШЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТЬЮ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Э. А. Тур¹, С. В. Басов²

¹К. т. н., доцент, заведующий кафедрой инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета, г. Брест, Республика Беларусь, e-mail: tur.elina@mail.ru

²К. т. н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета, г. Брест, Республика Беларусь, e-mail: basovs@mail.ru

Реферат

Для бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений Республики Беларусь первостепенное значение имеют условия их эксплуатации в пресной воде. Целью работы являлась разработка рецептур красок на основе полимеров с различными температурами стеклования и различным соотношением метилметакрилата и n-бутилакрилата в полимере, обладающих низким водопоглощением и повышенной устойчивостью с воздействием воды. Это позволило бы использовать их для защиты бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений. Лабораторные испытания красок продемонстрировали прямую зависимость физико-механических показателей защитных покрытий на их основе от состава и физико-химических свойств акриловых сополимеров. Правильный выбор проектных и конструкторских решений, совместная работа конструкторов и специалистов по коррозии позволяет максимально снизить коррозионную нагрузку на гидротехнические сооружения.

Ключевые слова: лакокрасочные материалы, водостойкость, защита бетонных конструкций, гидротехнические сооружения.

PAINTS WITH INCREASED WATER RESISTANCE TO PROTECT CONCRETE BUILDING STRUCTURES OF HYDRAULIC FACILITIES

E. A. Tur, S. V. Basov

Abstract

For concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures of the Republic of Belarus, the conditions of their operation in fresh water are of paramount importance. The aim of the work was to develop formulations of paints based on polymers with different glass transition temperatures and different ratios of methyl methacrylate and n-butyl acrylate in the polymer, which have low water absorption and increased resistance to water. This would allow them to be used to protect concrete and reinforced concrete hydraulic structures. Laboratory tests of paints have shown a direct dependence of the physical and mechanical properties of protective coatings based on them on the composition and physicochemical properties of acrylic copolymers. The correct choice of design and engineering solutions, the joint work of designers and corrosion specialists allows to minimize the corrosion load on hydraulic structures.

Keywords: paints, increased water resistance, protect concrete building structures, hydraulic facilities.

Введение

При разработке новых лакокрасочных материалов (ЛКМ) для защиты бетонных строительных конструкций гидротехнических сооружений, как правило, руководствуются основными факторами, определяющими агрессивность среды, а именно: параметрами климата в месте расположения объекта, условиями эксплуатации конструкции. Для воздушных сред учитывают агрессивность газов в зависимости от их вида и концентрации, наличие солей, аэрозоль и пыли; для водных сред – показатель pH, концентрацию кислорода, суммарную концентрацию сульфатов и хлоридов, жесткость, наличие биологических факторов, скорость потока и наличие в нем абразивных частиц. При учете воздействий по условиям эксплуатации различают воздействие открытой атмосферы (солнечная радиация, атмосферные осадки), постоянное воздействие пресной (речной) воды или ее периодическое воздействие (вода – воздух), воздействие морской воды длительное или периодическое (вода – воздух) [1].

Для бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений Республики Беларусь первостепенное значение имеют условия их эксплуатации в пресной воде. Природные воды имеют различные параметры, влияющие на коррозионные процессы бетонных конструкций и сооружений: жесткость (в частности, содержание гидрокарбонатов), которая зависит от самых разных причин: вида промышленных и бытовых загрязнений, природы подстилающих пород; а также солесодержание.

Основными критериями выбора ЛКМ для защиты бетонных и железобетонных конструкций и сооружений от коррозии являются: соответствие материала условиям эксплуатации, прогнозируемый срок службы до первого ремонта, условия нанесения, требования к подготовке поверхности под окраску, адгезионные свойства, физико-механические свойства, стойкость к воздействию речной воды,

стойкость к ультрафиолетовому облучению, стойкость к воздействию химических веществ; сопротивление истиранию и удару, экологичность, время высыхания при производстве работ, стойкость к воздействию бактерий (биокоррозии), простота текущих ремонтов покрытия; требования к цвету и внешнему виду покрытия, срок годности при хранении, стоимость системы защиты в целом с учетом затрат на подготовку поверхности [2, 3].

Основой любого ЛКМ является плёнкообразующий полимер. Его назначение – образовывать когезионную плёнку на минеральной или металлической подложке, обладающую определённым комплексом свойств, а также связывать все нелетучие компоненты покрытия, в особенности пигменты и наполнители, в единую гармоничную композицию [1]. В настоящее время акриловые сополимеры являются одним из универсальных плёнкообразователей для ЛКМ. Важнейшие физические свойства, обуславливающие область применения акриловых сополимеров, определяются величиной средней молекулярной массы (среднемассовой, среднечисловой), молекулярно-массовым распределением и температурой стеклования [4]. Традиционные ЛКМ для минеральных поверхностей отличаются друг от друга содержанием плёнкообразователя и объёмной концентрацией пигмента (ОКП). Композиции с низким ОКП и высоким содержанием плёнкообразователя обладают, как правило, хорошей водостойкостью.

Основная часть

Целью настоящей работы являлась разработка рецептур ЛКМ на основе полимеров с различными температурами стеклования и различным соотношением метилметакрилата и n-бутилакрилата в полимере, обладающих низким водопоглощением и повышенной устойчивостью с воздействием воды, что позволило бы использовать

ЛКМ для защиты бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений, а также хорошими физико-механическими показателями, стойкостью к ультрафиолетовому облучению и стабильностью при хранении.

В качестве наполнителей были выбраны природный карбонат кальция (мраморный порошок) различного фракционного состава и микротальк для повышения укрывистости лакокрасочного покрытия (ЛКП), в качестве пигмента – диоксид титана рутильной формы, полученный хлоридным методом. Диоксид титана рутильной формы отличается повышенной белизной благодаря поверхностной обработке оксидами алюминия, кремния и соединениями циркония, а также высокой устойчивостью к фотоокислительной деструкции. Более высокий коэффициент преломления обеспечивает пигменту рутильной модификации большую укрывистость, что является его основным преимуществом по сравнению с анатазом [5].

Рецептуры содержали комплекс функциональных добавок: диспергаторы, пластификаторы, агенты реологии, альгидид, обеспечивающий биозащиту ЛКП. Для получения покрытия с эффектом скатывания капель (эффект «лотоса») в композиции была включена гидрофобизирующая добавка. В состав ЛКМ для предотвращения разрушения ЛКП под действием биокоррозии добавляли соединения с альгидидной или фунгицидной активностью. Во избежание образования дефектов покрытия (кратеры, «рыбий глаз», ячейки Бенарда) требуется оптимальный выбор содержания функциональных добавок [6].

Процесс испарения растворителя влияет на образование пленки ЛКМ. В процессе высыхания полимерные частицы сближаются и, по мере испарения растворителя, контактируя друг с другом, образуют гель. На этой стадии резко повышается вязкость материала. При дальнейшем испарении растворителя из пленки адсорбционно-сольватные оболочки на поверхности глобул разрушаются, капиллярное давление и поверхностное натяжение прижимают частицы друг к другу, сильно деформируя их. Частицы теряют шарообразную форму и принимают вид плотно уложенных многогранников; образуется так называемая «псевдопленка». На последней стадии полимерные цепи диффундируют через границы соприкосновения частиц. В результате межфазная граница ликвидируется, полимерные частицы сливаются (коалесцируют) в точках соприкосновения, образуя сплошную пленку [7].

Физико-химические показатели пленкообразователей ЛКМ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели пленкообразователей ЛКМ

Показатель	Полимер № 1 (Россия)	Полимер № 2 (США)	Полимер № 3 (Нидерланды)	Полимер № 4 (Германия)
Температура стеклования (средняя точка, T _g), °С	60	63	62	61
Среднемассовая молекулярная масса Mw (±2)	59 000	60 000	60 000	60 000
Содержание метилметакрилата в полимере, % по массе	23,0	33,0	28,0	26,0
Кислотное число, мг КОН/г 40 %-го раствора полимера в толуоле	8,2	6,2	6,3	6,9
Твердость свободной пленки полимера по Кёнигу, абс. ед.	10	15	14	13
Вязкость 40 %-го раствора полимера в толуоле по вискозиметру Брукфилда RV DV-II (шпindelъ 2, скорость 60 об/мин, 25 °С), мПа·с	390	425	412	408

Раствор полимера № 1, обладающего более низким содержанием метилметакрилата в полимере, имеет наименьшую динамическую вязкость, что свидетельствует о более низкой молекулярной массе полимера, более высокое кислотное число, что свидетельствует о гораздо большем количестве концевых групп полимерной цепи [8]. Следствием этого явилась самая низкая твердость по Кёнигу свободных пленок полимера № 1. Этот показатель прочности полимерных пленок является крайне важным и входит в технические требования, предъявляемые к лакокрасочным материалам, работающим под нагрузкой.

На основе данных полимеров на лабораторном диссольвере были изготовлены краски для минеральных поверхностей по идентичным, отработанным и оптимизированным рецептурам. Краски содержали достаточно высокое количество пигментов и наполнителей, равномерно распределённых в полимерной матрице. В состав композиции вошли 12–13 масс.% полимера, 18–19 масс.% толуола, 0,5–0,7 масс.% диспергатора, 2,5–2,7 масс.% пластификатора, 11–12 масс.% диоксида титана рутильной формы, 45–49 масс.% микромраморного наполнителя и комплекс функциональных добавок.

Так как высоконаполненные краски – это многокомпонентные гетерогенные системы с высокоразвитыми поверхностями раздела фаз, механизм формирования покрытий достаточно сложен. Без проведения предварительных лабораторных испытаний проблематично судить о стойкости покрытия как к статическому воздействию воды, так и к воздействию щелочных сред (новые бетонные и железобетонные конструкции и изделия гидротехнических сооружений). Многие эксплуатационные показатели напрямую зависят не только от рецептуры, но и от физико-химических свойств пленкообразующего полимера [9]. Результаты лабораторных испытаний красок, изготовленных на основе акриловых сополимеров и произведенных по стандартным методикам [10, 11], приведены в таблице 2.

Массовую долю нелетучих веществ, коэффициент диффузного отражения, водопоглощение и твердость определяли на стекле для фотографических пластинок размером 90x120x2 мм. Эластичность определяли на пластинках прямоугольной формы из алюминиевых лент размером 150x20 мм, толщиной 0,25–0,32 мм. Для определения коэффициента диффузного отражения, эластичности, времени высыхания краски наносили в один слой толщиной 90–120 мкм. Для определения твердости и адгезии к стеклу краски наносили в два слоя толщиной 200–250 мкм. Продолжительность сушки каждого слоя – 1 ч при температуре (20±2) °С. Для определения адгезии краски наносили на подложку в два слоя кистью или аппликатором. Продолжительность сушки каждого слоя составляла 10 мин. После нанесения второго слоя на краски сразу же накладывали стеклоткань, заранее обезжиренную ацетоном и высушенную, таким образом, чтобы оставшийся свободным участок стеклоткани мог быть отогнут в противоположном направлении на длину, превышающую длину подложки на 20–30 мм. Стеклоткань плотно прижимали кистью к подложке и поверх нее наносили один слой краски толщиной 80–120 мкм, полностью смачивая стеклоткань и удаляя все неровности и пузыри. Общая толщина сухой пленки под стеклотканью 150–200 мкм. Адгезию определяли методом отслаивания. Для определения укрывистости материалы наносили послойно. Толщина мокрого слоя – 20 мкм. Первый и последующие слои сушили в течение 10 мин при температуре (20±2) °С. Количество образцов для испытания каждого показателя – не менее 5 [10].

При определении массовой доли нелетучих веществ навеску краски массой (2,0±0,2) г выдерживали в течение 3 ч в термощкафу при температуре (105±2) °С, после чего взвешивали. Последующее взвешивание осуществляли через каждые 30 мин до достижения постоянной массы. Коэффициент диффузного отражения определяли на приборе ФБ-2 с геометрией 45°/0°. Измерения производили согласно инструкции к прибору. Укрывистость определяли по методу шахматной доски. После полного укрытия окрашенную стеклянную пластинку сушили в течение 1 ч при температуре (20±2) °С и взвешивали с точностью до 0,0002 г.

Стойкость ЛКП к статическому воздействию воды определяли согласно [9], по методу А. В эксикатор с дистиллированной водой на специальных подставках, изготовленных из химически стойкого материала, вертикально помещали образцы на 2/3 высоты или целиком. Расстояние между образцами и стенками эксикатора составляло

не менее 10 мм. После испытания покрытие выдерживали перед осмотром при температуре (20±2) °С в течение 30 мин. Не наблюдалось отслаивания покрытия от подложки, пожелтения, сморщивания, появления мелких и крупных пузырей. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края покрытия, не учитывали.

Условную светостойкость определяли согласно [10], метод 2. ЛКП облучали ртутно-кварцевой лампой типа ПРК-2 в течение 24 часов. Испытания проводили в течение 8 ч в сутки с максимальными перепадами не более 48 ч.

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний красок

Наименование показателя	Величина показателя			
	Краска на основе полимера			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 с соплом 4 мм при t = 21 °С, с	82	92	90	88
Массовая доля нелетучих веществ, %	77	77	77	77
Время высыхания до степени 2, мин	6	6	6	6
Время высыхания до степени 3, мин	10	8	9	9
Коэффициент диффузного отражения (белизна), %	85,2	85,3	85,3	85,2
Укрывистость высушенной пленки, г/м ²	155	155	155	155
Эластичность пленки при изгибе через 48 часов, Ø стержня, мм	12	10	12	12
Твердость пленки эмали по прибору ТМЛ, маятник А (по Кёнигу) через 48 часов, усл. ед.	0,23	0,27	0,25	0,23
Адгезия к цементобетону, Н/см, не менее	9,7	9,9	9,7	9,7
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды, ч	более 72	более 72	более 72	более 72
Условная светостойкость (изменение коэффициента диффузного отражения) после 168 ч облучения, %	1,1	0,9	1,1	1,1
Устойчивость лакокрасочного покрытия к действию 10%-го водного раствора NaOH в течение 24 часов	нет	устойчиво	устойчиво	нет

Дополнительно было исследовано водопоглощение ЛКМ на различных пленкообразователях в нескольких комбинациях пленкообразователя, пигментов, наполнителей и функциональных добавок.

Водопоглощение определяли на стеклянных подложках. Толщина сухого слоя составляла 370-380 мкм. Полученные покрытия сушили 24 ч при температуре (20±2) °С, погружали в дистиллированную воду и выдерживали в термостате 24 ч при (20±2) °С. После извлечения из воды стеклянные пластинки с покрытиями осушали фильтровальной бумагой и взвешивали с точностью до 0,001 г. Водопоглощение W(%) рассчитывали по формуле (1):

$$W = (m_2 - m_1) \cdot 100 / (m_1 - m_0), \quad (1)$$

где m₀ – масса чистой пластинки, г;

m₁ – масса пластинки с покрытием до испытания, г;

m₂ – масса пластинки с покрытием после испытания, г.

За результат принимали среднее арифметическое трёх параллельных измерений, округлённых до 0,1 г. Допускаемое расхождение между измерениями не превышало 10 % относительно среднего результата.

Результаты определения водопоглощения ЛКП приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты определения водопоглощения ЛКП

Исследуемое ЛКП	Водопоглощение, %, через			
	1 сут	2 сут	3 сут	7 сут
Полимер № 1 (Россия), Рецептура № 1	0,36	0,50	0,53	0,73
Полимер № 1 (Россия), Рецептура № 2	0,45	0,64	0,716	0,94
Полимер № 1 (Россия), Рецептура № 1	0,37	0,49	0,51	0,66
Полимер № 2 (США), Рецептура № 1	0,23	0,3	0,24	0,34
Полимер № 2 (США), Рецептура № 2	0,27	0,38	0,38	0,5
Полимер № 2 (США), Рецептура № 3	0,208	0,301	0,315	0,45
Полимер № 3 (Нидерланды), Рецептура № 1	0,23	0,34	0,32	0,54
Полимер № 3 (Нидерланды), Рецептура № 2	0,265	0,38	0,38	0,58
Полимер № 3 (Нидерланды), Рецептура № 3	0,21	0,4	0,48	0,68
Полимер № 4 (Германия), Рецептура № 1	0,35	0,485	0,57	0,86
Полимер № 4 (Германия), Рецептура № 2	0,368	0,53	0,58	0,86
Полимер № 4 (Германия), Рецептура № 3	0,364	0,53	0,59	0,895

Стабильность краски при хранении определяли ускоренным методом. Образец краски помещали в металлическую тару объёмом 0,5 л и плотно закупоривали. Степень заполнения тары составляла около 80 % её объёма. Затем образец ставили в термощаф и выдерживали при температуре (60±2) °С в течение 120 ч. Перед осмотром материал охлаждали до температуры (20±2) °С в течение 2–3 ч. Аккуратно открывали крышку, осторожно погружали шпатель в ёмкость с краской до дна, визуально оценивали наличие расслоения, образования осадка и/или других отклонений по сравнению с контрольным образцом, хранившимся при температуре (20±2) °С в течение 120 ч. Оценку производили в баллах [11]. Критерии оценки состояния материала при визуальном осмотре приведены в таблице 4. Материалы, получившие оценку ниже 3 баллов, считали не выдержавшим испытание.

Таблица 4 – Критерии оценки стабильности при хранении

Баллы	Описание состояния образца краски
6	Идеальная композиция. Состояние материала не изменилось по сравнению с контрольным образцом.
5	Незначительное уменьшение вязкости материала в поверхностном слое, незначительное явление синерезиса. Отсутствие осадка. Материал легко перемешивается до первоначального состояния.
4	Незначительное явление синерезиса в поверхностном слое. Незначительное образование мягкого, легко размешиваемого осадка. Материал без труда перемешивается до первоначального состояния.
3	Явление синерезиса в поверхностном слое. Образование размешиваемого осадка. Материал перемешивается до первоначального состояния с незначительными усилиями.
2	Явление синерезиса в поверхностном слое, разделение пигментов в материале, выбеливание на поверхности материала. Образование твёрдого трудноразмешиваемого осадка. Перемешивание до однородной массы возможно с большим трудом.
1	Образование твёрдого или резиноподобного, не размешиваемого осадка. Невозможно перемешивание до однородной массы.

Все исследованные успешно выдержали испытания на тест «стабильность при хранении».

Исследование твердости полимерных плёнок (по Кёнигу) выявили значительные различия между сополимерами, применяемыми в качестве пленкообразователя. Плёнка сополимера с более высокой температурой стеклования и, соответственно, с более высоким содержанием метилметакрилата, показала самую высокую твердость.

Определяющими показателями при лабораторных испытаниях красок и ЛКП явились не только твердость, но и адгезия отвержденного покрытия к подложке и водопоглощение [12, 13]. Согласно данным таблицы 3, несомненно, лучшими физико-механическими показателями обладает ЛКП на основе полимера № 2, имеющего большее содержание метилметакрилата. Его полимерная плёнка обладает более высокой твердостью и адгезией к подложке по сравнению с другими композициями. Низкое водопоглощение данной плёнки свидетельствует о более высокой её сплошности, низкой пористости и в сочетании с высокой светостойкостью (низким изменением коэффициента диффузного отражения) даёт возможность предположить, что при эксплуатации такой материал для бетонных и железобетонных конструкций и сооружений будет обладать также и более высокой долговечностью.

Заключение

Отличительной особенностью ЛКП на основе полимера с более высоким содержанием метилметакрилата и меньшим количеством концевых групп полимерной цепи (№ 2) является низкое водопоглощение в сочетании с высокими физико-механическими показателями. Кроме того, лучшая из красок (на основе полимера № 2) показала устойчивость ЛКП к действию 10 %-го водного раствора NaOH в течение 24 часов, что является крайне важным при нанесении материалов на свежий бетон и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений, постоянно работающих с водой под напором и склонных к коррозии бетона I вида (по Москвину) – коррозии выщелачивания. Высокая светостойкость ЛКП, которая является важнейшим показателем, характеризует устойчивость ЛКП к атмосферным воздействиям (воздействию ультрафиолетового излучения, атмосферного кислорода, кислотных дождей, колебаний температуры).

Правильный выбор проектных и конструкторских решений, совместная работа конструкторов и специалистов по коррозии позволяет максимально снизить коррозионную нагрузку на гидротехнические сооружения.

Список цитированных источников

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – М. : Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Сарачук, М. Д. Лакокрасочные материалы на защите гидротехнических сооружений / М. Д. Сарачук // Гидротехника. – 2014. – № 2. – С. 64–66.
3. Тур, Э. А. Защита от коррозии строительных конструкций, используемых в водохозяйственном строительстве / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 111–114.
4. Зотова, Н. С. Применение акриловых смол при производстве лакокрасочных материалов / Н. С. Зотова // Лакокрасочная промышленность. – 2008. – № 9. – С. 20–21.
5. Скороходова, О. Н. Неорганические пигменты и их применение в лакокрасочных материалах / О. Н. Скороходова, Е. Е. Казакова. – М. : Пэйнт-Медиа, 2005. – 264 с.
6. Крыжановский, В. К. Технические свойства полимерных материалов / В. К. Крыжановский. – СПб.: Профессия, 2003. – 203 с.
7. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
8. Ростиашвили, В. К. Стеклование полимеров / В. Г. Ростиашвили, В. И. Иржак, Б. А. Розенберг. – Л.: Химия, 1987. – 192 с.
9. Привалко, В. П. Молекулярное строение и свойства полимеров / В. П. Привалко. – Л. : Химия, 1986. – 240 с.
10. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М. : Химия, 1988. – 272 с.

11. Европейское руководство по качеству / под ред. У. Цорллы ; пер. с англ. под ред. проф. Л. Н. Машляковского. – М. : Пэйнт-Медиа, 2004. – 578 с.
12. Тур, Э. А. Влияние состава акриловых сополимеров на физико-механические, технологические и эксплуатационные показатели экологических разметочных материалов / Э. А. Тур, Н. М. Голуб // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 125–129.
13. Тур, Э. А. Влияние физико-химических свойств акриловых сополимеров на эксплуатационные показатели защитных покрытий, применяемых в водохозяйственном строительстве / Э. А. Тур // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 68–74.

References

1. Brok, T. Evropejskoje rukovodstvo po lakokrasochnym materia-lam i pokrytijam / T. Brok, M. Groteklau, P. Mishke. – M. : Pejnt-Media, 2004. – 548 s.
2. Sarachuk, M. D. Lakokrasochnye materialy na zashchite gidrotekhnicheskikh sooruzhenij / M. D. Sarachuk // Gidrotehnika. – 2014. – № 2. – S. 64–66.
3. Tur, E. A. Zashchita ot korrozii stroitel'nykh konstrukcij, ispol'zuemyh v vodohozyajstvennom stroitel'stve / E. A. Tur, S. V. Basov // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2018. – № 2: Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geokologiya. – S. 111–114.
4. Zotova, N. S. Primenenie akrilovykh smol pri proizvodstve lakokrasochnykh materialov / N. S. Zotova // Lakokrasochnaya promyshlennost'. – 2008. – № 9. – S. 20–21.
5. Skorohodova, O. N. Neorganicheskie pigmenty i ih primene-nie v lakokrasochnykh materialah / O. N. Skorohodova, E. E. Kazakova. – M. : Pejnt-Media, 2005. – 264 s.
6. Kryzhanovskij, V. K. Tekhnicheskie svojstva polimernykh materialov / V. K. Kryzhanovskij. – SPb.: Professiya, 2003. – 203 s.
7. Stojе, D. Kraski, pokrytiya i rastvoriteli / D. Stojе, V. Frejtag. – SPb. : Professiya, 2007. – 528 s.
8. Rostiashevili, V. K. Steklovaniye polimerov / V. G. Rostia-shvili, V. I. Irzhak, B. A. Rozenberg. – L.: Himiya, 1987. – 192 s.
9. Privalko, V. P. Molekulyarnoe stroenie i svojstva polime-rov / V. P. Privalko. – L. : Himiya, 1986. – 240 s.
10. Karyakina, M. I. Ispytanie lakokrasochnykh materialov i pokrytij / M. I. Karyakina. – M. : Himiya, 1988. – 272 s.
11. Evropejskoje rukovodstvo po kachestvu / pod red. U. Corlly ; per. s angl. pod red. prof. L. N. Mashlyakovskogo. – M. : Pejnt-Media, 2004. – 578 s.
12. Tur, E. A. Vliyaniye sostava akrilovykh sopolimerov na fi-ziko-mekhanicheskie, tekhnologicheskie i ekspluatatsionnye pokazateli ekologichnykh razmetochnykh materialov / E. A. Tur, N. M. Golub // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – № 2: Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geokologiya. – S. 125–129.
13. Tur, E. A. Vliyaniye fiziko-himicheskikh svojstv akrilovykh sopolimerov na ekspluatatsionnye pokazateli zashchitnykh pokrytij, primenyaemyh v vodohozyajstvennom stroitel'stve / E. A. Tur // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2017. – № 2: Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geoko-logiya. – S. 68–74.

Материал поступил в редакцию 25.01.2022