

черкивает необходимость дальнейшего развития этих технологий, а также их сочетания для получения оптимального результата.

Оптимизация технологии извлечения драгоценных металлов может быть достигнута с помощью комбинированных методов, включающих предварительное озонирование растворов для удаления органических примесей, а затем последующую сорбцию для селективного извлечения драгоценных металлов. Этот подход позволяет значительно улучшить селективность извлечения и сократить затраты на реагенты, что ведет к экономии ресурсов.

Расчеты показали, что комбинированный метод позволяет сократить расход реагентов на 20–30 %, при этом эффективность извлечения драгоценных металлов остаётся высокой.

Срок окупаемости внедрения новой технологии составляет всего 2–3 года, что подтверждает ее экономическую эффективность. Изученные технологические растворы медного производства представляют собой ценнейший источник драгоценных металлов, что обосновывает целесообразность их переработки.

Таким образом, предложенные методы переработки технологических растворов медного производства с извлечением драгоценных металлов представляют собой эффективное и перспективное решение для повышения эффективности металлургических процессов и улучшения экологической ситуации.

Рекомендации по дальнейшим исследованиям и внедрению технологии будут способствовать дальнейшему развитию этой области и реализации потенциала металлургической отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Холикулов Д.Б. Разработка технологии переработки технологических растворов медного производства. Монография. – Алмалык: ТГТУ, 2024. – 112 с.

УДК 661.847.22

Ш.Р. Рахимкулов, асп.  
(ТХТИ, г. Ташкент, Узбекистан);  
М.А. Самадий, проф., канд. техн. наук  
(КИЭИ, г. Карши, Узбекистан)

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДА ЦИНКА

Оксид цинка (ZnO) – неорганическое соединение, состоящее из цинка и кислорода. ZnO обычно встречается в виде белого кристалли-

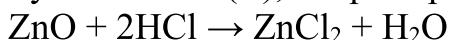
ческого порошка и является одним из наиболее изученных материалов благодаря своим уникальным свойствам. Его важные свойства, такие как полупроводниковое поведение и наноструктурный потенциал, делают его широко используемым в различных областях, таких как физика, химия и материаловедение.

Кристаллическая структура ZnO обычно имеет гексагональную (вюрцитную) кристаллическую структуру, но при определенных условиях может также принимать кубическую структуру. Эти структуры влияют на электрические и оптические свойства ZnO. Благодаря высокой температуре плавления (1975 °C) и высокой термической стабильности ZnO широко используется в высокотемпературных процессах [1].

Оксид цинка является полупроводником с широкой запрещенной зоной. Его энергия запрещенной зоны составляет около 3,37 эВ, что делает его многофункциональным материалом. Это свойство позволяет использовать ZnO в приложениях, поглощающих ультрафиолет (УФ), оптоэлектронных устройствах и фотоэлектрических системах.

Оптические свойства ZnO используется в различных оптических системах благодаря своей высокой эффективности поглощения УФ-излучения и прозрачности. Его оптические свойства позволяют применять его в солнцезащитных кремах и лосьонах для защиты от УФ-излучения. ZnO также обладает фотолюминесцентными свойствами, то есть он излучает яркий свет под воздействием УФ-излучения [2]. Поверхностная структура и размер частиц оксида цинка могут образовывать наномасштабные структуры, которые позволяют использовать его в качестве фотокатализатора. Наночастицы ZnO имеют большую площадь поверхности, что увеличивает активность реакции. Кроме того, большая площадь поверхности ZnO облегчает его применение в промышленности и биомедицине из-за его сильной адсорбционной способности.

Химическая стабильность ZnO может реагировать в различных средах, особенно под воздействием кислот и оснований. При реакции с кислотами ZnO образует соли Zn (II), например [3],



В ходе реакции образуется  $\text{ZnCl}_2 \cdot \text{ZnO}$ , который относительно стабилен в основных средах, что делает его пригодным для различных промышленных процессов.

ZnO фотоактивен под действием УФ-излучения и действует как фотокатализатор. Это свойство позволяет использовать ZnO в техно-

логиях очистки окружающей среды, таких как окисление органических загрязнителей в воде и снижение загрязнения воздуха.

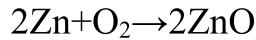
Наночастицы ZnO обладают антибактериальным действием и могут предотвращать рост и размножение микроорганизмов. Это свойство делает ZnO полезным в биомедицинской и косметической областях [4].

Благодаря своим физическим и химическим свойствам ZnO широко используется в различных областях:

- оптоэлектроника и фотовольтаика: полупроводниковые свойства ZnO позволяют широко и эффективно использовать его в солнечных батареях и светодиодном освещении [5].
- промышленность и строительство: ZnO используется в производстве красок, защитных покрытий и керамики.
- биомедицина и косметика: антибактериальный эффект ZnO и его свойства поглощения УФ-излучения используются в кремах, лосьонах и лаках для ногтей [6].

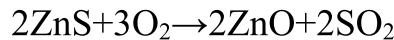
Существует несколько способов получения оксида цинка (ZnO). Эти методы используются в промышленности и в лабораториях, некоторые, наиболее распространенные методы:

Прямое окисление цинка: металлический цинк реагирует с кислородом при высокой температуре с образованием чистого оксида цинка.



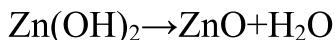
Этот процесс достигается путем нагревания металлического цинка при высокой температуре с кислородом.

Разложение карбоната цинка: карбонат цинка ( $\text{ZnCO}_3$ ) разлагается при высокой температуре с образованием оксида цинка и углекислого газа:

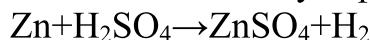


Этот метод используется для получения небольших количеств ZnO в лабораториях.

Химическое осаждение и нагрев: гидроксид цинка ( $\text{Zn(OH)}_2$ ) образуется в результате реакции солей цинка (например,  $\text{Zn(NO}_3)_2$  или  $\text{ZnSO}_4$ ) под действием гидроксида, а затем этот гидроксид нагревается и превращается в оксид цинка:



Оксид цинка получают сжиганием сульфида цинка:



Оксид цинка (ZnO) является ценным материалом в науке и промышленности благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам. Его широкозонное полупроводниковое поведение, фото-

химическая активность и антибактериальный эффект позволяют эффективно использовать ZnO в оптоэлектронике, биомедицине и экологических технологиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Özgür, Ü., Alivov, YI, Liu, C., Teke, A., Reshchikov, MA, Dogan, S., Avrutin, V., Cho, SJ, and Morkoç, H.. A comprehensive review of ZnO materials and devices. *Journal of Applied Physics*, 98(4), 2005. – 041301.
2. Klingshirn, C. (2007). ZnO: From Fundamentals to Applications. *Physica Status Solidi (b)*, 244 (9), – P. 3027–3073.
3. See DC (2001). Recent advances in ZnO materials and devices. *Materials Science and Engineering: B*, 80(1–3). – P. 383–387.
4. Zhang, L., Jiang, Y., Ding, Y., Dascalakis, N., Jeuken, L., Povey, M., & O'Neill, AJ, & York, DW (2010). Mechanistic investigation of the antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions against *E. coli*. *Journal of Nanoparticle Research*, 12 (5). – P. 1625-1636.
5. Janotti, A. and Van de Wall, CG (2009). Basics of zinc oxide as a semiconductor. *Progress Reports in Physics*, 72(12), 126501.
6. Wang, ZL (2004). Zinc oxide nanostructures: growth, properties and applications. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 16(25). – P. 829–858.

УДК 669.053.4

Д.Б. Холикулов, д-р техн. наук, проф., зам. директора по научной работе и инновациям;  
И.И. Шайманов, докторант кафедры «Металлургия»;  
Ш.Т. Хожиев, Ph.D., доц. кафедры «Металлургия»;  
(Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, г. Алмалык, Узбекистан)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ) на сегодняшний день является одним из важнейших материалов, широко используемых в различных отраслях промышленности. Его аморфная разновидность обладает высокими характеристиками и играет значительную роль в производстве электроники, оптики, резиновой техники, химической промышленности и строительных материалов. Разработка технологии получения аморфного диоксида кремния из металлургических отходов, содержащих кремний, в настоящее время считается актуальной задачей, так как