

УДК 546.817:582.263

**ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ *CHLORELLA VULGARIS***

**Д.В. Кологрив, 3 курс**

Научный руководитель – **И.А. Ильючик, к.б.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Изучение влияния солей тяжелых металлов на живые организмы в наше время является достаточно актуальным, так как с каждым годом происходит больше сбросов и выбросов, содержащих

тяжелые металлы, в силу развития промышленности, загрязняющих окружающую среду [1]. В высоких концентрациях тяжелые металлы могут подавлять рост и размножение живых организмов либо вызывать их гибель. В малых же концентрациях некоторые из них (например, Ni, Cu, Zn, Mn) выступают в роли микроэлементов, входящих в состав различных соединений, участвуют в важнейших биологических процессах [2].

Свинец – самый тяжелый стабильный элемент в природе, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, в почвах, в природных водах и атмосфере [3]. Растворимые и летучие соединения свинца токсичны. Свинцовая пыль, выбрасываемая во время промышленных процессов, вовлекается в биологический круговорот, негативно воздействуя на все живое [4]. Повышенные концентрации свинца в воде могут привести к угнетению роста и развития водорослей [3].

Хлорелла – зеленая микроводоросль, используемая для создания водной экосистемы с замкнутым циклом в качестве естественного фильтра и переработчика питательных веществ. Включение хлореллы в систему способствует созданию сбалансированной и устойчивой окружающей среды, принося пользу как рыбе, так и водной экосистеме в целом [5].

По данным источников литературы, известно, что накопление биомассы хлореллой зависит от концентрации тяжелых металлов в питательной среде. Например, концентрации марганца 0,01–0,05 мг/л оптимальны для накопления биомассы *Ch. vulgaris*, при 137,50 мг/л – рост угнетался, а при 412,5 мг/л – культура погибала [6, 7]. Однако в литературе недостаточно информации о концентрационной зависимости накопления биомассы хлореллой от солей свинца.

Цель работы – выявить влияние ионов свинца, присутствующих в среде культивирования, на динамику накопления биомассы хлореллы.

Исследования проведены на культуре *Ch. vulgaris*, штамм IBCE C-19 из коллекции Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси.

Культивирование вели на среде А5 [8] в стеклянных емкостях объемом 0,2 л, при температуре  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ . Для освещения использовали люминесцентную лампу Т8 36W/76; чередование световых и темновых фаз – 12ч/12ч.

В питательную среду экспериментальных вариантов вносили  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в концентрациях  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-8}$  М. В питательную среду контрольного варианта соль свинца не добавляли.

На 1, 4, 7, 10, 13, 17, 20-е сутки культивирования, используя камеру Горяева, определяли концентрацию клеток *Ch. vulgaris*. Исходное количество клеток в экспериментальных вариантах – 2,52 млн/мл.

Все исследования проведены девятикратно. Результаты обработаны статистически с вычислением t-критерия Стьюдента.

На протяжении всего периода культивирования наблюдалось линейное накопление биомассы культурой хлореллы во всех экспериментальных вариантах (таблица).

Таблица – Накопление биомассы хлореллой, выращенной на питательной среде с добавлением различных концентраций свинца

Концентрация $\text{Pb}^{2+}$ , М	Количество клеток, млн клеток/мл			
	<i>1-е сутки</i>	<i>4-е сутки</i>	<i>7-е сутки</i>	<i>10-е сутки</i>
Контроль	$1,89 \pm 0,07$	$2,48 \pm 0,05$	$3,26 \pm 0,03$	$4,77 \pm 0,12$
$10^{-5}$	$1,69 \pm 0,07$	$2,67 \pm 0,05^*$	$3,94 \pm 0,09^*$	$5,75 \pm 0,17^*$
$10^{-6}$	$1,58 \pm 0,05^*$	$2,67 \pm 0,05^*$	$4,24 \pm 0,07^*$	$5,39 \pm 0,07^*$
$10^{-7}$	$1,71 \pm 0,09$	$3,01 \pm 0,10^*$	$4,83 \pm 0,14^*$	$5,19 \pm 0,05^*$
$10^{-8}$	$1,65 \pm 0,05^*$	$3,36 \pm 0,11^*$	$4,64 \pm 0,14^*$	$5,44 \pm 0,09^*$
Концентрация $\text{Pb}^{2+}$ , М	<i>13-е сутки</i>	<i>17-е сутки</i>	<i>20-е сутки</i>	
Контроль	$5,12 \pm 0,30$	$6,03 \pm 0,11$	$6,96 \pm 0,04$	
$10^{-5}$	$6,09 \pm 0,06^*$	$6,39 \pm 0,05^*$	$6,88 \pm 0,10$	
$10^{-6}$	$5,70 \pm 0,16$	$6,31 \pm 0,13$	$7,22 \pm 0,05^*$	
$10^{-7}$	$5,77 \pm 0,09$	$5,99 \pm 0,09$	$7,77 \pm 0,04^*$	
$10^{-8}$	$6,24 \pm 0,14^*$	$6,42 \pm 0,23$	$7,63 \pm 0,07^*$	

Примечание: \* – изменения статистически достоверны при  $p \leq 0,0$

В контроле (среда А5) на 20-е сутки по сравнению с 1-ми биомасса культуры увеличилась в 3,7 раза.

Дополнительное внесение в среду культивирования ионов  $Pb^{2+}$  негативно не сказалось на росте культуры. На 20 сутки по сравнению с 1-ми в средах с концентрацией свинца  $10^{-5}$ – $10^{-8}$  М наблюдалось увеличение биомассы в 4,1–4,6 раза. Практически на протяжении всего исследования выявлялась зависимость накопления биомассы от концентрации ионов свинца в среде культивирования, т.е. чем ниже концентрация свинца, тем выше биомасса *Ch. vulgaris* (таблица 1, рисунок 1).

Следует отметить, что, только в первые сутки в вариантах с ионами  $Pb^{2+}$  биомасса хлореллы была ниже на 10–16% по отношению к контролю, а с 4-х по 20-е сутки она росла, достигая максимума.

На 20-е сутки биомасса возросла в контроле в 2,8 раза, в средах со свинцом в 2,3–2,7 раза в сравнении с 4-ми сутками (таблица).

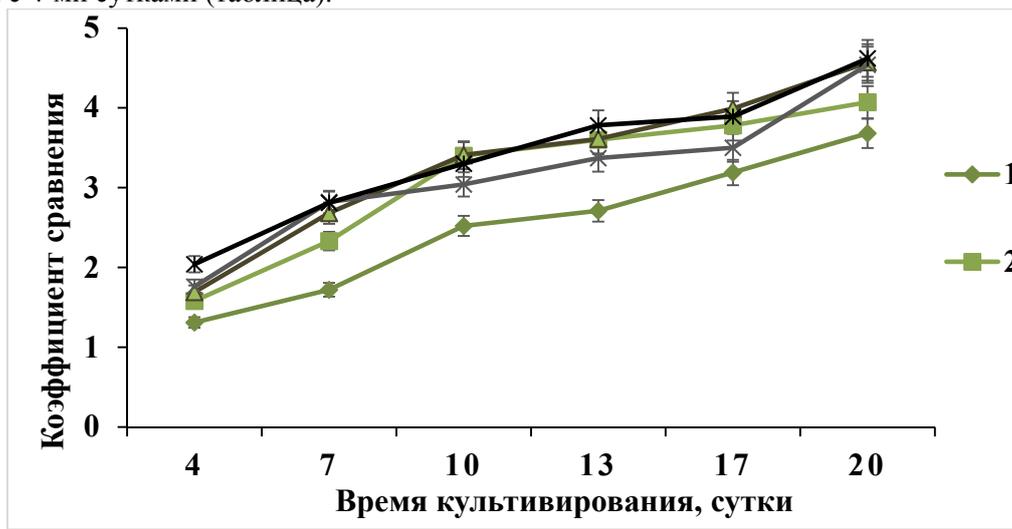


Рисунок 1 – Изменения накопления биомассы культурой *Chlorella vulgaris* по отношению к 1-м суткам роста при добавлении в питательную среду ионов свинца (М): 1 – контроль (без  $Pb^{2+}$ ), 2 –  $10^{-5}$ , 3 –  $10^{-6}$ , 4 –  $10^{-7}$ , 5 –  $10^{-8}$

Результаты исследования свидетельствуют о зависимости накопления биомассы хлореллой от концентрации свинца в среде культивирования. Низкие концентрации  $Pb(CH_3COO)_2$  ( $10^{-5}$ – $10^{-8}$  М) положительно влияют на динамику роста *Ch. vulgaris*.

#### Список использованных источников

1. Физиология растительных организмов и роль металлов / А.Г. Дмитриева, О.А. Кожанова, Н.Л. Дроница – М.: Издво МГУ, 2002. – 160 с.
2. Муфтиева, Р.Р. Оценка токсичности солей тяжелых металлов на рост и развитие *Chlorella vulgaris* / Р.Р. Муфтиева, Г.А. Мусифуллина, Ч.З. Валиева // Вестник Башкирского государственного педагогического ун-та им. М. Акмуллы: журнал, 2009. – С. 112-117.
3. Влияние свинца на живые организмы/ А.Ф Титов, Н.М. Казнина, Т.А. Карапетян, Н.В. Доршакова // Журнал общей биологии, 2020. – Т. 81, № 2. – С. 147-160.
4. Влияние свинца на окружающую среду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ecoview.ru/chasto\\_zadavaemye\\_voprosy/vliyanie\\_svinca\\_na\\_okruzhayuwuyu\\_sredu](https://ecoview.ru/chasto_zadavaemye_voprosy/vliyanie_svinca_na_okruzhayuwuyu_sredu). – Дата доступа 05.04.2024.
5. Aly, S.M. Chlorella in aquaculture: challenges, opportunities, and disease prevention for sustainable development / Salah M. Aly, Noha I. ElBanna, M Fathi. – Aquaculture International: журнал, 2023.
6. Ильючик, И.А. Рост культуры хлореллы (*Chlorella vulgaris*) и накопление белка при добавлении  $MnCl_2$  в питательную среду / И.А. Ильючик, В.Н. Никандров // Весн. Палес. дзярж. ун-та. Сер. грамадскіх і гуманіт. навук: науч.-практ. журнал, 2018. – № 1. – С. 53–64.
7. Ильючик, И.А. Влияние аэрации на накопление биомассы Chlorella при высоких концентрациях хлорида марганца в среде / И.А. Ильючик, В.Н. Никандров // Физико-химическая биология : материалы VI Междунар. науч. интернет-конф., Ставроп., 27–29 нояб. 2018 г. / Ставроп. гос. мед. ун-т ; отв. ред. В.И. Ко-

шель. – Ставрополь, 2018. – С. 137–141.

8. Упитис, В.В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей / В.В. Упитис. – Рига: Зинатне, 1983. – 240 с.