DOI: 10.24892/RIJIE/20250412

Способ переработки отхода химической промышленности в люминесцентный наполнитель*

Баранова В.А., Меденников О.А., Егорова М.А., Яхонова Д.В., Земченко Г.Н.
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
г. Новочеркасск, Российская Федерация
u.vera20@yandex.ru

Аннотация. **Современные технологии неорганических материалов оказывают все возрастающее экологическое давление на окружающую среду. Одним из активно развивающихся производств является получение минеральных удобрений. В частности, в процессе производства фосфорной кислоты для дальнейшей переработки в фосфорсодержащие удобрения из апатитового сырья образуется фосфогипс. Многотоннажные отвалы фосфогипса занимают значительные площади и приводят к нарушениям экосистемы. В работе проведено изучение возможности переработки разработка способа переработки фосфогипса с получением неорганического ультрафиолетового пигмента, который использован для получения лакокрасочных материалов. Выявлены оптимальные технологические условия получения композиционного материала, проявляющего люминесцентные свойства: температура термообработки 800-900 ºС, продолжительность изотермической выдержки 60 минут, количество восстановителя – 7-14 % (масс.).**

Ключевые слова: **отходы химической промышленности, фосфогипс, переработка отходов, сульфат кальция, ультрафиолетовый пигмент.**

Введение

В настоящее время скопилось большое количество промышленных отходов, образующихся в ходе мокрого процесса производства фосфорной кислоты, который включает реакцию между серной кислотой и фосфатной рудой [1]. Основным компонентом фосфогипса является $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, в котором содержание CaO превышает 30%. Среднее количество отходов фосфогипса, образующегося из тонны фосфорной кислоты, колеблется от 4,5 до 5,5 тонн [2]. Накопленны запасы фосфогипса занимают значительные земельные ресурсы и вызывают серьезные опасения [3], включая угрозы безопасности и экологическое загрязнение окружающей среды. Следовательно, переработка фосфогипса является условием для решения экологических проблем, раскрытия его потенциала в качестве ценного ресурса [4-6]. Исследования по утилизации элементов фосфогипса в основном сосредоточены на утилизации CO_2 [7, 8]. Достаточно часто предлагают процессы переработки фосфогипса в вяжущие материалы [9-12]. Однако фосфогапс может быть использован как ценное полезное ископаемое для синтеза навых материалов. Например, в [13] предлагают процесс получения сульфата калия для применения в дальнейшем в качестве компелексного удобрения, В некоторых исследованиях фосфогипс преобразовывался путем влажного разложения [14] в различные продукты, такие как сульфат аммония [15], сульфат натрия, гидроксид кальция [16] и т.д. Традиционные химические методы неприменимы для промышленного использования, которое требует слишком большого количества химических реактивов, экономические затраты на которые слишком высоки [14]. В этой связи оправданным с экономической точки зрения могут быть способы переработки фосфогипса с получением продуктов с высокой добавочной стоимостью.

В современном обществе отмечено ускоренное развитие технологий возобновляемых источников энергии, в том числе – твердотельных осветительных приборов (ТТО), которые считают наиболее энергоэффективными и экологически чистыми технологиями освещения [17]. К числу их отличительных особенностей можно отнести такие, как небольшие размеры, монохроматизированное излучение, холодный луч, высокая цветопередача, низкое энергопотребление, низкие потери температуры, что превосходит границы обычных источников энергии. Часто твердотельные устройства заменяют обычное освещение и люминесцентные лампы в качестве устройств подсветки [18]. Он обладает потенциалом для улучшения цветности, цветопередачи и преодоления ограничений обычных источников света, таких как лампы накаливания или люминесцентные лампы, которые содержат пары ртути и считаются опасными отходами. Исследования показывают, что 19 % электроэнергии в мире потребляется для освещения. Таким образом, энергосбережение и защита окружающей среды диктуют необходимость использования альтернативного освещения. Светодиоды (англ. Light-emitting diodes, LED) способны значительно снизить потребление энергии. Светодиоды являются одним из применений твердотельных устройств, которые используют для полноцветного отображения, подсветки мобильных телефонов, в качестве уличного освещения и т.д. В последнее время светоизлучающие диоды, органические и квантовые светодиоды демонстрируют огромные перспективы применения в различных областях. Благодаря быстрой обработке сигнала и высокой производительности они являются лидерами в области дисплеев нового поколения. Светодиоды работают на электролюминесцентном механизме, связанном с прямым преобразованием электрической энергии в оптическую с помощью различных средств возбуждения, без использования каких-либо промежуточных форм энергии, таких как,

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках гос. задания (проект FENN-2024-0006 «Разработка технологии неорганических ультрафиллетовых красителей»). Статья публикуется по рекомендации программного комитета Всероссийской научно-технической конференции "Строительство, архитектура и техносферная безопасность", https://iccats.org

например, тепло [18]. В 1907 году электролюминесценция была впервые обнаружена на SiC (карборунде) путем пропускания через него электрического тока подачи. Практическое применение на переменном токе было впервые использовано в 1936 году на порошке люминофора состава ZnS: Cu, встроенном в связующую среду [17]. Практическая разработка тонкопленочной электролюминесценции была осуществлена в 1970-х годах путем слоистого люминофора ZnS: Mn2+ между двумя Y2O3 изоляционные слои [18].

В связи с высокими требованиями, предъявляемыми к люминесцентным материалам для устройств отображения, были исследованы материалы с люминофором различных цветов. Как правило, люминофоры – это твердые вещества, состоящие из решетки материала-хозяина, легированной примесями в низкой концентрации в качестве активаторов и сенсибилизаторов, в качестве которых наиболее части используют ионы переходных или редкоземельных элементов [19, 20]. Для разработки эффективных светодиодов исследования были сосредоточены на излучении широкозонных составных полупроводников на основе элементов II-VI и III-V групп. Стоит отметить, что сульфиды, легированные переходным металлом и/или редкоземельными элементами, широко используется в качестве люминофорного материала для реализации различного светового излучения. Хотя различные неорганические люминофоры могут быть использованы для излучения видимого света, возбуждение синим или ближним ультрафиолетовым излучением может быть возможно в небольшом количестве люминофоров. В твердотельном освещении большое значение придается легированным сульфидам переходных и щелочноземельных металлов, поскольку они используются для излучения света различной окраски в производстве полноцветных дисплеев [21]. Недорогой люминофор CaS:EuCe может преобразовывать коротковолновый сине-зеленый свет в длинноволновый красный и служит эффективным агентом преобразования света в фотоэкологическом сельском хозяйстве [22, 23].

Широкому использованию подобных соединений препятствует их склонность легко подвергаться гидролизу и окислению, плохая термическая стабильность. Значительные усилия исследователей направлены на повышение химической и термической стабильности путем модификации поверхности [24-26]. В работе [27] эффективно улучшили влагостойкость путем нанесения на поверхность люминофора $CaS:Eu^{2+}$ покрытия с нитридом бора.

В этой связи основной целью исследования было разработка способа переработки фосфогипса с получением неорганического ультрафиолетового пигмента и применения его в качестве наполнителя для лакокрасочных материалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходным материалом для синтеза был фосфогипс с маркировкой «Для сельского хозяйства». В качестве восстановителя использовали березовый уголь. Выбор восстановителя обусловлен поиском прекурсора, дающего наибольший выход материала с люминесцентной способностью.

Для каждого образца был измерен относительный световой поток, испускаемый поверхностью образца фиксированной площади с помощью оригинальной установки, состоящей из источника ультрафиолетового (УФ) излучения, светофильтров, регистрирующего датчика. Образец и эталонный образец, в качестве которого использовали люминофор желтый YAG:Ce, помещали в установку, освещали излучением с длиной волны 380 нм, фиксировали световой поток с поверхности образца и эталонного образца через светофильтр, не пропускающий лучи ультрафиолетового диапазона. Относительный световой поток получали как отношение светового потока с поверхности исследуемого образца к световому потоку с поверхности эталонного образца.

Фазовый состав изучали на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA (использовали монохроматизированное Cu-Kα излучение) методом сканирования по точкам (шаг 0,01°, время накопления в точке 2 с) в интервале значений 2θ от 15° до 80°.

Микрофотографии образцов получены на сканирующем электронном микроскопе Quanta 200. Съемку изображений вели при ускоряющем напряжении до 30 кВ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1, а приведены данные рентгенофазового анализа образцов, прокаленных с восстановителем, при температуре 1000 °С в условиях изоляции реакционной системы от прямого доступа воздуха. На рис. 1, б приведена детализация узкой области рентгенограммы в диапазоне двойных углов 30-50 градусов. Анализ рентгенограммы показывает, что основной фазой в образцах является сульфат кальция (PDF Number: 010-70-0909). При термообработке в присутствии восстановителя в заданных условиях сульфат кальция переходит в сульфид кальция (PDF Number: 030-65-0894) по реакции (1):

$$CaSO_4 + 4CO = CaS + 4CO_2, \quad (1)$$

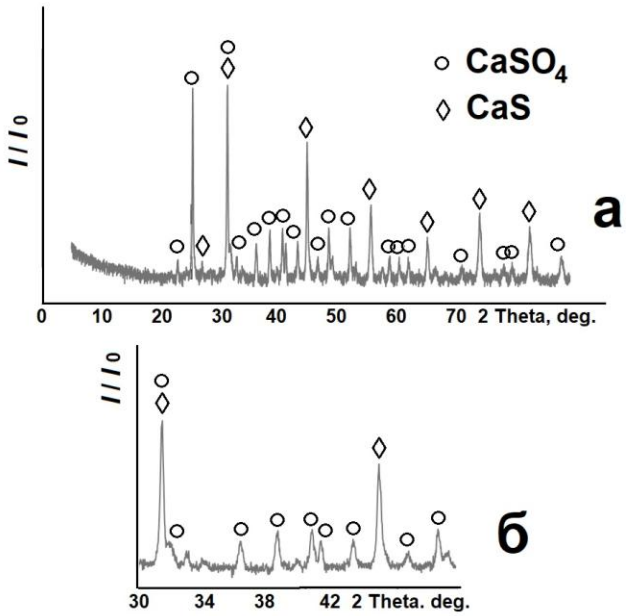

Рис. 1. Рентгенограмма восстановленного фосфогипса (*а*), с детализацией (*б*) области фазы сульфида кальция

Восстановленный фосфогипс, содержащий в составе 7-15 % (масс.) сульфида кальция, проявляет способность к люминесценции при облучении ультрафиолетовым светом.

Была изучена возможность использования отработанного марганцево-цинкового элемента с получением сульфидных люминофоров. Материал электрода отделили от остальных составных частей химического источника тока, измельчили в ступке, восстановили соляной кислотой. Фосфогипс измельчили в ступке в течение 5 минут, затем добавили раствор, содержащий ионы марганца (II) с концентрацией 18 ммоль/л, высушили в сушильном шкафу при температуре 105 °С до пыления, затем измельчили в ступке. Полученный порошок в алундовом герметично закрытом тигле термообрабатывали в течение 60 минут при температуре 1000 °С. Скорость подъема температуры составляла 13 °С/мин. Остывание образца вместе с печью. Наблюдали свечение образцов при облучении УФ-излучением в диапазоне длины волны излучаемого света 650-670 нм (красно-оранжевое свечение).

Попытка введения соединений марганца в виде сухих солей не привела к успеху: не зависимо от количества и вида легирующей добавки (в виде сульфата ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$) или хлорида ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$) марганца (II)) образцы получались, не обладающие светимостью. В этой связи была опробована методика введения соли марганца (II) в виде раствора.

Были опробованы ряд возможных растворителей солей марганца (II):

1) органические – этиловый спирт, изопропиловый спирт, ацетон, бензол, толуол – их использование приводит к аналогичным результатам, однако предельно допустимая концентрация (ПДК) бензола в воздухе 5 мг/м^3, изопропилового спирта 10 мг/м^3, толуола 50 мг/м^3, ацетона 200 мг/м^3, этилового спирта 1000 мг/м^3, в этой связи выбор был осуществлен в пользу этилового спирта;

2) минеральные – растворение сухих солей в растворах серной или соляной кислот приводит к результатам, аналогичным использованию дистиллированной воды в качестве растворителя; при использовании растворов щелочей (натриевой или калиевой) результат был отрицательным – свечения не возникало.

В этой связи для более детальных исследований были использованы в качестве растворителей дистиллированная вода и этиловый спирт.

Были приготовлены растворы солей марганца (II):

1) Водный раствор сульфата марганца (II), содержащий 5 г ионов Mn^{2+} на 1 литр раствора;

2) Водный раствор хлорида марганца (II), содержащий 5 г ионов Mn^{2+} на 1 литр раствора;

3) Спиртовый раствор хлорида марганца (II), содержащий 5 г ионов Mn^{2+} на 1 литр раствора (растворимость сульфата марганца (II) в спирте ограничена, аналогичный раствор для этого соединения приготовить не удалось).

В качестве восстановителя использовали наиболее часто применяемые, согласно литературным источникам, органические вещества – сахар, крахмал, уголь.

Образцы фосфогипса смешивали со спиртовым раствором хлорида марганца (II), помещали в сушильный шкаф, где производили их сушку при температуре 60 °С до пыления. После этого часть составов измельчали в ступке. Фосфогипс с введенным марганцем и восстановитель помещали в алундовых тиглях в рабочее пространство муфельной печи, проводили термообработку по следующему режиму: нагрев со скоростью 13 град/мин до 900 °С, выдержка при 900 °С в течение 1 часа. Технологические условия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия приготовления и светимость образцов в зависимости от количества соединений марганца

Образец	Масса соединений марганца в расчете на Mn^{2+}, мг	Операция промежуточного измельчения	Наличие непрореагировавшего углерода	Светимость, отн. ед
Mn01	3	+	-	0,4
Mn02	3	-	+	0,35
Mn03	136	+	-	0,25
Mn04	136	-	+	0,2
Mn05	80	+	-	0,25

Полученные составы, в отличие от не легированных образцов, полученных аналогичным способом, обладали слабой интенсивностью свечения (рис. 2).

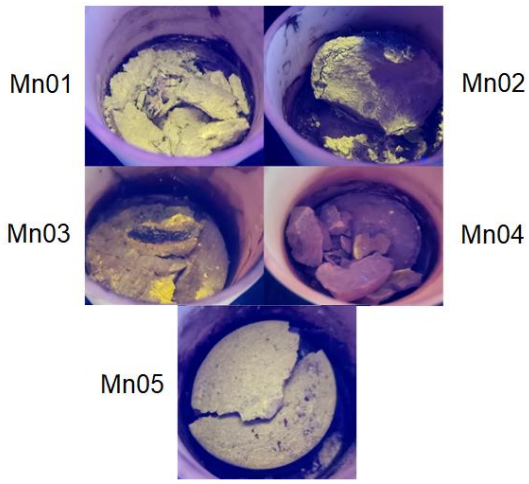

Рис. 2. Светимость образцов в зависимости от количества введенных соединений марганца

Это может быть связано с механизмом гашения центров светимости с увеличением количества введенной легирующей добавки. Это предположение подтверждается также снижением относительной светимости образцов с увеличением количества введенного Mn^{2+}.

Следует отметить, что существенным технологическим фактором является наличие операции промежуточного измельчения шихты – в этом случае образцы получаются с более выраженной люминесцентной способностью.

Ранее [28] была показана возможность получения лакокрасочных материалов с использованием синтезированных ультрафиолетовых пигментов. Для выяснения возможности получения шпатлевок на основе разработанных материалов были опробованы составы, включающие основу – бесцветный лак ХВ-784, мел строительный (ГОСТ 17498-72, марки ММИП1), синтезированный пигмент. В ряде случаев использовали дополнительно не восстановленный фосфогипс. Составы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Разработанные составы смесей

Состав	Количество, % (масс.)			Относительная светимость, отн. ед.
	Пигмент	*Мел*	*Фосфогипс*	
1	5	10	0	0
2	10	10	0	0
3	15	10	0	0,05
4	20	10	0	0,1
5	25	10	0	0,15
6	5	20	0	0
7	10	20	0	0
8	15	20	0	0
9	20	20	0	0,05
10	25	20	0	0,1
11	40	10	5	0,7
12	40	10	10	0,7
13	40	10	15	0,6
14	40	10	20	0,6
15	40	10	25	0,6

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что для получения светящихся шпатлевок следует использовать составы с содержанием пигмента 20-40 % (масс.); общее количество наполнителя до 25 % (масс.) не оказывает влияния на светимость образцов, свыше 25 % (масс.) наблюдается снижение светимости.

Проведенное исследование открывает широкие возможности переработки отхода многотоннажного химического производства с получением востребованного неорганического продукта с применением отечественных сырьевых ресурсов.

Заключение

В работе проведено изучение возможности переработки фосфогипса с получением шпатлевки на его основе. Показано, что для получения светящихся шпатлевок следует использовать составы с содержанием пигмента 20-40 % (масс.); общее количество наполнителя до 25 % (масс.) не оказывает влияния на светимость образцов, свыше 25 % (масс.) наблюдается снижение светимости.

Проведенное исследование открывает широкие возможности переработки отхода многотоннажного химического производства с получением востребованного неорганического продукта с применением отечественных сырьевых ресурсов.

Литература

1. Xu J.P. Recycling-equilibrium strategy for phosphogypsum pollution control in phosphate fertilizer plants / J.P. Xu, L.R. Fan, Y.C. Xie, G. Wu // J. Clean. Prod. – 2019. – vol. 215. – P. 175-197.

2. Wang Z. Investigating effects of phosphogypsum disposal practices on the environmental performance of phosphate fertilizer production using emergy analysis and carbon emission amounting: A case study from China / Zeying Wang, Xiaohan Ma, Hengyu Pan, Xiangdong Yang, Xiaohong Zhang, Yanfeng Lyu, Wenjie Liao, Wei Shui, Jun Wu, Min Xu, Yanzong Zhang, Shirong Zhang, Yinlong Xiao, Hongbing Luo // J. Clean. Prod. – 2023. – vol. 409. – 137248. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.137248.

3. Lou X.-Y. Sequence closed-loop recovery of fluoride, phosphate, and sulfate anions from phosphogypsum leachate via precipitation-electrodialysis-crystallization approaches / Xiang-Yang Lou, Jingfu Wang, Jiaxin Liang, Shan Liu, Ranhao Wang, Lili Deng, Danhao Li, Xinping Hu, Hong Chen // Sep. Purif. Technol. – 2024. – vol. 342. – 127014.

4. Cao J. Promoting coordinative development of phosphogypsum resources reuse through a novel integrated approach: A case study from China / Jinze Cao, Zeying Wang, Xiaohan Ma, Xiangdong Yang, Xiaohong Zhang, Hengyu Pan, Jun Wua, Min Xu, Lili Lin, Yanzong Zhang, Yinlong Xiao, Hongbin Luo // J. Clean. Prod. – 2022. – vol. 374. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134078.

5. Wei Z.Q. Deng Research hotspots and trends of comprehensive utilization of phosphogypsum: bibliometric analysis / Z.Q. Wei, Z.B. // J. Environ. Radioact. – 2022. – vol. 242. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106778.

6. Lou X.Y. From grave to cradle: treatment, resource recycling, and valorization of phosphogypsum wastes / X.Y. Lou, J.X. Liang, S. Liu, J.F. Wang, H. Chen // Environ. Sci. Technol. Lett. – 2024. – vol. 11. – P. 908-919.

7. Xiao Y.D. Collaborative utilization status of red mud and phosphogypsum: a review / Y.D. Xiao, H.X. Jin, M.L. Wang, Y.L. Guo // J. Sustain. Metall. – 2022. – vol. 8. – P. 1422-1434.

8. Valancius Z. Use of an industrial by-product phosphogypsum in the production of white textured paints / Z. Valancius, R. Vaickelionienė, G. Vaickelionis, P. Makcinskas / J. Clean. Prod. – 2022. – vol. 380. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134888.

9. Qu F. Resource recycling of industrial waste phosphogypsum in cementitious materials: Pretreatment, properties, and applications / F. Qu, Y. Zhang, M. Li, W. Dong, W. Li, D.C.W. Tsang // Journal of Environmental Management. – 2025. – vol. 376. – 124291.

10. Xu X. Energy conservation and carbon emission reduction of cold recycled petroleum asphalt concrete pavement with cement-stabilized phosphogypsum / X. Xu, L. Kong, X Li, B. Lei, B. Sun, X. Li, F. Qu, B. Pang, W. Dong // Construction and Building Materials. – 2024. – vol. 433. – 136696.

11. Xu L. Modification of recycled cement with phosphogypsum and ground granulated blast furnace slag / L. Xu, J. Wang, X. Hu, B. Ran, R. Huang, H. Tang, Z. Li, B. Li, S. Wu // Construction and Building Materials. – 2024. – vol. 426. – 136241.

12. Oubaha S. Recycling of phosphogypsum and clay by-products from phosphate mines for sustainable alkali-activated construction materials / S. Oubaha, A.E. Machi, S Mabroum, Y. Taha, M. Benzaazoua, R. Hakkou // Construction and Building Materials. – 2024. – vol. 411. – 134262.

13. Oubelhas I. Simultaneous recycling of both desalination reject brine water and phosphogypsum waste in manufacturing $K_2Mg(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ fertilizer / I. Oubelhas, B. Bouargane, A. Barba-Lobo, S. Pérez-Moreno, B. Bakiz, M.G. Biyoune, J.P. Bolívar, A. Atbir // Process Safety and Environmental Protection. – 2024. – vol. 191, is. A. – P. 163-176.

14. Wei J. A zero-emission method for recycling phosphogypsum using Na2SO4 electrolysis: Preliminary study / J. Wei, Y. Gu, H. Lv, X. Wu // Separation and Purification Technology. – 2021. – vol. 259. – 118168.

15. Kandil A.H.T. Ammonium sulfate preparation from phosphogypsum waste / A.H.T. Kandil, M.F. Cheira, H.S. Gado, M.H. Soliman, H.M.Akl // J. Radiat. Res. Appl. Sci. – 2017. – vol. 10. – P. 24-33.

16. Bouargane B. Recovery of $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, and Na_2SO_4 from Moroccan phosphogypsum waste / B. Bouargane, A. Marrouche, S. El Issiouy, M.G. Biyoune, A. Mabrouk, A. Atbir, A. Bachar, R. Bellajrou, L. Boukbir, B. Bakiz // J. Mater. Cycles Waste Manage. – 2019. – vol. 21. – P. 1563-1571.

17. Lahariya V. Development and advancement of undoped and doped zinc sulfide for phosphor application / V. Lahariya, S.J. Dhoble // Displays. – 2022. – vol. 74. – 102186.

18. Zhang X. Recent- advances in flexible alternating current electroluminescent devices / X. Zhang, F. Wang // APL Materials. 2021. – vol. 9, is. 3. – 030701.

19. Yaemphutchong S. Characterization, luminescence and dye adsorption study of manganese and samarium doped and co-doped zinc sulfide phosphors / S. Yaemphutchong, W. Wattanathana, W. Deeloed, P. Panith, R. Wuttisarn, B. Ketruam, S. Singkammo, A. Laobuthee, S. Wannapaiboon, Y. Hanlumyuang // Optical Materials. – 2020. – vol. 107. – 109965.

20. Asaithambi S. Decay behavior of Eu^{2+}-Activated sulfide phosphors: The Pivotal role of unique activator sites / S. Asaithambi, J. Lee, J.-W. Lee, B.D. Lee, M.-Y. Cho, W.B. Park, K.-S. Sohn // Journal of Luminescence. – 2023. – vol. 263. – 120109.

21. Park J. A novel sulfide phosphor, $BaNaAlS_3:Eu^{2+}$, discovered via particle swarm optimization / J. Park, J.-W. Lee, S.P. Singh, M. Kim, B.D. Lee, W.B. Park, K.-S. Sohn // Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – vol. 922. – 166187.

22. Peng M. A novel dual-excitation and dual-emission (DE2) CaS:EuCe-CN@g-C_3N_4 phosphor with enhanced thermal stability and humidity resistance / M. Peng, J. Xu, S. Li, Z. Qiu, Q. Mi, W. Zhou, J. Zhang, L. Yu, J. Xu, S. Lian // Journal of Luminescence. – 2025. – vol. 281. – 121180.

23. Qiu Z. A strategy for synthesizing CaZnOS:Eu^{2+} phosphor and comparison of optical properties with CaS:Eu^{2+} / Z. Qiu, C. Rong, W. Zhou, J. Zhang, C. Li, L. Yu, S. Liu, S. Lian // J. Alloys Compd. – 2014. – vol. 583. – P. 335-339.

24. Liang Y. Novel dual-excitation and dual-emission materials: Eu^{2+},Pb^{2+} doped core–shell-structured CaS@CaZnOS phosphors and their application for highly efficient photosynthesis of plants / Y. Liang, J. He, Z. Song, Y. Han, Z. Qiu, W. Zhou, J. Zhang, L. Yu, S. Lian // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2021. – vol. 14. – P. 1413-1422.

25. Yan L. Novel dual spectral conversion via Eu^{2+}, Cu-Coactivated core–shell-structured CaS@CaZnOS phosphors for efficient photosynthesis of plants / L. Yan, M. Peng, Z. Song, Y. He, Y. Fan, Y. Wang, R. Xiong, S. Lian, X. Ma, Z. Qiu // J. Mater. Chem. C. – 2024. – vol. 12. – P. 3090-3097.

26. Wang X. Core–shell structured CaS:Eu^{2+}@CaZnOS via inward erosion growth to realize a super stable chalcogenide red phosphor / X. Wang, Z. Qiu, Y. Li, Q. Mi, W. Zhou, S. Ai, J. Xu, Y. Liu, S.Lian // J. Mater. Chem. C. – 2019. – vol. 7. – P. 5931-5936.

27. Lin J. BN tubular layer-sheathed CaS:Eu^{2+} nanowires as stable red-light-emitting nanophosphors / J. Lin, Y. Huang, Y. Bando, C. Tang, D. Golberg // Chem. Commun. – 2009. – P. 6631-6633.

28. Medennikov O.A. Studying the Process of Phosphogypsum Recycling into a Calcium Sulphide-Based Luminophor / O.A. Medennikov, M.A. Egorova, N.P. Shabelskaya, A.M. Rajabov, S.I. Sulima, E.V. Sulima, Z.D. Khliyan, D.I. Monastyrskiy // Nanomaterials. – 2024. – vol. 14(11). – 904.

DOI: 10.24892/RIJIE/20250412

A method for Processing Chemical Industry Waste into a Luminescent Filler

Baranova V.A., Medennikov O.A., Egorova M.A., Yakhonova D.V., Zemchenko G.N.
Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)
Novocherkassk, Russian Federation
u.vera20@yandex.ru

Abstract. **Modern technologies of inorganic materials exert increasing environmental pressure on the environment. One of the actively developing industries is the production of mineral fertilizers. In particular, phosphogypsum is formed from apatite raw materials during the production of phosphoric acid for further processing into phosphorus-containing fertilizers. Multi-tonnage phosphogypsum dumps occupy significant areas and lead to ecosystem disturbances. The paper examines the possibility of processing and develops a method for processing phosphogypsum to produce an inorganic ultraviolet pigment, which is used to obtain paint and varnish materials. Optimal technological conditions for obtaining a composite material exhibiting luminescent properties have been identified: the temperature of heat treatment is 800-900 °C, the duration of iso-thermal exposure is 60 minutes, and the amount of reducing agent is 7-14% (wt.).**

Keywords: **chemical industry waste, phosphogypsum, waste recycling, calcium sulfate, ultraviolet pigment.**