

УДК 628.31

## СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ТИТАНСОДЕРЖАЩЕГО КОАГУЛЯНТА

Е. Н. КУЗИН

Научный руководитель Н. Е. КРУЧИНИНА, д-р техн. наук, проф.  
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева  
Москва, Россия

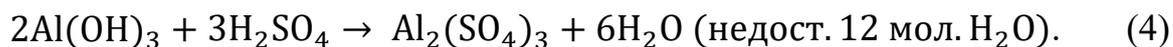
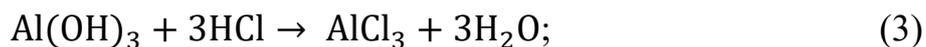
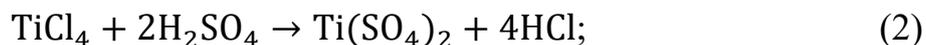
Вопросам очистки сточных вод уделяется достаточно много внимания. Рост промышленного производства и сокращение запасов пресной воды диктуют необходимость поиска новых высокоэффективных реагентов для инженерной защиты гидросферы.

Традиционные реагенты на основе солей алюминия и железа, несмотря на относительно высокую эффективность, не способны решать поставленные перед ними задачи [1]. Новым витком эволюции коагулянтов являются соли титана. Высокоэффективные реагенты, работающие в широком диапазоне рН, обладающие низкой токсичностью, способны полностью заменить алюминий и железосодержащие реагенты. Однако крайне высокая стоимость существенно тормозит их повсеместное внедрение [2].

Выходом из сложившейся ситуации может стать использование комплексных титансодержащих реагентов, полученных модификацией традиционных коагулянтов добавкой соединений титана [3, 4].

Цель работы – презентация технологии синтеза комплексного титансодержащего коагулянта, а также выбор потенциальных направлений его применения.

В основе предполагаемой технологии синтеза комплексного титансодержащего реагента лежат реакции гидролитического разложения тетрахлорида титана с получением соляной кислоты и коллоидного гидроксида титана (реакция 1), реакция обменного разложения тетрахлорида титана под действием серной кислоты (реакция 2), нейтрализации свободной соляной кислоты гидроксидом алюминия (реакция 3), а также реакция образования сульфата алюминия из гидроксида алюминия и серной кислоты (реакция 4).



Наиболее стабильной формой сульфата алюминия будет 18-водный кристаллогидрат, при этом недостающую влагу сульфат алюминия получит из водных растворов тетрахлорида титана, реализуя тем самым механизм химической дегидратации. Применение данного процесса позволит отказаться от сушки и существенно снизить себестоимость получаемого комплексного реагента.

Процесс синтеза ведут в реакторе с нагревом при температуре реакционной смеси 80 °С...90 °С. В реактор вводят водный раствор тетрахлорида титана и гидроксид алюминия, а затем, при постоянном перемешивании и нагревании, вводят серную кислоту. Варьируя соотношение гидроксид алюминия – тетрахлорид титана + серная кислота, становится возможным изменение доли модифицирующей добавки соединений титана. Данные о составе двух образцов, полученных по описанной методике синтеза, представлены в табл. 1.

Табл. 1. Состав образцов комплексных титансодержащих коагулянтов

Содержание, масс. %			
$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	Ti-комп.	Нераств. часть
5,7	91,7	2,5	0,1
10,5	84,6	4,8	0,1

Апробацию полученных образцов комплексных реагентов проводили на сточной воде установки газоочистки линии изготовления минеральной ваты Московской области. Исходное содержание взвешенных веществ – 857 мг/дм<sup>3</sup>, рН – 8,36. В качестве образца сравнения использовали традиционный коагулянт – сульфат алюминия. Полученные в результате эксперимента данные представлены в табл. 2.

Табл. 2. Остаточные концентрации загрязняющих веществ

Реагент	Доза коагулянта, мг (МехОУ/дм <sup>3</sup> )					
	10	20	30	40	50	60
Сульфат алюминия	790	650	390	110	65	12
Комплексный коагулянт	680	450	97	49	5,6	4,5

Как видно из представленных данных, комплексный титансодержащий коагулянт позволяет не только минимизировать остаточные концентрации взвешенных веществ, но и сократить дозировку коагулянта. Повышенная эффективность обусловлена процессами поликонденсации соединений титана (флокуляцией), а также явлением зародышеобразования (нейтрализационная коагуляция).

На основании полученных данных сформулировано предположение, что комплексные реагенты могут быть эффективны для очистки сточных вод пищевой, нефтехимической, металлургической и других отраслей промышленности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Moussas, P.** Advances in coagulation/flocculation field: Al- and Fe-based composite coagulation reagents / P. Moussas, N. Tzoupanos, A. Zouboulis // Desalination and Water Treatment. – 2011. – Vol. 33. – P. 140–146.
2. **Thomas, M.** Efficiency of titanium salts as alternative coagulants in water and wastewater treatment: Short review / M. Thomas, J. Bağ, J. Królikowska // Desalination and Water Treatment. – 2020. – Vol. 208. – P. 261–272.
3. Titanium-Containing Coagulants in Wastewater Treatment Processes in the Alcohol Industry / E. Kuzin [et al.] // Processes. – 2022. – Vol. 10, № 3.
4. Модификация титанового коагулянта сульфатным способом / Н. Е. Кручинина [и др.] // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 24–27.