

УДК 621. 928. 8

**УСКОРЕНИЕ БИОСОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ ИЗ РАСТВОРА В
МАГНИТНОМ ПОЛЕ ДРОЖЖАМИ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* 1968**

С. В. Горобец¹, О. Ю. Горобец², И. Ю. Гойко¹, Т. П. Касаткина³

¹Национальный университет пищевых технологий, ул. Владимирская 68, Киев, 01033, Украина, ²Институт магнетизма НАН Украины, ул. Вернадского 36-б, Киев, 03142, Украина, ³Институт Микробиологии и Вирусологии НАН Украины ул. Заболотного 154, Киев, 03627, Украина.

Аннотация. Исследована возможность интенсификации процесса биосорбции ионов меди из раствора сернокислой меди дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* 1968 с помощью внесения в раствор металлической насадки и приложения внешнего магнитного поля. Исследования проводились в магнитном поле при параллельной и перпендикулярной геометриях системы. Показано, что интенсификация процесса извлечения ионов меди при различных геометриях системы отличаются незначительно, а также показано, что извлечение ионов меди из раствора происходит за счет биосорбции и цементации на металлическую насадку.

В последнее время в связи с загрязнением окружающей среды ионами тяжелых металлов актуальной становится задача разработки новых дешевых и эффективных методов очистки сточных и природных вод от ионов тяжелых металлов. Одним из перспективных методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов является биосорбция. При разработке биосорбентов особое внимание уделяется биомассе дрожжей, которые являются перспективными сорбентами по отношению к тяжелым металлам [1]. Они быстро растут, с их клетками удобно работать на генетическом и морфологическом уровне, они способны расти при высоких концентрациях тяжелых металлов и накапливать их в биомассе. Биомасса дрожжей может быть легко получена в достаточно больших количествах, как вторичный продукт многих ферментационных процессов [1-2]. Так, коммерческие ионообменные смолы, которые широко используются при

очистки сточных вод, в 10 раз дороже, чем биосорбенты, что делает их конкурентноспособными сорбентами [3].

Несмотря на успехи применения биосорбентов, методы последующего извлечения биомассы, накопившей ионы тяжелых металлов, требуют дальнейшего совершенствования. В настоящее время интенсивно исследуются биосорбенты с магнитными метками, где соединена биосорбция и высокоградиентная магнитная сепарация [4].

Нами был изучен процесс биосорбции ионов меди дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* 1968 с использованием стальных элементов (насадок) в постоянном магнитном поле (МП). В данном случае происходит интенсификация процесса биосорбции ионов меди, т.к. вместо обычно используемого механического перемешивания используется магнито-гидродинамический эффект перемешивания электролитов в окрестности стальных насадок в МП [5-7].

Для получения биомассы дрожжи *S. cerevisiae* 1968 выращивали на минеральной среде Ридер следующего состава (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 3.0; MgSO_4 – 0.7; NaCl – 0.5; K_2HPO_4 – 0.1; KH_2PO_4 – 1.0; глюкозы – 10.0 и дрожжевого автолизата – 1.0 без добавления ионов меди в аэробных условиях при температуре 28°C. Дрожжи выращивали в 250-мл Эрленмейеровских колбах на качалках при частоте вращения механической мешалки 220 об/мин. Суточную культуру (начало стационарной фазы роста) центрифугировали и дважды отмывали стерильным физраствором.

Для исследования готовился раствор CuSO_4 с pH 2 и исходной концентрацией ионов меди 50 мг/л, в который вводили дрожжи *S. cerevisiae* 1968 в количестве 0.1 г абсолютно сухого вещества на 100 мл. Раствором заполняли стеклянную кювету с насадкой. Кювету с насадкой помещали в постоянное МП напряженности 240 кА/м и выдерживали от 1 до 60 минут. Насадка состояла из 80 одинаковых элементов – стальных стержней из углеродистой стали (ГОСТ 1050 – 88) диаметром 525 мкм, длиной 3000 мкм, равномерно расположенных в объеме кюветы с помощью немагнитного держателя, не реагирующего с раствором. Расстояние между отдельными элементами насадки составляло три диаметра отдельного элемента насадки, с учетом того, что на расстояниях больших, чем три диаметра, при данных параметрах системы, скорость потока, а

значит и интенсивность процесса перемешивания снижается (рис. 1).

Значение рН раствора доводили до 2 с помощью добавления азотной кислоты. При этом значении рН дрожжи не теряют жизнеспособности [8], а скорость потоков жидкости в окрестности элементов насадки достаточна для интенсивного перемешивания раствора (рис. 2). Контрольные эксперименты проводили с тем же раствором CuSO_4 с насадкой без дрожжей в МП и без МП. После проведения экспериментов раствор отделяли от клеток дрожжей с помощью фильтрования, а остаточное количество ионов меди в растворе определяли на атомно-адсорбционном спектрофотометре С-115-М1.

Исследования проводили в магнитном поле (МП) направленном как параллельно так и перпендикулярно относительно осей стержней (при параллельной геометрии системы и перпендикулярной геометрии системы), которые составляют насадку.

На рис. 3 показано сравнение процентов ионов меди (С %), извлеченных из раствора при параллельной и перпендикулярной геометриях системы. Из рис.3 видно, что за счет процесса биосорбции и цементации меди на насадку в МП при параллельной геометрии системы из раствора за первые 5 минут извлекается около 70 % ионов меди, а за один час эксперимента – около 92 % ионов меди. За это же время при перпендикулярной геометрии системы с использованием дрожжей *S. cerevisiae* 1968 извлекается – 49.2 % и 97 %, соответственно. Таким образом, как при параллельной так и при перпендикулярной геометриях системы процесс извлечения ионов меди из раствора отличается незначительно.

На рис. 4 показано сравнение процентов ионов меди (С%), извлеченных из раствора на насадку только за счет процесса цементации при разных направлениях МП. Из рисунка видно, что при параллельной геометрии системы за первые 5 минут из раствора извлекается 51 %, а за один час 99 % ионов меди, при перпендикулярной геометрии системы – 46 % и 90 % и без МП – 36.7 % и 93 %, соответственно.

По полученным результатам, вычтя процент извлечения меди в процессе цементации, получены кривые (рис. 5), которые характеризуют процент Δ С% извлечения меди только дрожжами.

Контрольные эксперименты проведенные в институте микробиологии и

вирусологии НАНУ при традиционном использовании механического перемешивания с такой же исходной концентрацией показали, что дрожжи *S. cerevisiae* 1968 сорбировали только 37 % ионов меди за 3 часа.

1. Каспарова С.Г., Давидова Е.Г., Диканская Э.М. Прикладная биохимия и микробиология, 1991.Т.27.№6. С.879.
2. Volesky B., May-Phillips H.A. Appl. Microbiol. Biotechnol.,1993. V.42. P. 797.
3. Churchill S.A., Walters I.V. Churchill P.F. J.Environ.Eng., 1995. V.121. P. 706.
4. Safarik I, Safarikova M. J.of Chromatography B., 1999. V.722. P. 33.
5. Gorobets Yu.I., Gorobets S.V. Magnetohydrodynamics., 2000. № 3. P. 75.
6. Gorobets S.V, Gorobets O.Yu., Bandurka N.P. The Physics of Metals and Metallography, 2001. V. 92. P. 197.
7. S.V.Gorobets S.V, Gorobets O.Yu. Magnetohydrodynamics, 2002. V. 38. P. 421.
8. Нагаев В.В., Шулаев М.В., Сироткин А.С. Хим.пром-ть, 1998. № 3. С. 149.
9. Яворський В.Т. та ін., Навч.пос.”Львівська політехніка”, Львів, 2000. С. 216.

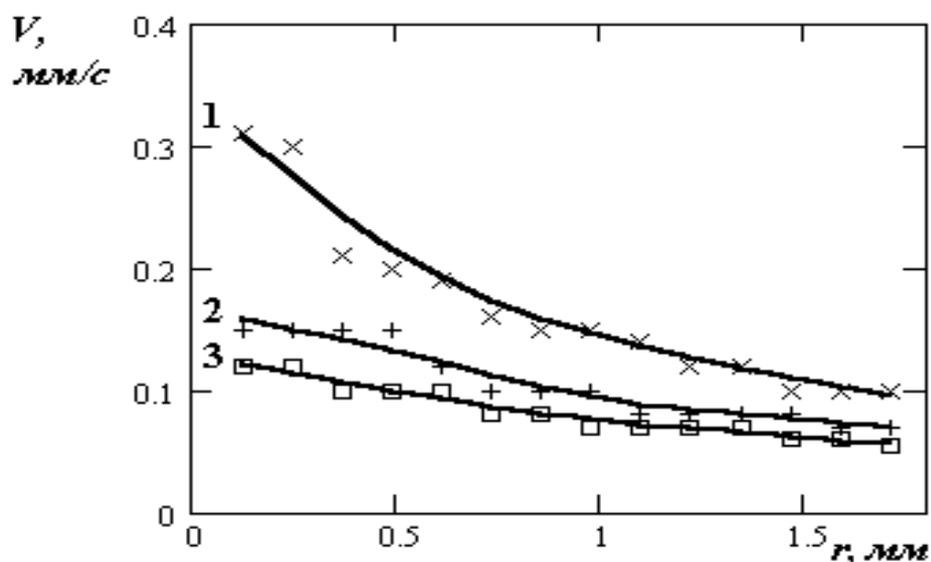


Рис. 1

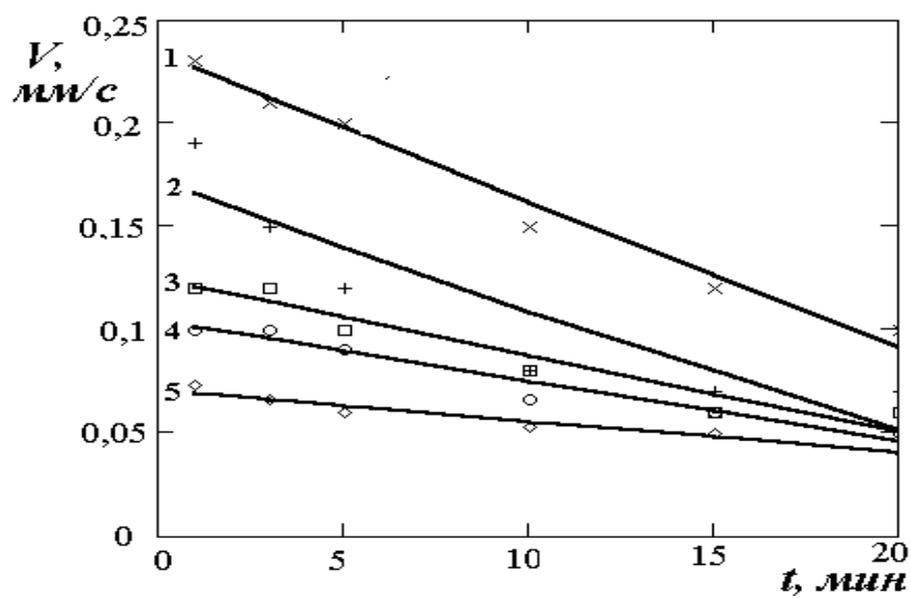


Рис. 2

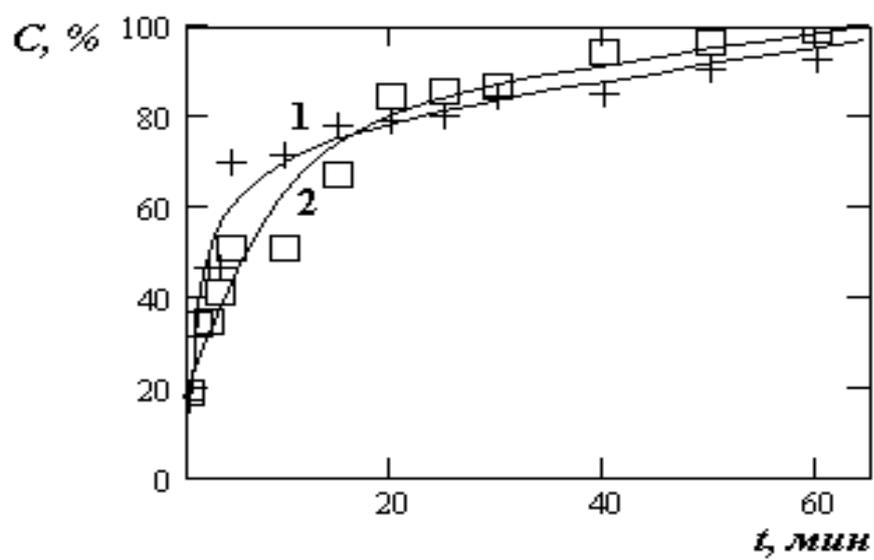


Рис. 3

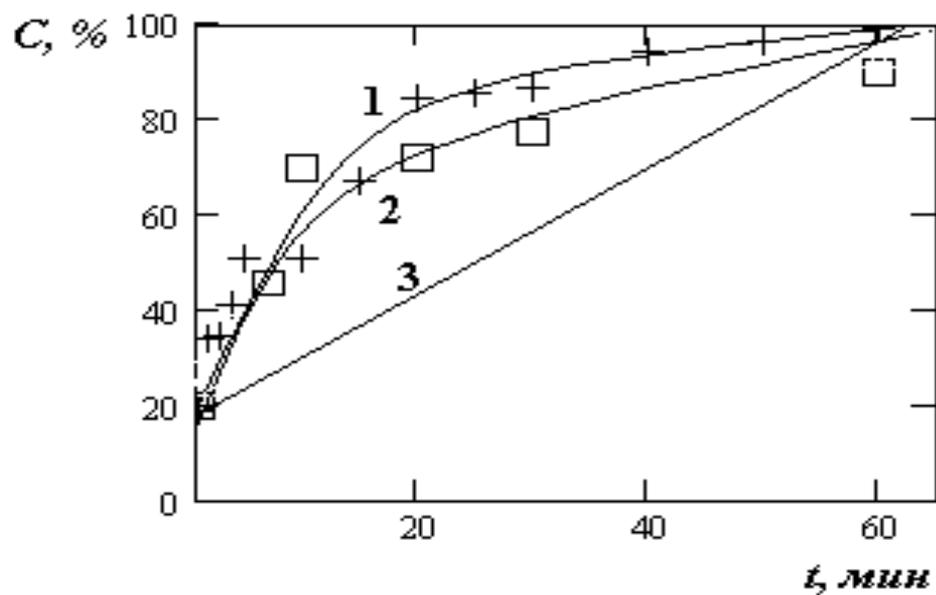


Рис. 4

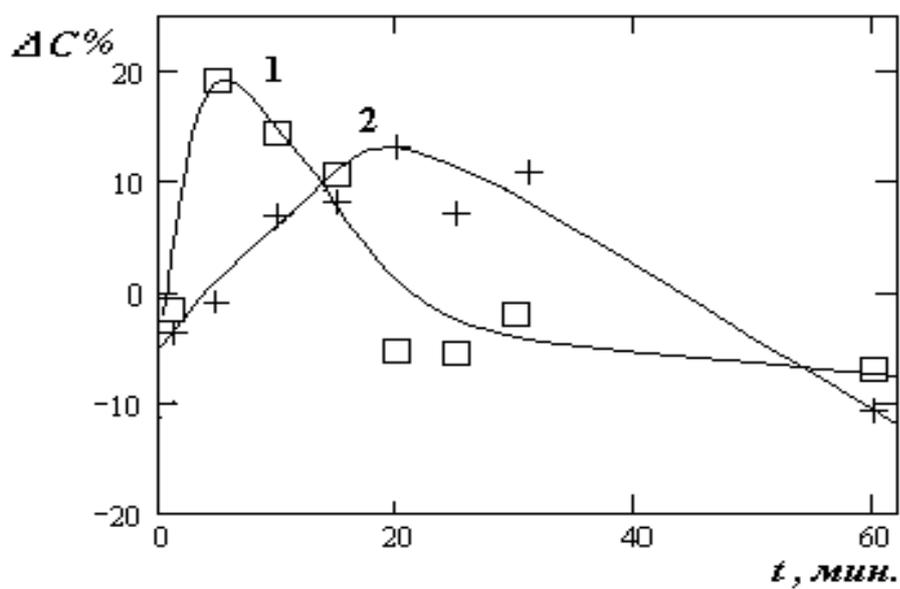


Рис. 5