

аналогичной методике готовили тест-полоски в растворе сенсора S2 для детектирования фторид-ионов. Таким образом, в результате работы

были разработаны индикаторные тест-полоски, которые позволяют быстро и эффективно обнаруживать цианиды и фториды.

### Список литературы

1. Erdemir S., Malkondu S. *On-site and low-cost detection of cyanide by simple colorimetric and fluorogenic sensors: smartphone and test strip applications* // *Talanta*, 2020. – V. P. – 120278 p.
2. Wang B. *Chemosensors: Principles, Strategies, and Applications*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. – 540 p. – doi: 10.1002/anie. 201201767.
3. Ghosh A., Jose D. A., Kaushik R. // *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2016. – V. 229. – P. 545–560. – doi: 10.1016/j.snb. 2016.01.140.
4. Кудреватых А. А. Мартыянов Т. П., Клименко Л. С. // *Вестник ЮГУ*, 2019. – 1 (52). – С. 82–87. – doi: 10.17816/byusu 201901782-87.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ

А. А. Сычева

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Л. И. Дорофеева

Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, aaa72@tpu.ru

Задачи переработки технологических растворов с целью селективного извлечения ценных компонентов, обезвреживания жидких радиоактивных отходов, регенерации отработанных дезактивирующих растворов актуальны и востребованы на сегодняшний день во многих отраслях промышленного производства.

Обработка с использованием химических реагентов промывных растворов, возвращающихся с циклов дезактивации деталей и узлов оборудования, а также концентрированных обезжиривающих растворов, как правило, не позволяет достичь требуемых показателей, особенно по тяжелым металлам и органике. В этом случае, применяют ионообменные и электромембранные технологии очистки, позволяющие организовывать замкнутые процессы с одновременным извлечением из технологических сред растворенных ценных компонентов.

Как правило, технология очистки включает в себя несколько стадий, включающих предварительную подготовку с корректировкой pH среды, улавливания взвешенных примесей и высокомолекулярных органических компонентов, нефтепродуктов а также дальнейшую глубокую очистку методами ионного обмена (с использованием фторопластовых мембран, стойких в агрессивных средах), электромембранными технологиями в электродиализаторе с использованием селективного мембранного материала [1]. Серноокислые растворы, возвра-

щающиеся со стадии отмывки деталей и узлов оборудования пропускаются через стадию очистительного модуля и на выходе поступают на оперативный контроль сходимости и контроль погрешности [2] с использованием метода кратного изменения измеряемого параметра в пробе (варьирование аликвотой пробы). Диапазон измерений массовой концентрации от 1,4 до 30 г/дм<sup>3</sup> включительно.

Массовую концентрацию серной кислоты, г/дм<sup>3</sup> рассчитывают по формуле

$$X = (V_1 \cdot M \cdot C) / V_2 \quad (\text{г/дм}^3) \quad (1)$$

где:  $V_1$  – объем раствора гидроокиси натрия, пошедшего на титрование, см<sup>3</sup>;  $M$  – молярная масса эквивалента серной кислоты, 49 г/моль;  $C$  – молярная концентрация раствора гидроокиси натрия, моль/дм<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем аликвоты анализируемой пробы, см<sup>3</sup>.

При получении каждого результата измерений выполняют два параллельных определения и проводят оперативный контроль сходимости, согласно (2).

$$X_{\max} - X_{\min} \leq d_{\text{отн}} \cdot \bar{X} \quad (2)$$

где  $X_{\max}$  – максимальное значение результата параллельного определения, г/дм<sup>3</sup>;  $X_{\min}$  – минимальное значение результата параллельного определения, г/дм<sup>3</sup>;  $\bar{X}$  – среднее арифметическое значение результатов параллельных определений, г/дм<sup>3</sup>.  $d_{\text{отн}}$  – значение норматива оперативного контроля сходимости относительно

измеряемых массовых концентраций (при доверительной вероятности  $P=0,95$  и числе параллельных измерений  $n=2$ ). За окончательный результат измерений массовой концентрации серной кислоты в пробе ( $\bar{X}$ ) принимают среднее арифметическое значение результатов, удовлетворяющих условию сходимости:

$$d_{отн} = 2,77 \cdot \sigma_{сх}(\delta) \quad (3)$$

где  $\sigma_{сх}(\delta)$  – значение характеристики сходимости относительно измеряемых массовых концентра-

ций серной кислоты в соответствии с табличными данными; 2,77 – значение квантиля распределения размахов при числе параллельных определений  $n=2$ .

Проведенные результаты замеров массовой концентрации регенерированной серной кислоты и наличие примесей органики находятся в допустимом диапазоне и показывают возможность повторного технологического использования растворов в замкнутом цикле.

### Список литературы

1. Носовский А. В., Васильченко В. Н., Ключников А. А., Яценко Я. В. *Безопасность атомных станций снятие с эксплуатации ядерных энергетических установок.* Техника, 2005. – 288 с.
2. *ОСТ 95 10289-2005. Отраслевая система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль.*

## ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

И. В. Туксов

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент ИЯТШ А. Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Томск, пр. Ленина, 30, [whirpool94@yandex.ru](mailto:whirpool94@yandex.ru)

Синтезированный в ядерном реакторе плутоний-239 и уран-238 содержатся в отработавшем на АЭС ядерном топливе в размере около 97 %, при этом доля продуктов деления изотопов урана-235 и плутония не превышает 3 % [1]. Слабо-концентрированные водные нитратные растворы (рафинаты) появляются после экстракции, они не содержат уран, плутоний и минорные актиноиды. Это отходы переработ-

ки отработавшего ядерного топлива (ОП ОЯТ). Рафинаты имеют следующий характерный элементный состав: 0,11 % Nd, 0,10 % Mo, 0,07 % Fe, 0,06 % Y, 0,058 % Zr, 0,04 % Na, 0,039 % Ce, 0,036 % Cs, 0,031 % Co, 0,026 % Sr, 18,00 %  $\text{HNO}_3$ , 81,43 %  $\text{H}_2\text{O}$ .

ОП ОЯТ концентрируют путем выпаривания, закачивают в баки из кислотостойкой стали и отправляют на длительное хранение, не пред-

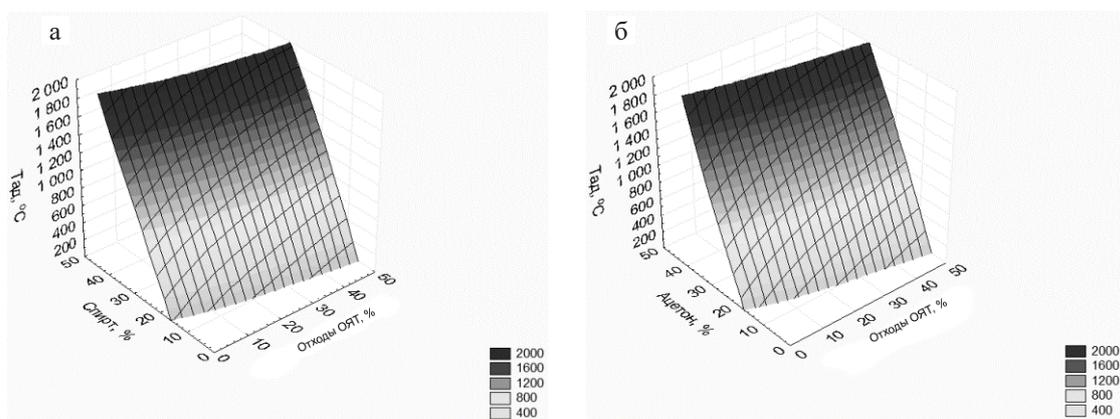


Рис. 1. Влияние содержания ОП ОЯТ на  $T_{до}$  водно-органических нитратных растворов на основе этанола (а) и ацетона (б)