

УДК 579.8:579.62

## ОЦЕНКА СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ ФАКУЛЬТАТИВНО-АНАЭРОБНОЙ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА КРЫС

Чичерина В.Р., Гезольдова А.М., Аслаева А.З.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбург, e-mail: valya\_chicherina@mail.ru

Полученные в ходе эксперимента данные свидетельствуют, что всеми исследуемыми культурами наиболее активно аккумулировалось железо и свинец, в то время как катионы меди, цинка, кадмия практически не накапливались данными микроорганизмами. Исключение составлял штамм *E. faecalis* в отношении катионов цинка и кадмия с процентом накопления – 40,1% и 31,5%, соответственно. Лучшими биосорбентами катионов железа и свинца являлись штаммы *E. coli*, *E. faecalis* и *E. cloacae* с объемом сорбции более 60%. При оценке избирательной аккумуляции в присутствии всех солей было установлено, что представители бактериальной нормофлоры кишечника практически не накапливают катионы меди и кадмия, исключением являлся штамм *E. faecalis* в отношении катионов кадмия с процентом аккумуляции из субстрата более 30 процентов. Максимальная степень накопления как при одиночном, так и избирательном внесении солей тяжелых металлов приходится на катионы железа и свинца.

**Ключевые слова:** *E. faecalis*, *E. cloacae*, *E. coli*, *L. acidophilus*, тяжелые металлы, биоаккумуляция.

## EVALUATION OF THE SORPTION CAPACITY OF HEAVY METAL CATIONS BY REPRESENTATIVES OF THE OPTIONAL-ANAEROBIC MICROFLORA OF THE INTESTINE KIDS

Chicherina V.R., Gezoldova A.M., Aslaeva A.Z.

FGBOU V Orenburg State University, Orenburg, e-mail: valya\_chicherina@mail.ru

The data obtained in the course of the experiment show that all the studied cultures most actively accumulated iron and lead, while copper, zinc, cadmium cations were not practically accumulated by these microorganisms. The exception was the *E. faecalis* strain with respect to cations of zinc and cadmium with a percentage of accumulation of 40.1% and 31.5%, respectively. The best biosorbents of iron and lead cations were strains of *E. coli*, *E. faecalis* and *E. cloacae* with a sorption volume of more than 60%. When assessing selective accumulation in the presence of all salts, it was found that representatives of bacterial normoflora of the intestine practically do not accumulate cations of copper and cadmium, except for the *E. faecalis* strain with respect to cadmium cations with a percentage of accumulation from the substrate of more than 30 percent. The maximum degree of accumulation in both single and selective application of salts of heavy metals falls on iron and lead cations.

**Keywords:** *E. faecalis*, *E. cloacae*, *E. coli*, *L. acidophilus*, heavy metals, bioaccumulation.

Тяжелые металлы могут выступать в экосистемах в роли биогенных элементов, то есть химических элементов, постоянно входящих в состав живых организмов и выполняющих определенные биологические функции. Также металлы могут выступать в качестве токсикантов, то есть веществ, приводящих в определенных дозах или концентрациях к расстройству или нарушению тех или иных процессов жизнедеятельности организма [1].

Накопление металлов клетками микроорганизмов носит двухфазный характер. Начальная фаза не зависит от энергетического состояния клетки и обусловлена сорбцией металлов компонентами клеточной стенки, среди которых особенно активны как сорбенты хитин и хитозан. Последующая же, более медленная фаза – энергозависимое внутриклеточное накопление, происходящее с участием мембранных переносчиков ионов [3, 5]. При этом количество аккумулируемого металла зависит как от генетиче-

ских особенностей микроорганизма, так и от концентрации данного элемента в среде обитания. [2, 4].

На основании вышеизложенных данных перед нами была поставлена следующая цель: изучить способность факультативно-анаэробной кишечной микрофлоры крыс к биоаккумуляции тяжелых металлов в условиях *in vitro*.

В качестве материалов выступала факультативно-анаэробная нормофлора лабораторных крыс: *E. faecalis*, *E. cloacae*, *E. coli*, *L. acidophilus*. В качестве источника катионов тяжелых металлов использовались соли с высоким уровнем диссоциации в водных растворах:  $\text{FeSO}_4$  – сульфат железа,  $\text{ZnSO}_4$  – сульфат цинка,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  – нитрат свинца,  $\text{CdSO}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$  – восьмиводный сульфат кадмия,  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  – пентаводный сульфат меди.

Определение биоаккумуляции катионов тяжелых металлов исследуемыми микро-

организмами из субстрата осуществлялось с использованием атомно-абсорбционный метода (ААСФ) при этом анализу подвергались не только биомасса, но и супернатант. Для достижения поставленной цели в субстрат вносился один из изучаемых металлов в рабочей концентрации с последующим культивированием микроорганизмов до наступления стационарной фазы роста. По окончании культивирования пробы подвергались обработке и анализировались на ААСФ.

В ходе проведения исследования нами были получены данные из которых следует, что из всех анализируемых металлов пред-

ставители кишечной нормофлоры наиболее активно накапливают катионы железа.

При этом наиболее активно из всех используемых культур аккумулировали ионы железа *E. coli*, *E. faecalis* и *E. cloacae*. в то время как показатели накопления данного элемента для штамма *L. acidophilus* имели значительно более низкие значения по сравнению с другими штаммами и составили 44,3%, соответственно.

Помимо железа все исследуемые микроорганизмы активно аккумулируют катионы свинца. При этом общая картина аккумуляции исследуемого элемента аналогична показателям сорбции катионов железа.

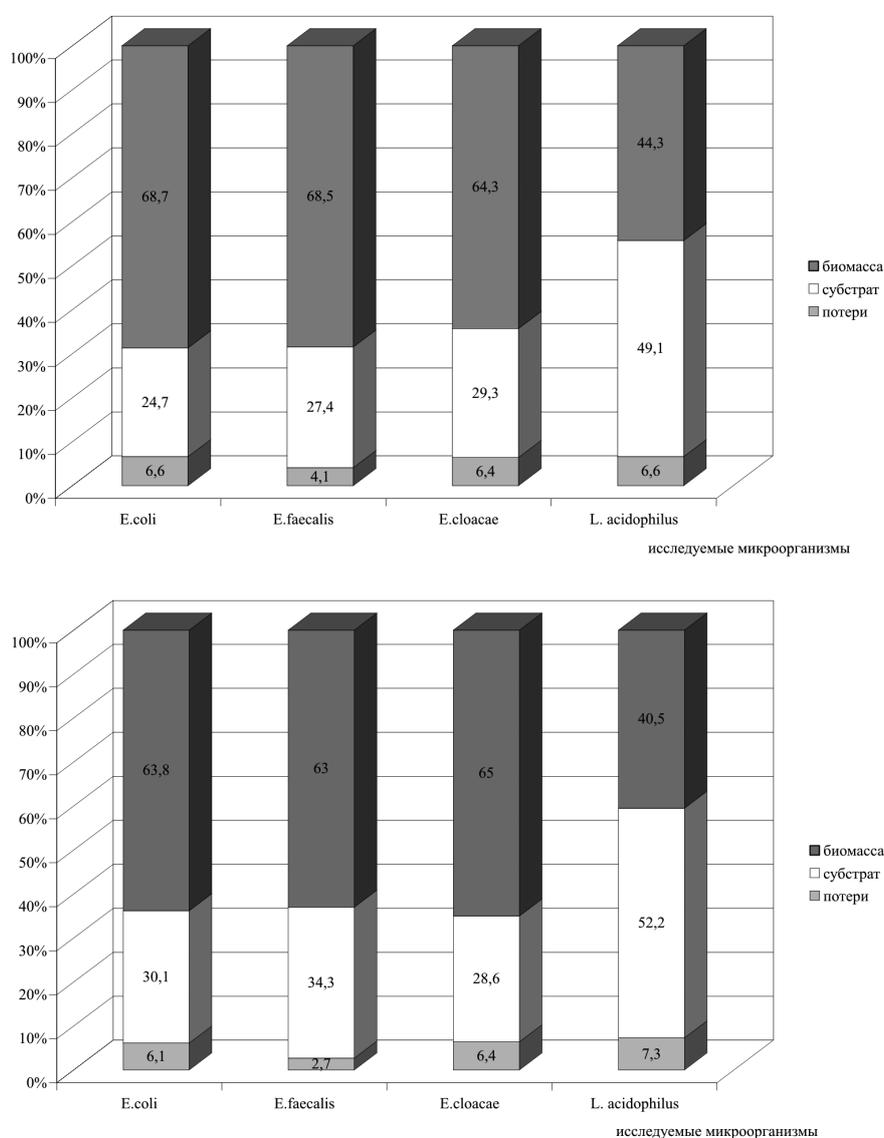


Рис. 1. Оценка биоаккумулирующей способности катионов железа и свинца представителями бактериальной нормофлоры кишечника лабораторных животных:  
 А – Оценка биоаккумулирующей способности катионов железа;  
 Б – Оценка биоаккумулирующей способности катионов свинца

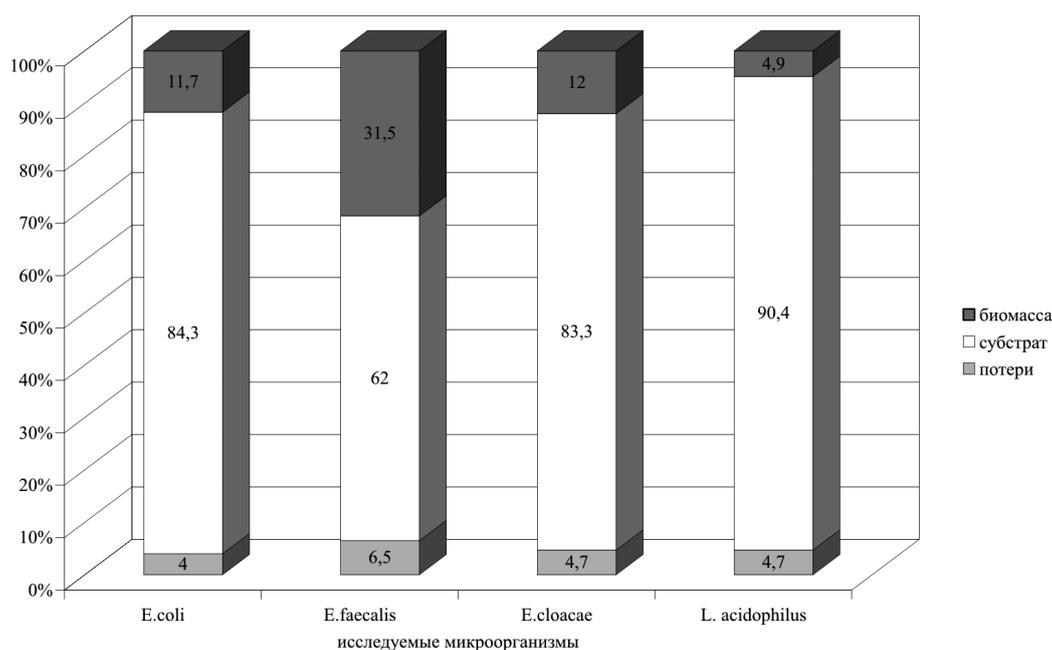


Рис. 2. Оценка биоаккумулирующей способности катионов кадмия представителями бактериальной нормофлоры кишечника лабораторных животных

Анализ аккумуляции катионов цинка из субстрата свидетельствует о том, что наиболее высокими сорбционными свойствами в отношении данного элемента обладает *E. faecium* со средним значением 40,1% от общего числа внесенного в субстрат металла. Значения аккумуляции остальных штаммов были значительно ниже.

Значения накопления катионов меди и кадмия имели минимальные значения по сравнению с другими элементами.

Анализируя биоаккумулирующую способность представителями нормофлоры катионов меди, можно отметить общую закономерность с сорбцией железа, однако уровень накопления был значительно ниже и составил у *E. coli*, *E. faecalis*, *E. cloacae* и *L. acidophilus* 10,5%, 10,5%, 9,8% и 3,3% соответственно.

Обобщая значения аккумулялирующей способности представителями нормофлоры катионов кадмия можно отметить, что катионы данного элемента наиболее активно накапливались штаммом *E. faecalis* и его значение в биомассе составило 31,5% (рис. 2).

На следующем этапе нашего исследования нами была проведена оценка избирательного накопления катионов исследуемых металлов (рис. 3). С этой целью в субстрат вносились все исследуемые элементы в рабочих концентрациях с последующим культивированием.

В результате проведенного эксперимента были получены данные, из которых следует, что в присутствии всех используемых металлов микроорганизмы также интенсивно аккумулировали ионы железа и свинца.

Полученные данные свидетельствуют о том, что представители бактериальной нормофлоры кишечника практически не накапливают катионы меди и кадмия, исключением являлся штамм *E. faecalis* в отношении катионов кадмия с процентом аккумуляции из субстрата более 30 процентов. Максимальная степень накопления как при одиночном, так и избирательном внесении солей тяжелых металлов приходится на катионы железа и свинца.

Таким образом, из полученных данных следует, что из данной группы солей тяжелых металлов всеми исследуемыми культурами только 2 металла интенсивно извлекались из культуральной жидкости. Наиболее активно аккумулировалось железо, на втором месте находится свинец. Ионы меди, цинка, кадмия и наномедь практически не накапливались данными микроорганизмами. Исключение составлял штамм *E. faecalis* в отношении катионов цинка и кадмия с процентом накопления – 40,1% и 31,5%, соответственно.

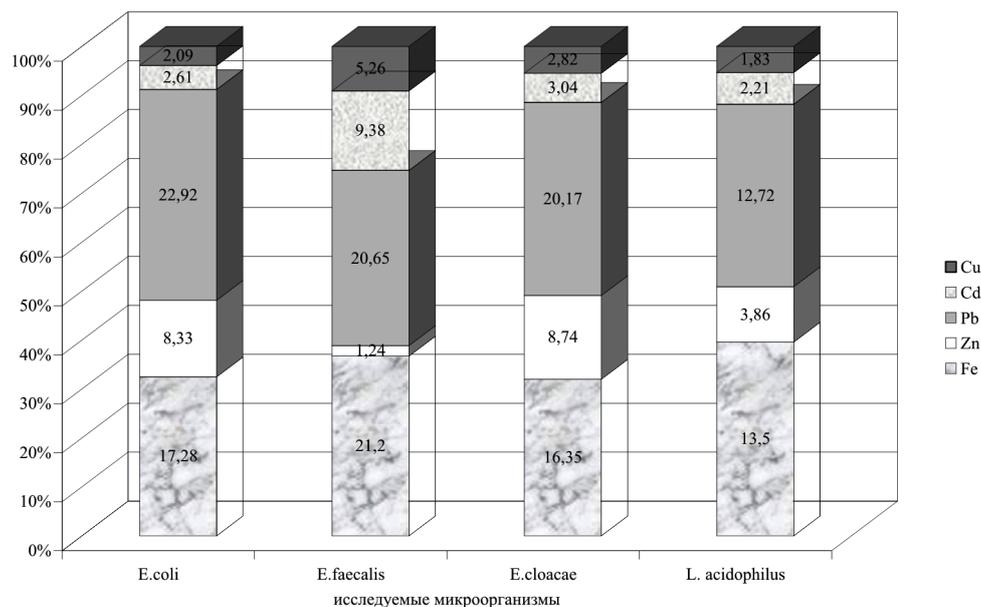


Рис. 3. Оценка избирательной биоаккумуляции исследуемых катионов металлов из субстрата представителями нормофлоры кишечника лабораторных крыс

Лучшими биосорбентами катионов железа и свинца являлись штаммы *E. coli*, *E. faecalis* и *E. cloacae* с объемом сорбции более 60%.

#### Список литературы

1. Будников, Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Г. К. Будников // Сорвский образовательный журнал. – 2000. – № 5. – С. 23-29.
2. Гоготов, Н. И. Аккумуляция ионов металлов и деградация поллютантов микроорганизмами и их консорциумами с водными растениями / И. Н. Гоготов // Экология промышленного производства. – 2005. – № 2. – С. 33-37.

3. Кочубеев, В. К. Жизнь микробов в присутствии тяжелых металлов, мышьяка и сурьмы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://microbes-extremal.ru>.

4. Сизенцов, А.Н. Способность пробиотических препаратов на основе бактерий рода bacillus к биоаккумуляции ионов тяжелых металлов в организме лабораторных животных/ Сизенцов А.Н., Барышева Е.С., Бабушкина А.Е.// Российский иммунологический журнал. – 2015.- Т. 9.- № 2(1) (18).- С. 753-755.

5. Abbas, A. S. Biosorption of some heavy metal ions by local isolate of *Zoogloearamigera* / A. S. Abbas, O. A. Sarhan, A. S. Mohammed // International Journal of Environmental Technology and Management. – 2006. – V. 6. – № 5. – P. 497-514.