

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.32>

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ФОСФОГИПСА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Научная статья

Ульянова В.А.<sup>1</sup>, Арзуманова А.В.<sup>2</sup> \*

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-2341-4006;

<sup>1,2</sup> Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (anna-npi[at]yandex.ru)

### Аннотация

В работе изучена возможность получения лакокрасочных материалов с применением в качестве наполнителя фосфогипса и синтезированного на его основе ультрафиолетового пигмента. Фосфогипс занимает ведущее место по объему накопления среди промышленных отходов, содержащих сульфат кальция, что создает условия нарастания научного и практического интереса к возможным путям решения проблемы его утилизации. В этой связи актуальным является поиск дешевых эффективных наполнителей лакокрасочных материалов, получаемых на основе переработки отходов производства. В ходе выполненного исследования установлено, что термообработанный в присутствии восстановителя фосфогипс, проявляющий свойства ультрафиолетового пигмента, может быть использован для получения лакокрасочных материалов на водной и неводной основе.

**Ключевые слова:** наполнитель лакокрасочных материалов, отход промышленности, фосфогипс, ультрафиолетовые пигменты, переработка отходов.

## STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING RECOVERED PHOSPHOGYPSUM TO PRODUCE COATING MATERIALS

Research article

Ulyanova V.A.<sup>1</sup>, Arzumanova A.V.<sup>2</sup> \*

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-2341-4006;

<sup>1,2</sup> M.I. Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

\* Corresponding author (anna-npi[at]yandex.ru)

### Abstract

The work studies the possibility of obtaining coating materials with the use of phosphogypsum as a filler and ultraviolet pigment synthesized on its basis. Phosphogypsum takes the leading place by the volume of accumulation among industrial wastes containing calcium sulphate, which creates conditions for the growth of scientific and practical interest in possible ways of solving the problem of its utilization. In this regard, the search of cheap effective fillers of coating materials, obtained on the basis of processing of industrial wastes, is relevant. In the course of the research it was established that phosphogypsum heat-treated in the presence of reducing agent, showing the properties of ultraviolet pigment, can be used to produce coating materials on aqueous and non-aqueous basis.

**Keywords:** coating material filler, industrial waste, phosphogypsum, ultraviolet pigments, waste recycling.

### Введение

Пигменты или наполнители представляют собой специальные мелкодисперсные вещества, добавляемые к лакокрасочным материалам с целью улучшения их ключевых свойств и снижения стоимости [1].

Поиск эффективных наполнителей является актуальной задачей химической технологии. В работе [2] было проведено изучение восприимчивости к солнечному свету 10 красок различного состава, обычно используемых городскими художниками. Их нанесли на бетон и кирпич и подвергли старению искусственным солнечным светом в лабораторных условиях. Изучали изменение цвета с течением времени, а также минералогические и физические свойства. Показано, что стойкость красок на этих подложках зависит, главным образом, от состава краски (основы, пигмента и наполнителя), а также от типа основания, так как он влияет на адгезию краски. Наибольшая модификация окраски выявлена у флуоресцентных красок, которые теряют цвет из-за разрушения органической фазы, а при увеличении дефектов при высыхании со временем отслаиваются от подложки.

В качестве наполнителей красок для снижения их стоимости используются отработанные отходы стали и магнетита [3], [4], тальк [5], оксидные соединения [6], [7], [8]. Наполнители полимерных материалов помогают контролировать заданные параметры. Например, каолинит обладает выраженными реологическими свойствами, которые помогают поддерживать надлежащую дисперсность и придают объем продукту [9]; маслопоглощающая способность глины помогает контролировать загрузку наполнителя; гранулометрический состав – плотность упаковки, стойкость к истиранию и растекание в красках [10]; вязкость способствует тиксотропности и стойкости краски к оседанию [11].

В последние десятилетия усилилась тенденция обострения проблем геэкологического характера, обусловленных, в первую очередь, экстенсивной формой природопользования, ухудшением экологической обстановки, вызванной рядом причин [12], [13], в том числе – нерациональным ведением многих отраслей природопользования [14].

Фосфогипс занимает ведущее место по объему накопления среди промышленных отходов, содержащих сульфат кальция, что создает условия нарастания научного и практического интереса к возможным путям решения проблемы его утилизации.

В этой связи актуальным является поиск дешевых эффективных наполнителей лакокрасочных материалов, получаемых на основе переработки отходов производства.

Целью работы являлось изучение возможности получения лакокрасочных материалов с применением в качестве наполнителя ультрафиолетового пигмента, полученного на фосфогипса.

### Методы и принципы исследования

Синтез ультрафиолетового (УФ) пигмента из фосфогипса осуществляли по методике, описанной в [15], [16]. Фосфогипс и восстановитель отвешивали с точностью до 0,005 г на технических электронных весах, гомогенизировали в смесителе мощностью 0,45 кВт со скоростью 1500 об/мин, после чего помещали в алундовых тиглях в рабочее пространство муфельной печи, где производили их термообработку по следующим режимам: нагрев образцов со скоростью 13 К/мин до температуры прокалики, которая составляла 800 °С, 900 °С, 1000 °С. Далее следовала выдержка в течение 60 мин. По окончании термообработки – охлаждение образцов вместе с печью до комнатной температуры.

Для получения лакокрасочных материалов в готовую матрицу вводили определенное количество УФ пигмента, наносили на поверхность гипсокартона. После полного высыхания визуально оценивали качество лакокрасочного покрытия и его люминесцентную способность.

Для оценки качества покрытия его выдерживали до полного высыхания (не менее 2 ч), далее оценивали его визуально при дневном или электрическом освещении.

Перед введением пигментов провели их гранулометрический состав с помощью ситового анализа, крупные фракции растирали в агатовой ступке в течение 20 мин до пудрообразного состояния.

### Основные результаты

Минерал фосфогипс представляет собой мелкодисперсный порошок белого цвета. В обычном состоянии при облучении его ультрафиолетовым светом люминесценция не отмечена. В присутствии влаги фосфогипс может подвергаться слеживанию. В этой связи для получения наполнителя исходный материал подвергали термообработке при температуре 800 °С. В результате получается порошок обожженного материала, рассыпчатый, белого цвета, не гигроскопичный. В таком состоянии термообработанный фосфогипс может быть использован в качестве инертного наполнителя лакокрасочных материалов.

Проведение процесса термообработки в присутствии углеродсодержащего вещества приводит к формированию композиционного материала сульфат кальция/сульфид кальция. При облучении ультрафиолетовым светом восстановленный фосфогипс испускает свечение желто-оранжевого цвета. Полученные с применением разработанного способа УФ пигменты были использованы для получения лакокрасочных материалов на водной (дисперсная латексная краска белая) и неводной (эмаль белая ПФ-115) основе. Введение полученного пигмента в полимерную матрицу незначительно снижает люминесцентную способность пигмента.

В табл. 1 и 2 приведены рецептуры разработанных лакокрасочных материалов (полимерной (или водной)) основы во всех экспериментах использовали фиксированное количество – 10 мл.

Таблица 1 - Составы лакокрасочных материалов на водной основе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.32.1>

Обозначение	Кол-во ультрафиолетового пигмента, г	Кол-во фосфогипса, г	Интенсивность свечения при УФ-освещении, отн. ед
ДЛК-1	0,5	-	0,4
ДЛК-2	1,0	-	0,7
ДЛК-3	1,5	-	0,8
ДЛК-4	2,0	-	1,0
ДЛК-5	-	1,0	0

Таблица 2 - Составы лакокрасочных материалов на неводной основе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.32.2>

Обозначение	Кол-во ультрафиолетового пигмента, г	Кол-во фосфогипса, г	Интенсивность свечения при УФ-освещении, отн. ед
ЭБ-1	0,5	-	0,4
ЭБ-2	1,0	-	0,5
ЭБ-3	1,5	-	0,7

Обозначение	Кол-во ультрафиолетового пигмента, г	Кол-во фосфогипса, г	Интенсивность свечения при УФ-освещении, отн. ед
ЭБ-4	2,0	-	0,9
ЭБ-5	-	1,0	0

Внешний вид покрытий, полученных с использованием описанных в табл. 1 и 2 лакокрасочных материалов, при дневном освещении приведен на рис. 1.

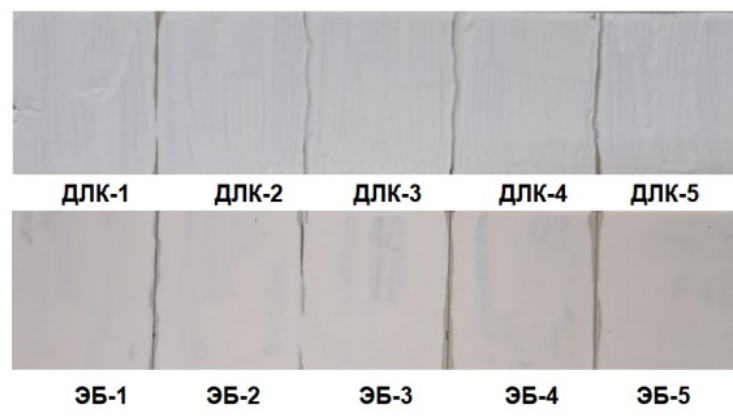


Рисунок 1 - Внешний вид покрытий при дневном освещении  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.32.3>

На рис. 2 приведены фотографии покрытий при облучении ультрафиолетовым светом.

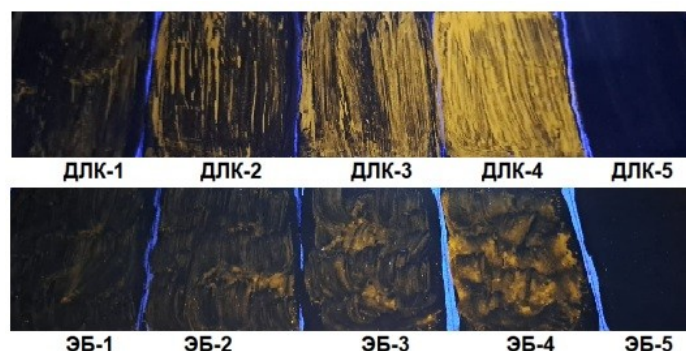


Рисунок 2 - Внешний вид покрытий при ультрафиолетовом освещении  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.32.4>

### Обсуждение

Согласно проведенным исследованиям, получаются покрытия с хорошей укрывной способностью. С увеличением количества введенного наполнителя укрывная способность лакокрасочных материалов становится лучше. Согласно наблюдениям, адгезия лакокрасочного покрытия к поверхности гипсокартона в модельном эксперименте была высокая. Разработанный пигмент и полимерная основа обладают заметной когезией, распределение пигмента в матрице равномерное. Покрытие во всех изученных образцах было сплошным, без потёков, морщин, наплывов, постороннего мусора. С увеличением количества наполнителя в лакокрасочном материале вязкость системы, как и сухой остаток, увеличивались. В случаях максимального количества введенного наполнителя и УФ-пигмента было отмечено затруднение растекания лакокрасочного материала.

При облучении излучением с длиной волны ультрафиолетового диапазона, полученные покрытия излучают желто-оранжевое свечение. С увеличением количества ультрафиолетового пигмента в составе лакокрасочного материала люминесцентная способность становится более выраженной. Образец с введенным фосфогипсом в качестве наполнителя (ДЛК-5, ЭБ-5) люминесцентной способностью не обладает.

Повышение количества наполнителя в составе лакокрасочного материала сопровождается снижением текучести краски, что может в дальнейшем негативно сказываться на качестве покрытий. В изученном диапазоне введенного количества ультрафиолетового пигмента (от 5 до 20 % (масс.)) оказалось достаточным для получения композиций с

хорошей укрывной способностью и выраженным желто-оранжевым свечением при облучении ультрафиолетовым светом. Данный результат воспроизводится с любым изученным лакокрасочным материалом.

Полученные результаты открывают широкие возможности по разработке технологии утилизации отходов химической промышленности в доступные продукты с высокой добавочной стоимостью. Помимо очевидного экономического эффекта, параллельно решаются ряд экологических и социальных вопросов, связанных с высвобождением земель под хозяйственные нужды, снижения техногенного воздействия на окружающую среду, оздоровления природных ландшафтов.

### Заключение

На основании изучения возможности использования восстановленного фосфогипса в качестве наполнителя лакокрасочных материалов можно заключить следующее.

1. Восстановленный фосфогипс, проявляющий свойства ультрафиолетового пигмента, может быть использован для получения лакокрасочных материалов на водной и неводной основе.
2. С увеличением количества ультрафиолетового пигмента в составе лакокрасочного материала люминесцентная способность становится более выраженной.

### Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания, проект FENN-2024-0006 «Разработка технологии неорганических ультрафиолетовых красителей».

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Funding

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment, the FENN-2024-0006 project "Development of technology for inorganic ultraviolet dyes".

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Svyatchenko A.V. Techno-genic fillers in the composition of modern polymer paints / A.V. Svyatchenko, N.Y. Kiryushina, O.N. Sharapov // *Solid State Phenomena*. — 2020. — 299. — p. 60-65. — DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.299.60.
2. Alonso-Villar E.M. Resistance to artificial daylight of paints used in urban artworks. Influence of paint composition and substrate / E.M. Alonso-Villar, T. Rivas, J.S. Pozo-Antonio // *Progress in Organic Coatings*. — 2021. — 154. — p. № 106180.
3. Calovi M. Evaluating the versatility of stainless steel flakes and magnetite powder as polyvalent additives for wood paints. / M. Calovi, S. Rossi // *Journal of Materials Research and Technology*. — 2024. — 29. — P. 1010-1024.
4. Тарасова Г.И. Рациональный способ получения пигментов - наполнителей из металлосодержащих промышленных отходов / Г.И. Тарасова // *Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова*. — 2012. — 2.
5. Фатьянова Н.В. Особенности процесса подготовки высокодисперсных порошков талька / Н.В. Фатьянова // *Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития*. — 2020. — 1.
6. Зиганшина М.Р. Эксплуатационные свойства эпоксидных покрытий на основе смолы Э-40, наполненных марганецсодержащим пигментом / М.Р. Зиганшина, Э.А. Байбурина, Э.Т. Азизова // *Вестник Казанского технологического университета*. — 2015. — 1.
7. Силаева А.А. Влияние размеров армирующего наполнителя на технологические и функциональные свойства ЛКМ / А.А. Силаева, В.А. Кузнецова, Е.В. Куршев и др. // *Материаловедение*. — 2022. — 2. — с. 32-38.
8. Дувалов А.Л. Анализ основных пигментов и наполнителей, поставляемых для отечественных ЛКМ. / А.Л. Дувалов, Н.А. Шаповалов, А.Ф. Нечаев // *Лакокрасочные материалы и их применение*. — 2009. — 7. — С. 8-10.
9. Ahmed N.M. Comparative study on the role of kaolin, calcined kaolin and chemically treated kaolin in alkyd-based paints for protection of steel. / N.M. Ahmed // *Pigment Resin Technology*. — 2013. — 42. — P. 3-14.
10. Siddiqui M.A. Evaluation of Swat kaolin deposits of Pakistan for industrial uses. / M.A. Siddiqui, Z. Ahmed, A.A. Saleemi // *Applied Clay Science*. — 2005. — 29. — P. 55-72..
11. Ahmed N.M. Innovative titanium dioxide-kaolin mixed pigments performance in anticorrosive paints. / N.M. Ahmed, M.M. Selim // *Pigment Resin Technology*. — 2011. — 40. — P. 4-16.
12. Ларионов М.В. Деградация окружающей среды в зоне влияния техногенных и сельскохозяйственных объектов / М.В. Ларионов, Е.Б. Смирнова, М.В. Бурдин // *Известия Самарского научного центра РАН*. — 2011. — Т. 13. — № 1-6. — с. 1347-1349.
13. Ларионов Н.В. Экологические особенности природопользования в Среднем и Нижнем Поволжье. / Н.В. Ларионов, М.В. Ларионов // *Естественные и математические науки в современном мире*. — 2015. — 28. — С. 58-64.
14. Ларионов Н.В. Тяжелые металлы как фактор техногенного воздействия на почвы урбоэкосистем Саратовского региона. / Н.В. Ларионов, М.В. Ларионов // *Вестник КрасГАУ*. — 2009. — 11. — С. 22-26.
15. Шабельская Н.П. Технологические особенности переработки фосфогипса в неорганический краситель / Н.П. Шабельская, О.А. Меденников, З.Д. Хлиян и др. // *Обогащение руд*. — 2023. — 2. — с. 24-29.

16. Шабельская Н.П. Технологические особенности восстановительной термообработки фосфогипса / Н.П. Шабельская, О.А. Меденников, З.Д. Хлиян и др. // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — 2 (128). — с. № 15.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Svyatchenko A.V. Techno-genic fillers in the composition of modern polymer paints / A.V. Svyatchenko, N.Y. Kiryushina, O.N. Sharapov // Solid State Phenomena. — 2020. — 299. — p. 60-65. — DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.299.60.
2. Alonso-Villar E.M. Resistance to artificial daylight of paints used in urban artworks. Influence of paint composition and substrate / E.M. Alonso-Villar, T. Rivas, J.S. Pozo-Antonio // Progress in Organic Coatings. — 2021. — 154. — p. № 106180.
3. Calovi M. Evaluating the versatility of stainless steel flakes and magnetite powder as polyvalent additives for wood paints. / M. Calovi, S. Rossi // Journal of Materials Research and Technology. — 2024. — 29. — P. 1010-1024.
4. Tarasova G.I. Ratsional'nyj sposob poluchenija pigmentov - napolnitelej iz metallosoderzhaschih promyshlennyh othodov [A rational way to obtain filler pigments from metal-containing industrial waste] / G.I. Tarasova // Bulletin of the BSTU named after V.G. Shukhov. — 2012. — 2. [in Russian]
5. Fat'janova N.V. Osobennosti protsessa podgotovki vysokodispersnyh poroshkov tal'ka [Features of the process of preparation of highly dispersed talc powders] / N.V. Fat'janova // Technical operation of water transport: problems and ways of development. — 2020. — 1. [in Russian]
6. Ziganshina M.R. Ekspluatatsionnye svoystva epoksidnyh pokrytij na osnove smoly E-40, napolnennyh manganetsoderzhaschim pigmentom [Performance properties of epoxy coatings based on E-40 resin filled with manganese-containing pigment] / M.R. Ziganshina, E.A. Bajburina, E.T. Azizova // Bulletin of the Kazan Technological University. — 2015. — 1. [in Russian]
7. Silaeva A.A. Vlijanie razmerov armirujushchego napolnitelja na tehnologicheskie i funktsional'nye svoystva LKM [The effect of the size of the reinforcing filler on the technological and functional properties of coatings] / A.A. Silaeva, V.A. Kuznetsova, E.V. Kurshev et al. // Materials Science. — 2022. — 2. — p. 32-38. [in Russian]
8. Duvalov A.L. Analiz osnovny'x pigmentov i napolnitelej, postavlyaemy'x dlya otechestvenny'x LKM [Analysis of the main pigments and fillers supplied for domestic coatings]. / A.L. Duvalov, N.A. Shapovalov, A.F. Nechaev // Paint and varnish materials and their application. — 2009. — 7. — P. 8-10. [in Russian]
9. Ahmed N.M. Comparative study on the role of kaolin, calcined kaolin and chemically treated kaolin in alkyd-based paints for protection of steel. / N.M. Ahmed // Pigment Resin Technology. — 2013. — 42. — P. 3-14.
10. Siddiqui M.A. Evaluation of Swat kaolin deposits of Pakistan for industrial uses. / M.A. Siddiqui, Z. Ahmed, A.A. Saleemi // Applied Clay Science. — 2005. — 29. — P. 55-72..
11. Ahmed N.M. Innovative titanium dioxide-kaolin mixed pigments performance in anticorrosive paints. / N.M. Ahmed, M.M. Selim // Pigment Resin Technolgy. — 2011. — 40. — P. 4-16.
12. Larionov M.V. Degradatsija okruzhajushej sredy v zone vlijaniya tehnogennyh i sel'skohozjajstvennyh ob'ektov [Environmental degradation in the zone of influence of man-made and agricultural facilities] / M.V. Larionov, E.B. Smirnova, M.V. Burdin // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2011. — Vol. 13. — № 1-6. — p. 1347-1349. [in Russian]
13. Larionov N.V. E'kologicheskie osobennosti prirodopol'zovaniya v Srednem i Nizhnem Povolzh'e [Ecological features of nature management in the Middle and Lower Volga region]. / N.V. Larionov, M.V. Larionov // Natural and mathematical sciences in the modern world. — 2015. — 28. — P. 58-64. [in Russian]
14. Larionov N.V. Tyazhely'e metally' kak faktor texnogenogo vozdejstviya na pochvy' urboe'kosistem Saratovskogo regiona [Heavy metals as a factor of anthropogenic impact on soils of urban ecosystems of the Saratov region]. / N.V. Larionov, M.V. Larionov // Bulletin of KrasGAU. — 2009. — 11. — P. 22-26. [in Russian]
15. Shabel'skaja N.P. Tehnologicheskie osobennosti pererabotki fosfogipsa v neorganicheskiy krasitel' [Technological features of processing phosphogypsum into an inorganic dye] / N.P. Shabel'skaja, O.A. Medennikov, Z.D. Hlijan et al. // Ore enrichment. — 2023. — 2. — p. 24-29. [in Russian]
16. Shabel'skaja N.P. Tehnologicheskie osobennosti vosstanovitel'noj termoobrabotki fosfogipsa [Technological features of the reducing heat treatment of phosphogypsum] / N.P. Shabel'skaja, O.A. Medennikov, Z.D. Hlijan et al. // International Research Journal. — 2023. — 2 (128). — p. № 15. [in Russian]