

Таким образом, на основе проведенных исследований, предлагаемые условия экстракции для бессмертника песчаного и воробейника лекарственного – 1 сутки 20°C.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Epimedium Extract Promotes Peripheral Nerve Regeneration in Rats / Yuhui Kou [et al.] // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1–6.

2. Герасименко, В.И. Анализ компонентного состава флавоноидов лекарственных растений коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси / В.И. Герасименко, О.С. Игнатовец. – 67-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов: сб. науч. работ : в 4-х ч. – Минск : БГТУ, 2016. – Ч. 2. – С. 32–35.

УДК 628.356+574.64

Студ. А. В. Сеньковец

Науч. рук. доц. А. В. Игнатенко

(кафедра биотехнологии и биоэкологии, БГТУ)

### **БИОТЕСТИРОВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ**

Загрязнение и очистка является актуальными экологическими задачами. Наиболее опасными и часто встречаемыми загрязнителями сточных вод являются тяжелые металлы, которые оказывают токсичное действие на микроорганизмы активного ила. Содержание отдельных тяжелых металлов может колебаться от 1 до 10 ПДК, а в условиях залповых выбросов – достигать 100 ПДК и более [1].

Для наблюдения за содержанием тяжелых металлов в сточных водах используются физические, химические и физико-химические методы анализа. Однако они позволяют только косвенно судить о токсичности сточных вод.

Для мониторинга уровня токсичности сточных вод наиболее привлекательно использование одноклеточных микроорганизмов: бактерий, микроводорослей, простейших.

Контроль за уровнем токсичности водной среды проводится по оценке ее влияния на интегральные функции жизнедеятельности тест – культур клеток – подвижность, выживаемость, тепловыделение и др. [2].

Целью данной работы являлся выбор метода биотестирования химической безопасности водных сред.

На первом этапе работы была проведена оценка возможности использования клеток *E. gracilis* для анализа водных растворов солей

токсичных тяжелых металлов  $Zn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ . Концентрации ТМ изменяли в диапазоне:  $10^{-1}$  М –  $10^{-9}$  М.

Уровень токсичности водных растворов ТМ оценивали по изменению подвижности и выживаемости клеток *E. gracilis* при 20°C. Оценку подвижности клеток *E. gracilis* проводили как описано ранее [3].

Индекс токсичности ( $T_1$ ) рассчитывали по формуле:

$$T_1 = (v_0 - v_i) / v_0 \cdot 100\%,$$

где  $v_0$ ,  $v_i$  – подвижность клеток в контрольной и анализируемой средах.

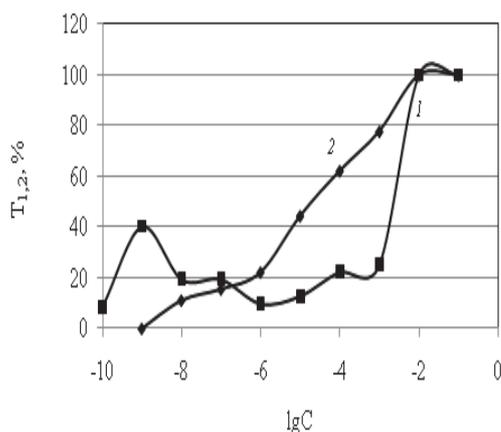
Выживаемость клеток определяли после суточного выдерживания в растворах ТМ заданной концентрации и подсчета количества живых и неживых клеток с помощью микроскопа Бимам Р-11.

Индекс токсичности по выживаемости клеток ( $T_2$ ) определяли по формуле:

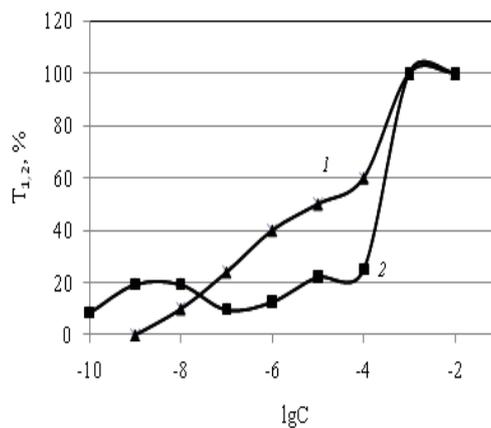
$$T_2 = (n_0 - n_i) / n_0 \cdot 100\%,$$

где  $n_0$ ,  $n_i$  – начальное и конечное содержание подвижных клеток.

На рисунке 1 представлены дозные зависимости изменения токсичности и выживаемости клеток микроводоросли *E. gracilis* в присутствии ионов свинца в полулогарифмических координатах.



**Рисунок 1 – Биотестирование токсичности ионов  $Pb^{2+}$  на клетках *E. gracilis*:**  
**1 – по подвижности клеток;**  
**2 – по выживаемости клеток**



**Рисунок 2 – Биотестирование токсичности ионов  $Cd^{2+}$  на клетках *E. gracilis*:**  
**1 – по подвижности клеток;**  
**2 – по выживаемости клеток**

Как видно из рисунка 1(кривая 1), дозная зависимость  $T_{1,2}$  от  $lgC$  для биотестирования подвижности клеток носит нелинейный характер. При концентрациях  $Pb^{2+}$   $10^{-9}$  –  $10^{-7}$  М наблюдался эффект активации движения клеток. Это может быть связано со стрессовым ха-

рактором действия ионов свинца на клетки. Концентрации  $Pb^{2+}$  выше  $10^{-3}$  М приводят к гибели клеток.

Для выживаемости клеток *E.gracilis* (рисунок 1, кривая 2) наблюдался линейный характер дозной зависимости токсичности от lgC ТМ.

Аналогичные данные были получены для ионов  $Cd^{2+}$  (рисунок 2).

Для количественной характеристики токсичности ТМ при биотестировании с помощью тест-культуры клеток *E.gracilis* использовали значения показателей  $C_{мин}$ ,  $LC_{50}$ ,  $LC_{100}$ . Полученные результаты оценки токсичности ТМ по их влиянию на подвижность клеток *E.gracilis* представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Общий анализ токсичности по подвижности клеток *E.gracilis***

Вид тяжелых металлов	Концентрации ТМ, моль/л		
	$C_{мин}$	$LC_{50}$	$LC_{100}$
$Zn^{2+}$	$10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$10^{-1}$
$Pb^{2+}$	$10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-2}$
$Cd^{2+}$	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$

Анализ таблицы 1 показал, что ионы тяжелых металлов можно расположить в ряд по степени убывания токсичности:  $Cd^{2+} > Pb^{2+} > Zn^{2+}$ . Наибольшую чувствительность клетки *E.gracilis* проявляли к ионам  $Cd^{2+}$ .

В таблице 2 приведены результаты оценки токсичности ТМ по выживаемости клеток *E.gracilis*.

**Таблица 2 – Общий анализ выживаемости клеток *E.gracilis***

Вид тяжелых металлов	Концентрации ТМ, моль/л		
	$C_{мин}$	$LC_{50}$	$LC_{100}$
$Zn^{2+}$	$3 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$10^{-1}$
$Pb^{2+}$	$3 \cdot 10^{-9}$	$10^{-5}$	$10^{-1}$
$Cd^{2+}$	$10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$10^{-2}$

Анализ таблицы 2 показал, что ряды изменения токсичности полученные двумя методами совпадают. Используемые методы биотестирования токсичности ТМ по подвижности и выживаемости клеток *E.gracilis* показывают, что они обладают достаточно высокой чувствительностью к ионам тяжелых металлов на уровне  $10^{-9} - 10^{-10}$  М.

Следует отметить, что метод анализа подвижности клеток характеризует состояние их биоэнергетики и больше отражает стрессовый характер воздействия ионов тяжелых металлов на клетки, в то время как тест на выживаемость, характеризует состояние всех систем жизнедеятельности клеток *E.gracilis*, в этой связи этот метод более точно отражает уровень токсичности водной среды. Однако, для эко-

логического мониторинга уровня загрязненности водных сред тяжелыми металлами лучше использовать тест подвижности клеток, т.к. он обладает более высокой чувствительностью и малой длительностью анализа около 15 мин, тогда как тест на выживаемость клеток требует 24 часа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. / А.Е. Кузнецов [ и др. ]. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. Т. 1. – 629 с. Т. 2. – 485 с.
3. Игнатенко А.В. Детоксикация осадков сточных вод и методы ее контроля // Труды БГТУ, 2016. Сер. № 4. – С. 210–213.

УДК 579.6

Студ. Е. А. Сатырова

Науч. рук. доц. А. В. Игнатенко

(кафедра биотехнологии и биоэкологии, БГТУ)

### **АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОТОПЛАСТИРОВАНИЯ ГР(+) И ГР(-) БАКТЕРИЙ**

Клеточная стенка играет важную роль в жизнедеятельности клеток. Она придает им механическую прочность, защищает содержимое от повреждений и избыточной потери воды, поддерживает форму и размер клеток, регулирует транспорт веществ. Удаление клеточной стенки приводит к формированию протопластов или сферопластов. Протопласты имеют все свойства присущие клетке, а также способность к слиянию.

Слияние протопластов – один из основных способов получения гибридных организмов в генетической инженерии [1]. Такой метод генетического обмена универсален и даёт возможность соединять клетки организмов разных видов и родов.

Методы получения протопластов можно объединить в две группы, одна из которых основана на ферментативном лизисе клеточной стенки с помощью ферментов; а другая – на применении факторов, подавляющих нормальный синтез клеточной стенки.

Клеточные стенки Гр(+) и Гр(-) бактерий сильно отличаются друг от друга количеством слоев мууреина, наличием тейхоевых кислот и наружной мембраны.