

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ РАСТВОРОВ $U^{238}$ ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ФУЛЛЕРЕНОЛОМ. БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ МОНИТОРИНГ

В. В. Медведев, А. А. Семенова

Научный руководитель – к.б.н., доцент ОЯТЦ А. С. Сачкова

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»*

*634050, Россия, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, vvm54@tpu.ru*

Загрязнение окружающей среды ураном диктует необходимость контроля концентрации этого элемента в природных водах до допустимых пределов [1].

Уран в виде ионов уранила практически необратимо связывается с сульфгидрильными группами аминокислотных остатков белков, что приводит к их инактивации.

Перспективными биоактивными агентами для снижения токсичности являются гуминовые вещества и фуллеренолы – нанообъекты природного и антропогенного происхождения.

В последнее время биоломинесцентный анализ стал не только одним из перспективных экспрессных методов биологического мониторинга водной среды [2], но и методом с помощью которого можно изучать механизмы снижения токсичности поллютантов [3]. В работе использовали люминесцентную систему двух сопряженных реакций, катализируемых ферментами NAD(P)H:FMN-оксидоредуктазой и люциферазой:

1. NADH, FMN-оксидоредуктаза



2. Люцифераза



Данная система является моделью живой клетки по изменению данного параметра можно косвенно судить о состоянии организма.

Было исследовано влияния нитрата уранила на скорость окисления NADH – восстановителя люминесцентной системы двух сопряженных реакций, катализируемых ферментами NAD(P)H:FMN-оксидоредуктазой и люциферазой, а также исследованы механизмы снижения токсичности растворов  $U^{238}$  гуминовыми веществами и фуллеренолом –  $C_{60,70}(OH)_{20-24}$ .

Работа выполнена на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ ЭКРОС. Используемые реактивы: NADH; FMN,  $KH_2PO_4$  и  $K_2HPO_4$ , Гуминовые вещества (ГВ, Гумат-80), азотнокислый уран;

фуллеренол  $C_{60,70}(OH)_{20-24}$  и комплекс реактивов аналитической биоломинесценции (КРАБ).

Проводили измерения скорости окисления NADH в реакционных смесях разного состава при длине волны 340 нм. Порядок реакции считаем псевдопервым. Расчет изменения скорости окисления NADH проводили по формуле:  $V = -\Delta C / \Delta t$ .

Влияние  $U^{238}$  на скорость окисления NADH изучали с использованием растворов различного состава. Добавление растворов нитрата уранила как к раствору NADH, так и к смеси NADH приводило к снижению скоростей процессов. Так, скорость автоокисления NADH снизилась в 2,26 раза (2,3 против 5,1)  $\cdot 10^{-7}$ , (моль/л)·мин, а скорость биохимической реакции NADH + FMN в 2,6 раза (3,6 против 9,5). Известно, что в роль металла в используемой соли урана выполняет катион уранила  $[UO_2]^{2+}$ . Ранее, коллегами из Института биофизики СО РАН города Красноярска было показано, что уран приводит к снижению интенсивности биоломинесценции, что свидетельствует о его токсическом воздействии даже при малых концентрациях.

Стоит отметить, что и ГВ, и фуллеренол снижают токсичность раствора урана. Скорость взаимодействия NADH + FMN составляет 9,48, в то время как добавление раствора урана снижает ее до 3,6, но добавление  $C_{60,70}(OH)_{20}$  ускоряет процессы до 7,02  $\cdot 10^{-7}$ , (моль /л)·мин, т. е. снижают токсический эффект в 2 раза. Для ГВ получена аналогичная тенденция, но снижение токсичности произошло в 1,7 раза. Снижение скорости процесса при добавлении растворов нитрата уранила может быть связано как с радиационными, так и с химическими механизмами токсического воздействия уранил-иона. Снижение токсического эффекта в присутствии ГВ или  $C_{60,70}(OH)_{20-24}$  предположительно связано с тем, что ГВ и фуллеренол работают как катализатор внутренних окислительно-восстановительных процессов.

Таким образом, было определено влияние нитрата уранила на скорость биохимических процессов биолюминесцентной системы, катализируемой NAD(P)H:FMN-оксидоредуктазой

и люциферазой. Показана перспективность использования ГВ и  $C_{60,70}(OH)_{20-24}$  в качестве детоксикантов растворов нитрата уранила.

### Список литературы

1. Орумо К., Елохин А. П., Ксенофонтов А. И. // *Глобальная ядерная безопасность*, 2020. – Т. 35. – № 2. – С. 16–41.
2. Безруких А. Е., Есимбекова Е. Н., Кратасюк В. А. // *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2011. – Т. 4. – № 1. – С. 64–72.
3. Колесник О. В., Рожко Т. В., Лапина М. А., Соловьёв В. С., Сачкова А. С., Кадрышева Н. С. // *MDPI. Bioengineering*, 2021. – Т. 8. – № 194. – С. 1–13.

## ВОДНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ОТРАБОТАННОГО ВАНАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА

А. А. Миклашевич

Научный руководитель – старший преподаватель ОЯТЦ А. А. Смороков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, aam158@tpu.ru

Около 87 % мировой доли ванадия потребляет металлургическая промышленность. Ванадий имеет высокую химическую активность, благодаря которой его можно применять в различных промышленных отраслях, но основная химическая в виде производства красителей и получение катализаторов.

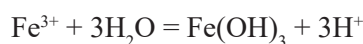
Каждый год при производстве серной кислоты образуется порядка 40 тысяч тонн отработанных ванадиевых катализаторов (ОВК). Примерный состав катализаторов может варьироваться от 5 до 10 %  $V_2O_5$ , от 40 % до 60 %  $SiO_2$  и до 10 %  $K_2O$ , а также содержит большое количество серы в различных формах (сульфаты, сульфиды и т. д.), но состав может изменяться в зависимости от производства и места добычи ванадия. И использованный ванадий, потерявший свою каталитическую способность безвозвратно переходит в сульфат ванадила ( $VO_2SO_4$ ), в следствие этого ОВК захоранивают или складировывают в отвалы. Попадая в окружающую среду, он окончательно теряет свою ценность и превращается в высокотоксичное вещество.

Вследствие этого важно выделить из отработанных катализаторов ванадий и вновь внедрить его в производство.

Для работы было использовано сырье, полученное после производства серной кислоты

вблизи города Армянск. Состав катализатора представленный в таблице 1 определен при помощи рентгенофлуоресцентного анализа.

Навеску катализатора помещали в термостойкий стакан с предварительно подогретой на магнитной мешалке. Процесс проводился при соотношениях твердой и жидкой фаз (Т:Ж) = 1:20; длительность процесса составляла 4 ч; температурный режим варьировался от 80 до 90 °С. В процессе выщелачивания наблюдалось изменение цвета пульпы с светло-желтого в темный, предположительно из-за гидролиза железа (3+):



После фильтрации раствор обладает голубым цветом.

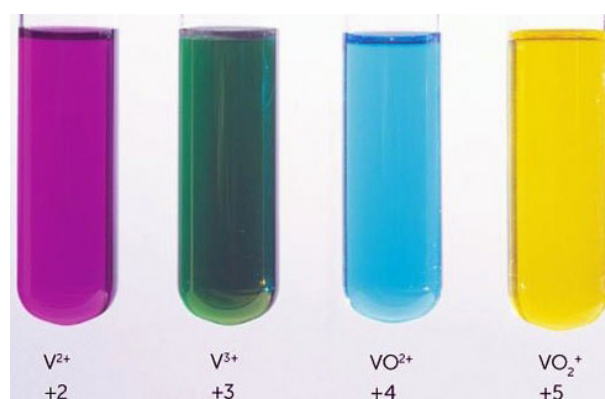


Рис. 1.