



## Операция V: спасаем ванадий



### Кейсодатель

АО «ЕВРАЗ Ванадий Тула» – ведущий российский производитель соединений ванадия, применяемых в металлургии, химической промышленности и аккумуляторных технологиях. Предприятие использует замкнутый цикл водооборота, исключая сброс сточных вод, что требует эффективных методов извлечения и повторного использования ценных компонентов.

### Введение

Оксид ванадия ( $V_2O_5$ ) является важным промышленным материалом, используемым в производстве легированных сталей, катализаторов для нефтехимической промышленности и электродных материалов для литий-ионных аккумуляторов. Его получение включает сложные химико-технологические процессы, в результате которых образуются растворы, содержащие остаточные соединения металлов, включая ванадий.

В технологическом процессе на предприятии «ЕВРАЗ Ванадий Тула» ванадий в отработанной воде присутствует в форме катиона  $V^{5+}$  в сернокислой среде. Для очистки воды и улавливания металлов применяется метод осаждения, при котором образуется гипсовая композиция. Эта композиция представляет собой твердый осадок, содержащий осажденные соединения металлов, и реализуется как побочный продукт. Ванадий, содержащийся в воде, в процессе осаждения полностью переходит в этот осадок.

### Проблематика

В технологическом процессе ванадий полностью осаждается из воды в составе гипсовой композиции. Вода после очистки возвращается в производственный цикл, а сам осадок продается как побочный продукт. Однако ванадий, содержащийся в гипсовой композиции, не играет ключевой роли в ее товарных свойствах и фактически остается в виде примеси. При этом его потери достигают до 0,5 г/л в пересчете на пентаоксид ванадия ( $V_2O_5$ ), что снижает эффективность использования сырья.

Основная задача заключается в том, чтобы извлечь ванадий до его попадания в гипсовый осадок, либо найти способ удаления ванадия из самой композиции, не ухудшая ее товарные свойства. Также можно рассмотреть возможность изменения самой технологии осаждения таким образом, чтобы ванадий не попадал в гипсовый осадок, а отделялся на более ранних стадиях. Это позволит минимизировать потери

ванадия и повысить эффективность его использования в производственном процессе.

### Техническое задание

1. **Проанализировать** существующие методы извлечения ванадия из воды до стадии осаждения – можно ли убрать ванадий до его перехода в осадок с помощью химических, сорбционных или мембранных технологий?
2. **Провести исследование** возможных способов удаления ванадия из гипсового осадка, сохраняя товарные качества самой композиции. Как можно отделить ванадий, не разрушая гипсовую композицию?
3. **Рассмотреть** вариант модификации технологии осаждения, чтобы ванадий не осаждался в гипсовую композицию, а отделялся отдельно. Можно ли использовать дополнительный реагент или изменить параметры процесса?
4. На основании проведенного анализа и исследования в рамках пунктов ТЗ 1-3 **предложить вариант** эффективного метода извлечения ванадия.
5. **Разработать** проект технологической схемы предложенного метода: какие этапы он будет включать, какие реагенты и процессы потребуются?
6. **Оценить** экономическую эффективность предлагаемого метода – насколько реалистично его внедрение на предприятии?

### Справка

Ванадий (V) – переходный металл, широко применяемый в металлургии для производства легированных сталей, а также в химической промышленности и аккумуляторных технологиях. В воде он может находиться в различных формах в зависимости от кислотности среды, что определяет сложность его удаления. На практике для извлечения ванадия из растворов могут использоваться химическое осаждение, ионный обмен, сорбционные методы и мембранные технологии. Школьникам предлагается исследовать возможные методы очистки, выбрать наиболее подходящий вариант и предложить его интеграцию в систему водооборота предприятия.