

Жанар, Текебаева Ж.Б., Жамангара А.К.

Национальный центр биотехнологии КН МОН РК, Астана

Изучение влияния концентрации тяжелых металлов на рост микроводорослей

Изучено влияние различных концентраций тяжелых металлов (кадмия, меди, цинка, свинца, железа) на рост культур микроводорослей. Выявлено, что наиболее устойчивыми к высоким концентрациям (более 25 мг/л) оказались культуры *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella vulgaris* ZH-2. Обосновано, что добавление ионов тяжелых металлов в среду оказывает заметное влияние на изменение численности клеток в культуре: чем выше концентрация ионов металлов, тем заметнее его отрицательное влияние на рост клеток микроводорослей. Определено, что лучшие показатели роста клеток отмечены у культур микроводорослей *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella vulgaris* ZH-2.

Ключевые слова: биотехнология, токсиканты, тяжелые металлы, биосфера, кадмий, медь, культуры, ионы, загрязнение, свинец.

В настоящее время в биотехнологии развиваются исследования, направленные на использование микроорганизмов в качестве инструментов для удаления или концентрирования тяжелых металлов из загрязненных ими стоков промышленных предприятий, а также природных водоемов. В основе такой технологии лежит способность клеток некоторых микроорганизмов аккумулировать тяжелые металлы в больших количествах из водной среды, а также из почвы и ила [1].

Среди множества токсикантов, попадающих в природные воды, особое значение имеют тяжелые металлы. В том или ином количестве они всегда содержались в природных водах [2]. Поступая в биосферу, тяжелые металлы активно включаются в миграционные циклы, аккумулируются в различных компонентах экосистем, в том числе в гидробионтах. Особая опасность накопления тяжелых металлов в том, что в отличие от токсикантов, имеющих органическую природу и в большей или меньшей степени разлагающихся в природных водах, ионы тяжелых металлов сохраняются постоянно при любых условиях [2–5]. Накопление металлов водорослями происходит, прежде всего, путем его адсорбции на клеточной стенке, что отмечено, например, для *Chlorella vulgaris* [6, 7].

Как правило, в загрязненных водоемах содержится не один, а несколько тяжелых металлов, каждый из которых влияет на аккумуляцию других, что объясняется конкуренцией ионов за участки их связывания на поверхности клеток и в процессах транспорта [8].

Целью наших экспериментов являлось изучение влияния различных концентраций тяжелых металлов на рост клеток наиболее активных культур микроводорослей *Chlorella vulgaris* ZH-1, *Chlorella vulgaris* ZH-2 и *Chlorella sp.* SV-3.

Материалы и методы

В качестве исследуемых металлов были взяты Cd, Fe, Pb, Cu и Zn, как одни из приоритетных загрязнителей водной среды. Металлы вносили в питательные среды Тамия и 04 в виде солей $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях от 0,01 до 200 мг/л в расчете на ион каждого металла. Указанный разброс концентраций выбран нами для выяснения пределов устойчивости клеток микроводорослей к ионам тяжелых металлов. В контрольных вариантах использовалась среда без внесения солей тяжелых металлов. Культивирование проводили в течение 7 суток в конических колбах объемом 250 мл при освещении лампами дневного света (2000–4000 люкс), температуре 25–28 °С и постоянной аэрации.

Результаты и обсуждение

Тяжелые металлы (Hg, Pb, Cd, Zn, As и др.) представляют чрезвычайную опасность как загрязнители природных вод, так как они в сравнительно малых концентрациях могут оказывать токсическое воздействие на водные организмы. В ряду тяжелых металлов первое место по растворимости в воде и токсичности занимает ртуть: $\text{Hg} > \text{Cd} = \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Cr} > \text{As} > \text{Mn} = \text{Fe} > \text{Sn}$.

Кадмий — один из наиболее токсичных элементов как для растительных, так и для теплокровных организмов. В окружающую среду он поступает с пылью и осадками в районе предприятий металлургии. Больше кадмия содержится в отходах гальванических и лакокрасочных производств, на

сельскохозяйственные земли он попадает с удобрениями в виде шламов сточных вод. Значительным источником загрязнения атмосферы стало сжигание твердого и жидкого топлива [1].

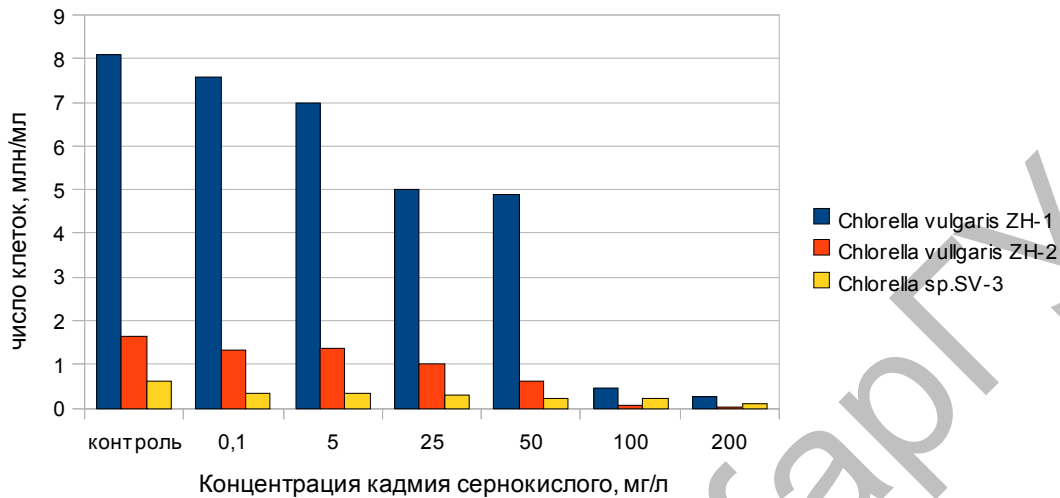


Рисунок 1. Влияние ионов кадмия на рост культур микроводорослей при различных концентрациях кадмия серноокислого в среде

Как видно из рисунка 1, исследуемые культуры устойчивы к концентрации кадмия в среде 5 мг/л. При добавлении в среду кадмия серноокислого в концентрации 25 мг/л наблюдается снижение числа клеток по сравнению с контролем, т.е. данная концентрация является токсичной для всех изучаемых культур. Полное прекращение роста и отмирание клеток наблюдаются при добавлении 100–200 мг/л кадмия серноокислого. Наилучший рост показали культуры *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella vulgaris* ZH-2.

Основными источниками поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности, шахтные воды, альдегидные реагенты, а также коррозия медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системе водоснабжения [9].

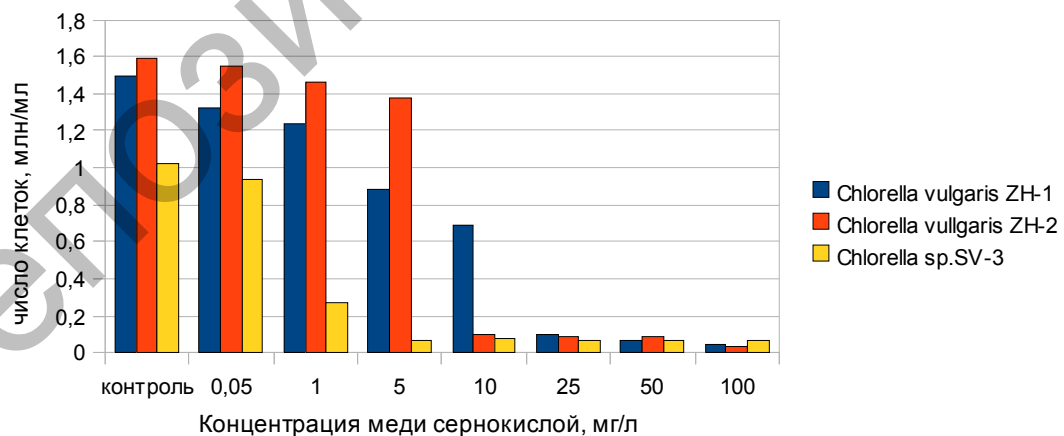


Рисунок 2. Влияние ионов меди на рост культур микроводорослей при различных концентрациях меди серноокислой в среде

При изучении влияния ионов меди (рис. 2) на рост микроводорослей выявлено, что культура *Chlorella vulgaris* ZH-1 устойчива к концентрации меди серноокислой в среде 10 мг/л, токсичной для нее является концентрация 25 мг/л. Культура *Chlorella vulgaris* ZH-2 устойчива к концентрации 5 мг/л, токсичной для нее является концентрация в среде 10 мг/л меди серноокислой. Концентрация

меди 1 мг/л является токсичной для культуры *Chlorella sp.* SV-3, но она устойчива к концентрации 0,05 мг/л. Отмирание клеток и полное прекращение роста наблюдаются при добавлении в среду 100 мг/л меди сернокислой. Наилучший рост отмечен у культур *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella vulgaris* ZH-2 (рис. 2).

Главными источниками загрязнения окружающей среды цинком являются предприятия металлургии, особенно цветной, приборо- и машиностроительной отраслей. Цинк поступает также в окружающую среду при сжигании топлива на ТЭЦ. Много цинка содержится в осадках сточных вод [10].

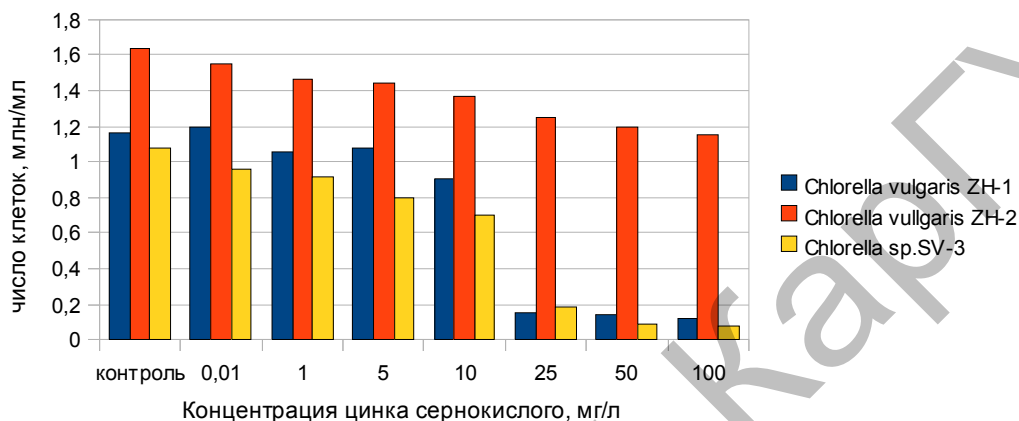


Рисунок 3. Влияние ионов цинка на рост культур микроводорослей при различных концентрациях цинка сернокислого в среде

Из рисунка 3 видно, что культуры *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella sp.* SV-3 устойчивы к концентрации цинка в среде 10 мг/л, токсичной для них является концентрация 25 мг/л цинка сернокислого. Содержание в среде 100 мг/л цинка сернокислого не оказывает сильного влияния на рост культуры *Chlorella vulgaris* ZH-2, где на 7 сутки произошло незначительное снижение числа клеток. Лучшие результаты в динамике роста показали культуры *Chlorella vulgaris* ZH-2 и *Chlorella vulgaris* ZH-1.

Значительное повышение содержания свинца в окружающей среде связано со сжиганием угля, применением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе, с выносом в водные объекты со сточными водами рудообогатительных фабрик, некоторых металлургических заводов, химических производств, шахт и т.д. Свинец содержится в выбросах предприятий металлургии, металлообработки, электротехники, нефтехимии и автотранспорта [9].

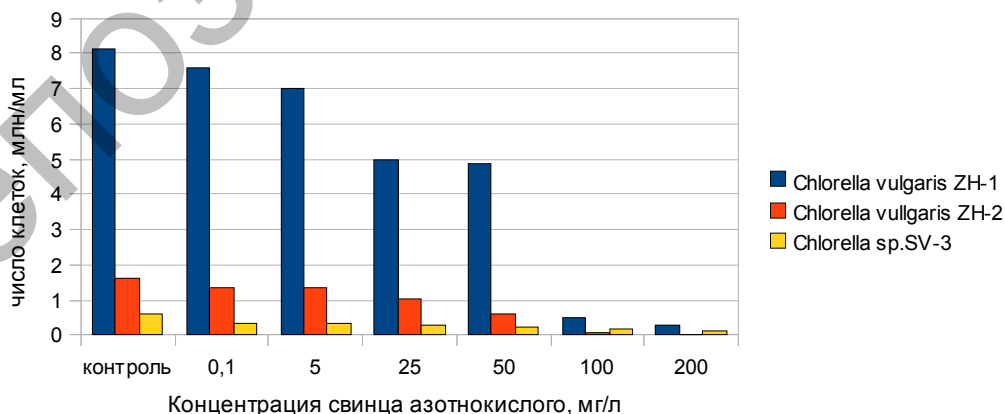


Рисунок 4. Влияние ионов свинца на рост культур микроводорослей при различных концентрациях свинца азотнокислого в среде

Как видно из рисунка 4, исследуемые культуры устойчивы к концентрации свинца в среде 50 мг/л. Добавление в среду свинца азотнокислого в концентрации 100 мг/л лимитирует рост клеток, данная концентрация является токсичной для всех изучаемых культур. Полное прекращение роста и

отмирание клеток наблюдаются при добавлении 200 мг/л свинца азотнокислого. Наилучший рост показала культура *Chlorella vulgaris* ZH-1.

Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками [9].

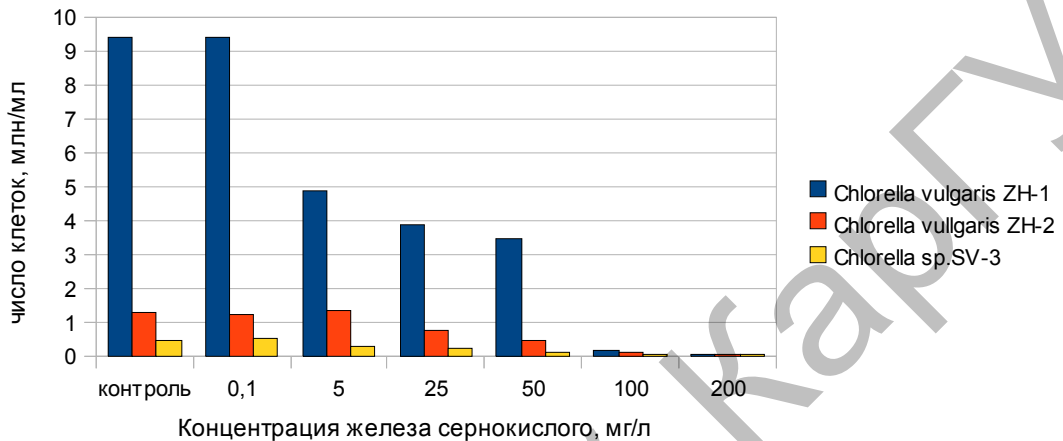


Рисунок 5. Влияние ионов железа на рост культур микроводорослей при различных концентрациях железа сернокислого в среде

Из рисунка 5 видно, что культуры *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella vulgaris* ZH-2 устойчивы к концентрации железа в среде 50 мг/л, токсичной для них является концентрация 100 мг/л железа сернокислого. Культура *Chlorella sp.* SV-3 устойчива к добавлению в среду 25 мг/л железа сернокислого, тогда как добавление 50 мг/л ингибирует рост клеток. Полное прекращение роста и отмирание клеток наблюдаются при добавлении 200 мг/л железа сернокислого. Лучший результат по динамике роста показала культура *Chlorella vulgaris* ZH-1.

Таким образом, при изучении влияния высоких концентраций тяжелых металлов на рост микроводорослей выявлено, что наиболее устойчивыми оказались культуры *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella vulgaris* ZH-2, которые выдерживали концентрацию кадмия 25 мг/л в среде, железа — 100 мг/л, свинца — 100 мг/л, меди — 25 мг/л и 10 мг/л, цинка — 25 мг/л и 100 мг/л соответственно. Лучшие показатели роста клеток отмечены также у культур микроводорослей *Chlorella vulgaris* ZH-1 и *Chlorella vulgaris* ZH-2.

Выявлено, что добавление ионов тяжелых металлов в среду оказывает заметное влияние на изменение численности клеток в культуре: чем выше концентрация ионов металлов, тем заметнее его отрицательное влияние на рост клеток микроводорослей.

Список литературы

- 1 Пове́дение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах. — Новосибирск: Изд-во ГПНТБ, 1989. — Ч. 2. — 154 с.
- 2 Филенко О.Ф., Хоботьев В.Г. Загрязнение металлами // Водная токсикология. — М.: Винити, 1976. — Т. 3. — С. 110–150.
- 3 Строганов Н.С. Токсическое загрязнение водоемов и деградация водных экосистем. — М.: Винити, 1976. — С. 5–47.
- 4 Линник П.Н. Формы миграции тяжелых металлов и их действие на гидробионтов // Экспериментальная водная токсикология. — Рига: Зинатне, 1986. — Вып. 11. — С. 144–154.
- 5 Брагинский Л.П., Величко И.М., Шербань Э.П. Пресноводный планктон в токсической среде. — Киев: Наук. думка, 1987. — 180 с.
- 6 Greene B., Hosea M., McPherson R. et al. Interaction of gold (I) and gold (III) complexes with algal biomass // Environ. Sci. and Technol. — 1986. — Vol. 20. — N 6. — P.627–632.
- 7 Rebhun S., Ben-Amotz A. The distribution of cadmium between the marine alga chlorella and water medium. Effect on algal growth // Water Res. — 1984. — Vol. 18. — N 2. — P. 173–178.

- 8 Vonshak A. Strain selection of *Spirulina* for mass production // *Hydrobiologia*. — 1987. — Vol. 151. — P. 75–77.
- 9 Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. — М.: Мир, 1987. — 275 с.
- 10 Минеев В.Г., Алексеев А.А., Тришина Т.А. Цинк в окружающей среде // *Агрохимия*. — 1984. — № 3. — С. 94–105.

Жанар, Ж.Б.Текебаева, А.К.Жамангара

Микробалдырлардың өсуіне ауыр металдар концентрациясының әсерін зерттеу

Мақалада микробалдырлар дақылдарының өсуіне ауыр металдардың (кадмий, мыс, мырыш, қорғасын, темір) әр түрлі концентрацияларының әсері зерттелінді. *Chlorella vulgaris* ZH-1 және *Chlorella vulgaris* ZH-2 дақылдарының ең жоғары концентрацияға (25 мг/л төмен болмау) төзімділігі анықталды. Қоректік ортаға ауыр металл иондарын қосқаннан кейін дақылдардың жасуша сандарына едәуір әсері байқалды, яғни металл иондарының концентрациясын ұлғайтқан сайын, микробалдырлар жасушаларының өсуіне кері әсер беретіндігі айқын көрінеді. *Chlorella vulgaris* ZH-1 және *Chlorella vulgaris* ZH-2 микробалдыр дақылдарының өсуінде жақсы көрсеткіштер байқалды.

Zhanar, Zh.B.Tekebayev, A.K.Zhamangara

Influence study of heavy metals concentration on microalgae growth

An influence of the different concentration of heavy metals such as (cadmium, copper, zinc, lead, iron) on microalgae cultures growth was studied. *Chlorella vulgaris* ZH-1 and *Chlorella vulgaris* ZH-2 strains were more stable at high concentration (more than 25 mg/l) of heavy metals. Heavy metal adding in media exerts significant influence on cells number in media; than move metal concentration, than move its negative influence on microalgae cells growth. Therefore, the best indexes of the cell growth were noted for *Chlorella vulgaris* ZH-1 and *Chlorella vulgaris* ZH-2 strains.