

ISSN 2091-5527  
№ 3/2025

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

промышленную перспективность внедрения отечественного композиционного химического реагента-деэмульгатора.

**Заключение.** Результаты полученных лабораторных анализов показали, что деэмульгатор «МК-ДЭМ-4А» при 3% концентрации при испытании обессоливания в лабораторных условиях показали лучшие результаты по сравнению с применяемым в настоящее время на заводе ООО «Бухарский НПЗ» дипроксамином 157.

Разработанная технология получения композиционных химических деэмульгаторов

марки «МК-ДЭМ-4А» на основе местного сырья и отходов производств была внедрена на ООО «АУУКО ТЕКСТ» в начале 2025 года, где был осуществлен выпуск их опытной партии, и которая была испытана в центральной лаборатории Ферганского НПЗ. В результате появилась возможность получать более эффективные составы композиционных химических деэмульгаторов, а также экономическую эффективность за счет с низкой себестоимости.

#### Список использованной литературы

1. Очиллов А.А., Олимов Б.С. Деэмульгаторы для разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий // Молодой ученый. – 2015. – №8. – С.12-13.
2. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов / С.А. Ахметов. – Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
3. Негматов С.С., Рахимов Ю.К., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю., Мусабеков Д.Х. Исследование деэмульгирующих и поверхностных свойств разработанных композиционных реагентов для нефтепромыслов. Композиционные материалы №2. 2023 г. С.57-59.

## ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДА ВАНАДИЯ (V) НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Неъматова С.Т., Каттаев Н.Т., Колядин В.Г., Акбаров Х.И.

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека. [mirsodiqova@list.ru](mailto:mirsodiqova@list.ru)

**Аннотация.** В настоящее время переработка отходов, образующихся в результате промышленного производства, имеет важное значение для предотвращения загрязнения окружающей среды. В частности, на Алмалыкском горно-металлургическом комбинате (АГМК) налажена технология получения серной кислоты из серосодержащих отходов. При этом используются ванадиевые катализаторы, которые после выработки утилизируются как отход. В настоящей работе разработан метод выделения ценного оксида ванадия (V) из промышленных отходов, количество которых составляет тонны в год. Для подтверждения состава полученного образца были проведены анализы с использованием Раман-спектроскопии и рентгенофазового анализа.

**Ключевые слова:** отходы горно-металлургической промышленности, ванадиевый катализатор, оксид ванадия (V), Раман-спектроскопия, рентгенофазовый анализ.

**Введение.** В условиях индустриального роста актуальной задачей остаётся переработка промышленных отходов, способная одновременно решать проблемы ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Особое значение имеет извлечение ценных компонентов из отработанных катализаторов, широко применяемых в химико-металлургической промышленности. В частности, в Узбекистане ежегодно используется до 180 тонн ванадиевых катализаторов при производстве серной кислоты [1], которые впоследствии утилизируются как отходы, приводя к утрате стратегически важного элемента и увеличению экологической нагрузки [2], дата обращения: 03.06.2025].

Оксид ванадия (V) ( $V_2O_5$ ) представляет собой амфотерное соединение с выраженными

полупроводниковыми свойствами, шириной запрещённой зоны 2,1–2,4 эВ, и высокой каталитической активностью [3]. Благодаря этим характеристикам,  $V_2O_5$  широко применяется в производстве литий-ионных аккумуляторов, фотолуминесцентных материалов, специальной оптики и в качестве катализатора в реакциях окисления  $SO_2$  до  $SO_3$ , окисления углеводородов, а также в органическом синтезе (ангидриды, кислоты, анилиновые красители) [4, 5]. Композиты на основе  $V_2O_5$  проявляют высокую чувствительность к газовой фазе ( $NH_3$ ,  $H_2$ ,  $NO_2$ ), что делает их перспективными сенсорными материалами [6].

Извлечение ванадия из отработанных катализаторов осуществляется методами кислотного/щелочного выщелачивания, гидрометаллургии и экстракции с последующей

термообработкой [7]. Настоящая работа направлена на апробацию технологии выделения  $V_2O_5$  из отходов производства серной кислоты и изучение его структуры методами Раман-спектроскопии и рентгенофазового анализа.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования использовался отработанный ванадиевый катализатор, полученный с Алмалыкского горно-металлургического комбината (АГМК), образующийся в процессе каталитического окисления диоксида серы при производстве серной кислоты. Отходы данного типа представляют собой твёрдую смесь, содержащую как активные остатки оксида ванадия, так и инертные наполнители, и носители катализатора.

На первом этапе исследования была проведена качественно-количественная оценка состава отходов методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF), позволяющего установить массовые доли основных элементов и оксидов без разрушения

образца. Результаты анализа, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что основную массу (66,7 %) составляет диоксид кремния ( $SiO_2$ ), присутствующий в виде кварцевого наполнителя или матрицы. Это указывает на то, что основой катализатора служила силикатная подложка, обладающая высокой термической и механической стойкостью, но не участвующая в каталитических превращениях.

Содержание оксида ванадия (V) составило лишь 4,27 % от общей массы, что соответствует остаточному количеству активного компонента после длительной эксплуатации. Несмотря на низкое процентное содержание, ванадий остаётся стратегически важным элементом, и его извлечение из вторичного сырья является как экономически целесообразным, так и экологически оправданным. Кроме того, были обнаружены незначительные количества оксидов железа, алюминия и кальция, предположительно обусловленные коррозионными или сорбционными процессами на стадии эксплуатации катализатора.

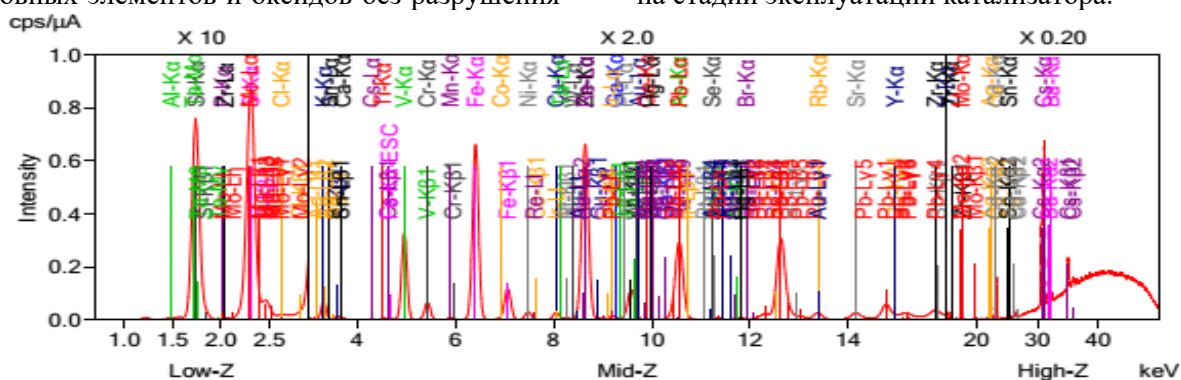


Рис. 1. Рентгенофлуоресцентный анализ промышленного отхода

Таким образом, проведённый XRF-анализ подтвердил наличие ценных компонентов в исследуемом отходе и обосновал необходимость разработки технологии селективного извлечения оксида ванадия с последующим его очищением и идентификацией.

**Результаты и обсуждение.** Выделение оксида ванадия (V) из промышленного отхода проводилось в соответствии с последовательностью, представленной на рисунке 2. Начальные стадии процесса осуществлялись при комнатной температуре (22–24 °С). Исходные компоненты смешивали в соотношении 1:3 и подвергали интенсивному перемешиванию в течение 3 часов с целью разрушения матрицы и перевода ванадиевых соединений в растворимую форму.

После предварительной фильтрации к полученному фильтрату добавляли 30 мл водного раствора аммиака ( $NH_3$ ). Практически мгновенно наблюдалось изменение окраски раствора, что свидетельствовало о протекании

ионного обмена и образовании аммонийных комплексов ванадата. Спустя 1,5 часа осадок был отделён фильтрацией, промыт дистиллированной водой и подвергнут сушке при температуре 60 °С в сушильном шкафу.

Полученное твердое вещество представляло собой аммоний ванадат ( $NH_4VO_3$ ), который затем был прокален при температуре 540–550 °С. В результате термического разложения образовался конечный продукт – оксид ванадия (V)  $V_2O_5$ , имеющий характерную тёмно-оранжевую до бурой окраску, типичную для данного соединения в поликристаллической форме.

Данный результат подтверждает эффективность выбранной методики извлечения ценного компонента из отхода. Визуальные признаки (смена цвета раствора, характер окраски конечного продукта), а также физико-химические параметры свидетельствуют об успешном получении чистого оксида ванадия (V).



Рис. 2. Схема выделения оксида ванадия (V) из отработанного катализатора

В целях достоверной идентификации фазового состава полученного продукта была проведена Раман-спектроскопия – высокочувствительный метод, основанный на регистрации неупругого рассеяния лазерного излучения. Метод особенно эффективен для анализа оксидов переходных металлов благодаря их ярко выраженным колебательным модам в видимой и ближней ИК-области.

На рис. 3 приведён Раман-спектр образца, полученного из отработанного ванадиевого

катализатора. В спектре чётко регистрируются интенсивные пики в диапазоне  $993\text{--}1090\text{ см}^{-1}$ , которые соответствуют симметричным и асимметричным колебаниям двойной связи  $\text{V}=\text{O}$ . В литературных источниках такие пики для кристаллического  $\text{V}_2\text{O}_5$  обычно локализуются в интервале  $995\text{--}1020\text{ см}^{-1}$  и служат маркерами присутствия ортованадиевой решётки [8].

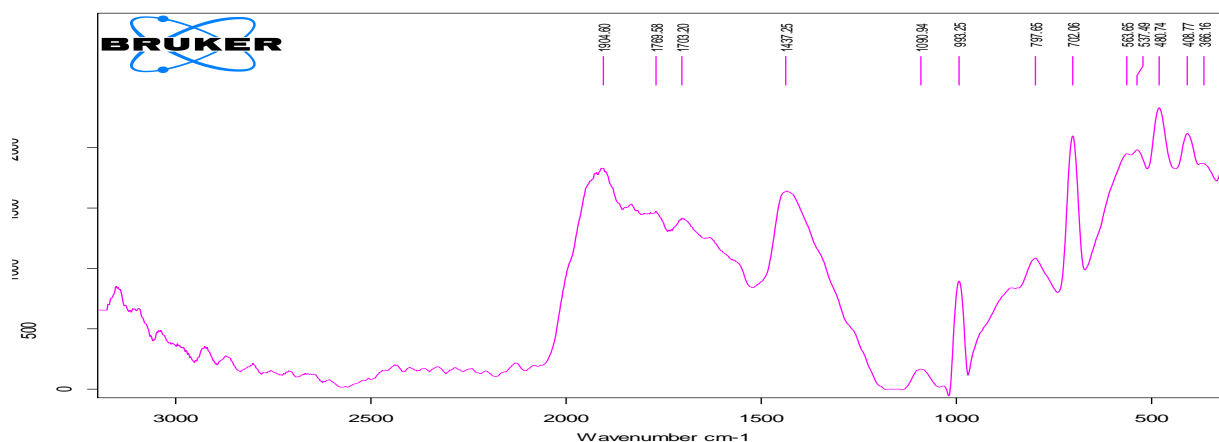


Рис. 3. Раман-спектр полученного оксида ванадия (V)

Наличие набора пиков в области  $702\text{--}797,7\text{ см}^{-1}$  однозначно указывает на присутствие мостиковых связей  $\text{V}\text{--}\text{O}\text{--}\text{V}$ , образующихся между ванадиевыми октаэдрами и пирамидами. Эти колебания характеризуют структурную упорядоченность и стабильность полимерных цепочек  $\text{VO}_6/\text{VO}_5$  в кристаллической решётке, типичной для  $\alpha\text{-V}_2\text{O}_5$ . В частности, пик при  $\sim 702\text{ см}^{-1}$  ассоциируется с изгибательными модами  $\text{V}\text{--}\text{O}\text{--}\text{V}$ , а максимум вблизи  $790\text{ см}^{-1}$  – с деформационными колебаниями мостикового кислорода.

Дополнительные слабые пики, обнаруженные в более низкочастотной области, могут быть связаны с трансляционными модами

и незначительными примесями, однако их интенсивность не превышает допустимого фонового уровня.

Таким образом, спектроскопический анализ подтвердил образование чистой фазы оксида ванадия (V), идентичной эталонному кристаллическому  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Отсутствие выраженных дополнительных пиков от примесей (например,  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$  или  $\text{SiO}_2$ ) подтверждает эффективность процесса очистки и фазового разделения, реализованного в экспериментальной методике.

Для окончательного подтверждения фазового состава полученного продукта был проведён рентгенофазовый анализ (XRD),

представляющий собой высокоточный метод исследования кристаллических структур путём регистрации дифракционных максимумов, возникающих при взаимодействии рентгеновского излучения с периодической решёткой вещества. Метод позволяет не только установить наличие целевой фазы, но и оценить степень кристалличности, размер кристаллитов, наличие примесей и дефектов.

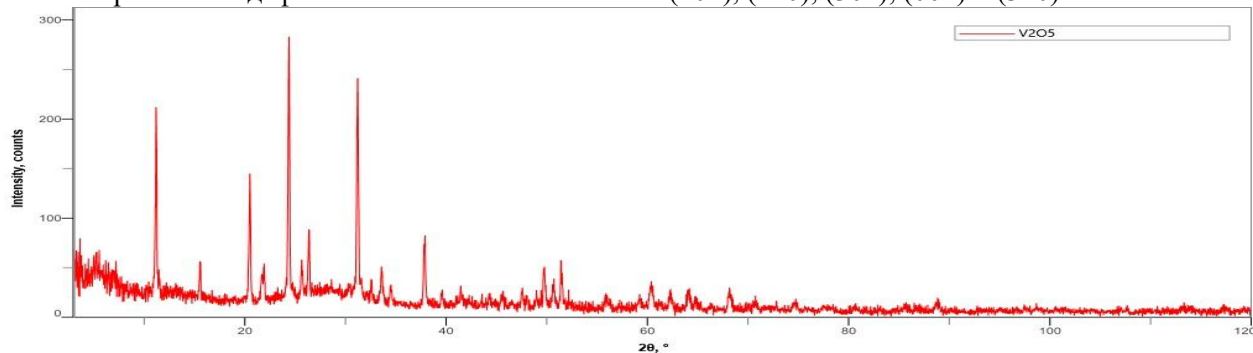


Рис. 4. Рентгенофазовый анализ (XRD) полученного оксида ванадия (V)

Эти значения полностью соответствуют табличным данным для ортогональной модификации  $\alpha$ - $V_2O_5$  (карточка JCPDS № 41-1426). Особенно значимыми являются интенсивные пики при  $20,5^\circ$  (плоскость (001)) и  $26,3^\circ$  (плоскость (110)), так как они отражают слоистую структуру ортованадата, где слои  $VO_5$ -пирамид чередуются вдоль оси с, что характерно для стабильной фазы  $\alpha$ - $V_2O_5$ .

Кроме того, пик при  $33,5^\circ$  (плоскость (001)), вероятно, указывает на наличие текстурированной ориентации кристаллитов, что может быть связано с условиями роста фазы при термическом синтезе. Отражения от плоскостей (301) и (310) являются характерными для хорошо организованных трёхмерных решёток, подтверждая высокий уровень кристалличности материала.

Важно отметить полное отсутствие дополнительных пиков, характерных для других ванадиевых оксидов –  $VO_2$ ,  $V_2O_3$ ,  $V_6O_{13}$ , а также  $SiO_2$ , которые могли бы присутствовать в виде примесей от исходной силикатной матрицы катализатора. Это подтверждает высокую фазовую чистоту полученного  $V_2O_5$  и эффективность проведённой методики селективного извлечения и очистки.

На основании рентгенофазового анализа можно заключить, что синтезированный

На рисунке 4 представлена экспериментальная дифрактограмма образца, полученного после термической декомпозиции аммоний ванадата. В спектре наблюдаются хорошо выраженные дифракционные пики при значениях  $2\theta = 15,6^\circ, 20,5^\circ, 21,8^\circ, 26,3^\circ, 31,1^\circ, 33,5^\circ$  и  $34,5^\circ$ , соответствующие отражениям от плоскостей с индексами Миллера: (200), (001), (101), (110), (301), (001) и (310) соответственно.

продукт представляет собой чистую, кристаллизованную форму  $\alpha$ - $V_2O_5$ , пригодную для использования в электрохимических, сенсорных и каталитических приложениях.

**Выводы.** Таким образом, в ходе проведённого исследования была разработана эффективная методика переработки отработанных ванадиевых катализаторов с получением фазово чистого оксида ванадия (V). Согласно рентгенофлуоресцентному анализу, содержание  $V_2O_5$  в промышленных отходах составило 4,27 %, а основную часть матрицы (66,7 %) занимает диоксид кремния [1]. Получение аммоний ванадата с последующим прокаливанием привело к формированию целевого продукта – оксида ванадия (V).

Результаты Раман-спектроскопии подтвердили наличие характерных колебательных мод, соответствующих связям  $V=O$  и  $V-O-V$ , что свидетельствует о формировании поликристаллической структуры  $\alpha$ - $V_2O_5$ . Эти данные согласуются с результатами рентгенофазового анализа, который показал полное соответствие дифракционной картины эталонной структуре  $\alpha$ - $V_2O_5$  (JCPDS № 41-1426). Отсутствие дополнительных фаз свидетельствует о высокой чистоте и структурной однородности полученного продукта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вохидов Б., Каюмов О.А., Хасанов А., Мамараимов Г. «Ўзбекистон шароитида сульфат кислота ишлаб чиқариш саноати чикиндиларидан ванадий беш оксидини ажратиб олиш» // Sanoatda raqamli texnologiyalar. 2023. – № 2. – С. 15–19.
2. <https://agmk.uz/oz/news/keksa-va-navqiron-six> (дата обращения: 03.06.2025).
3. Покровский В.Л., Захаров Л.В. Оксиды ванадия: структура, свойства, применение. – М.: Наука, 2006. – 288 с.
4. Белов П.С., Голубева И.А., Низова С.А. Экология производства химических продуктов из нефти и газа. М. Химия, 1991. 256 с.
5. Dutta G., Samanta C. Industrial catalysis by vanadium oxides: A review // Catalysis Today. 2020. Vol. 355. P. 225–239.
6. Zhang Y. et al. Recent advances in vanadium pentoxide based nanomaterials for gas sensing // Sensors and Actuators B. 2018. Vol. 273. P. 1339–1364.
7. Zhang S., Wei C. Recovery of vanadium from spent catalysts: A review // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 278. P. 123964.

<b>Негматов С.С., Исмаилов Р.И., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю., Мусабеков Д.Х.</b> Исследование процесса обессоливание нефтеемульсии в зависимости от вида и содержания деэмульгаторов .....	53
<b>Неъматова С.Т., Каттаев Н.Т., Колядин В.Г., Акбаров Х.И.</b> Получение оксида ванадия (V) на основе промышленных отходов .....	56
<b>Якубов М.М., Суннатов Ж.Б., Максудходжаева М.С., Валиев Х.Р.</b> Вовлечение в пирометаллургическую переработку золотосодержащих упорных руд и отходов обогатительных фабрик АО «Алмалыкский ГМК» .....	60
<b>Эминов Аф.А., Эминов А.М., Кадырова З.Р.</b> Обжиг тонкокерамических изделий: режимы и сущность процессов образования структуры .....	62
<b>Турсунов А.С., Турдалиев У.М., Оразимбетова Г.Ж.</b> Обогащения глауконитовых руд по методу простого отмучивания .....	68
<b>Каршиев М., Файзиев М.М.</b> Определение адгезионных свойств лабораторных образцов полученным газопламенным напылением с последующим оплавлением .....	70
<b>Ochilov M., Mamatkulov N.N., Abdushukurov A.K.</b> Fenil-4-metoksifenoksipropionat sintez usuli va uning texnologik sxemasini ishlab chiqish .....	73

#### 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

<b>Абед Н.С., Негматов С.С., Нормуродов А.А., Туляганова В.С., Джабборов Б.Т., Бозорбоев Ш.А.</b> Исследование электрофизических свойств разрабатываемых композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе .....	76
<b>Фузаилова К.Р.</b> Исследование свойств композиционных материалов, использующихся в раскладках головного убора .....	79
<b>Во'rixonov B.X., Rajabova G.R., Berdimurodov E.T., Panjiyev A.X.</b> Uchlamchi aminlar asosida sintez qilingan to'rtlamchi ammoniy tuzlarini kvant-kimyoviy hisoblashlarni amalga oshirish .....	81
<b>Махкамов В.Г'.</b> Mahalliy xomashyodan sintez qilingan pan/vermikulit kompozitining Cu(II), Ni(II) ionlari bilan sorbsiyasi .....	86
<b>Тошпулатова Г.Р., Хушвактова У.А., Абдурахимов К.Г., Дехканбаева С.А., Камолов Т.О.</b> Исследование механизма окисления молибденита азотной кислотой .....	89
<b>Xudoynazarov F.S.</b> Piroliz qurumining termodinamik xossalari .....	93
<b>Lutfullayev S.Sh., Sayfullayev T.X., Xayitov J.K.</b> Qayta ishlangan polietilen asosidagi kompozitlarning mexanik xossalariга somon tolalaring miqdori va o'lchami ta'siri .....	96
<b>Негматов С.С., Мусабеков Д.Х., Исмаилов Р.И., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю.</b> Проведение опытно-производственные испытания разработанных композиционных химических деэмульгаторов для обезвоживания и обессоливания нефти в условиях ООО «Ферганский НПЗ» .....	99
<b>Абдувалиева К.Х.</b> Экологические аспекты интенсификации процесса извлечения платиноидов из техногенного сырья .....	102
<b>Сайназаров А.М., Маткаримов С.Т., Мухаметджанова Ш.А., Носирходжаев С.К.</b> Микроструктурное и фазовое исследование шлака донной корки кислородно-взвешенной плавки меди на стадии шлакоотвода .....	103

#### 5. Методы исследования, приборов и оборудований композиционных материалов

<b>Qarshiyev H.K., Xasanov A.S., Murashkeyevich S.M., Mirzanova Z.A.</b> Eritmadan kobaltni oksidlab-cho'ktirishning zamonaviy holati va oksidlab cho'ktirishga ta'sir etuvchi omillarni tadqiq qilish.....	107
<b>Во'rixonov B.X., Ahmadova R.S., Tojimuhamedov H.S., Panjiyev A.X.</b> Etilenxlorgidrin asosida to'rtlamchi ammoniy tuzlari sintezi va ularni xitozan bilan modifikatsiyasi .....	113
<b>Сидрасулиева Г.Б., Каттаев Н.Т., Акбаров Х.И.</b> Синтез, идентификация и морфология поверхности нанокompозита O-g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /ZnO .....	116
<b>Мнажов А.Н., Абылова А.Ж.</b> Қорақалпоғистон республикаси устурт текислиги гипс минералларининг кимёвий, физик-кимёвий таҳлил натижалари .....	120