

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ СТОКОВ ТРАВЛЕНИЯ ТИТАНА

Т.З. Забиров, И.В. Овсянникова, Н.Н. Фанакова

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Н.А. Быковский

Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Стерлитамаке,

Россия, г. Стерлитамак, пр. Октября 2, 453118

E-mail: [nbikovsky@list.ru](mailto:nbikovsky@list.ru)

Широкое использование титана в различных областях промышленности обусловлено его уникальными свойствами, такими как низкая плотность, высокая механическая прочность, стойкость к различным агрессивным средам, высокая температура плавления и т.д. Изготовление изделий из титана связано с удалением окисной пленки на его поверхности. Большинство методов удаления окисной пленки связано с травлением поверхности титана различными кислотами [1-4]. При использовании в качестве травильного раствора смеси плавиковой и соляной кислот образуется отработанный кислый травильный раствор (ОКТР), содержащий  $TiF_3$ ,  $HF$  и  $HCl$  и обладающий сильной токсичностью. Рядом исследователей предлагается перед разведением или переработкой ОКТР его нейтрализация щелочью [5,6]. При этом образуется сток, содержащий  $NaF$  и  $NaCl$ .

В последнее время для определения токсичности сточных вод все шире применяются различные фитоэкоиндикаторы, одним из которых является кресс-салат [7-9]. Преимущество использования последнего в качестве фитоэкоиндикатора обусловлено отзывчивостью на токсичность среды трех параметров (всхожести, длины проростков и сухого веса проростков).

В работе представлены результаты исследований токсичности ОКТР, содержащих  $TiF_3$ ,  $HF$  и  $HCl$  до и после нейтрализации их  $NaOH$ . В качестве индикатора использовался кресс-салат сорта Забава, зарегистрированный в Государственном реестре селекционных достижений. ОКТР содержал 21.9 г/л фторида титана, 1.7 г/л плавиковой кислоты и 6.2 г/л соляной кислоты. Нейтрализация ОКТР производилась до достижения последним рН равным 7,6.

Эксперимент проводили согласно методики [10]. При этом рассчитывали относительную погрешность измерений с использованием распределения Стьюдента для доверительной вероятности равной 95%. В соответствии с [11] зависимость анализируемых параметров от кратности разбавления обрабатывали уравнениями прямой линии.

Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции зависимости средней длины проростков и их сухого веса от кратности разбавления ОКТР до нейтрализации, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции

Анализируемый параметр	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
Длина проростков, мм	$Y = 25,484 + 0,12433 \cdot X$	0,94
Вес, мг	$Y = 0,83539 + 0,00053 \cdot X$	0,86

Опыты с каждой кратностью разбавления дублировались по три раза. Таким образом, для получения уравнений регрессии использовались средние величины 12 экспериментов. Критическое значение коэффициента корреляции для 12 опытов при доверительной вероятности 95% равно величине 0,576 [11]. Таким образом, уравнения регрессии зависимости средней длины и сухого веса проростков от кратности разбавления достоверно описывает экспериментальные результаты. Это указывает на то, что данные параметры можно использовать для определения безопасной кратности разбавления не нейтрализованного ОКТР. Поскольку коэффициент корреляции для средней длины проростков выше, чем для их сухого веса, для определения безопасной кратности разбавления не нейтрализованного ОКТР применяем зависимость средней длины проростков от кратности разбавления. Таким образом, безопасная кратность разбавления ОКТР до его нейтрализации составляет 669,2.

Таблица 2 – Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции

Анализируемый параметр	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
Всхожесть, %	$Y = 73,540 + 0,5112 \cdot X$	0,49
Длина проростков, мм	$Y = 45,426 + 0,20775 \cdot X$	0,81
Вес, мг	$Y = 0,96771 + 0,00072 \cdot X$	0,55

Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции зависимости всхожести семян средней длины проростков и их сухого веса от кратности разбавления ОКТР после нейтрализации, представлены в таблице 2.

Для получения уравнений регрессии нейтрализованного ОКТР использовалось 15 опытов. Критическое значение коэффициента корреляции для 15 опытов при доверительной вероятности 95 % равно величине 0,514 [11]. Следовательно, зависимость, описывающая всхожесть семян от кратности разбавления не пригодна для определения безопасной кратности разбавления. Коэффициент корреляции зависимости средней длины проростков в 1,5 раза выше, чем зависимости сухого веса от кратности разбавления ОКТР. Поэтому для расчета безопасной кратности разбавления необходимо использовать зависимость средней длины проростков от кратности разбавления. Таким образом, безопасная кратность разбавления для ОКТР после его нейтрализации щелочью составляет 382,5.

Проведенные исследования показывают, что ОКТР оказывает острое токсичное действие как до его нейтрализации, так и после его нейтрализации щелочью. Однако для получения стока ОКТР безопасного для окружающей среды необходимо разведение не нейтрализованного ОКТР в 669,2 раза, а нейтрализованного ОКТР щелочью – в 382,5 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Formanoir C., Suard M., Dendievel R., Martin G., Goden S. Improving the mechanical efficiency of electron beam melted titanium lattice structures by chemical etching // Additive Manufacturing. - 2016. - Vol. 11. - P. 71-76.
2. Liu Z., Tsai I-L., Thompson G.E., Liu H., Donatus U. Chemical etching behavior of bromine-methanol electrolyte // Materials Chemistry and Physics -. 2015. - Vol. 160. - P. 329-336.
3. Marin E., Diamanti M. V., Boffelli M., Sendoh M., Pedferri M., Mazinani A., Moscatelli M., Curto B., Zhu W., Pezzotti G., Chies R. Effect of etching on the composition and structure of anodic spark deposition film on titanium // Materials & Design. - 2016. - Vol. 108. - P. 77-85.
4. Усова В.В., Плотникова Т.П., Кушакевич С.А. Травление титана и его сплавов. - М.: Изд-во «Металлургия», 1984. - 127 с.
5. Пат. 2289638 РФ. МПК C23F1/46 Способ регенерации отработанных травильных кислых растворов, образующихся при обработке титановых сплавов/ Трубин А.Н., Гиль Г.И.; заявитель и патентообладатель: ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». - №2005122756/02; заявл. 18.07.2005; опубл. 20.12.2006, Бюл. № 35
6. Пат. 2596564 РФ. МПК C23F1/46, C23G1/36. Способ регенерации отработанных кислых травильных растворов, образующихся при обработке изделий из титана / Быковский Н.А., Низов В.А., Фанакова Н.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет». - № 2015113659/02; заявл. 13.04.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25
7. Быковский Н.А., Пучкова Л.Н., Фанакова Н.Н. Исследование токсичности дистиллерной жидкости аммиачно-содового производства различными тест-объектами // Экология и промышленность России. -2015. - Т. 19. - № 10. - С. 48-51.
8. Даминев Р.Р., Исламутдинова А.А., Шаяхметов А.И. Allium-тест и математическая модель при оценке токсичности циклических аммониевых соединений // Экология урбанизированных территорий. - 2012. -№2. - С. 80-84.
9. Быковский Н.А., Овсянникова И.В., Пучкова Л.Н., Фанакова Н.Н., Хайруллин Р.М. Использование кресс-салатов и пшеницы в качестве фитоэкоиндикаторов для оценки токсичности дистиллерной жидкости // Современные проблемы науки и образования. - 2017. - № 2. - URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26377> (дата обращения: 18.05.2017).
10. Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса, проростков семян кресс-салата (*lepidium sativum*) // ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013/Москва.- 2013.
11. Урбах В.Ю. Биометрические методы (статистическая обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве и медицине). - М.: Изд-во «Наука», 1964. - 415 с.