

ӨОЖ 544.77

Ж.А. Таттибаева, С.М. Тәжібаева, Қ.Б. Мұсабеков, Р. Медетхан, Ж. Мұстапаева, Г.К. Қайырманова  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

### **Rhodotorula glutinis ашытқы жасушаларының негізінде металл иондарының сорбенттерін алу**

Ерітінділерден  $\text{Cu}^{2+}$  және  $\text{Pb}^{2+}$  иондарын *Rhodotorula glutinis* ашытқы жасушасы арқылы бөліп алу мүмкіндігі қарастырылды. Суды тазарту дәрежесі 60-70% құрады. Металл иондарының байланысу дәрежесін көбейту және сорбенттің судан бөлінуін жеңілдету үшін жасушалардың полиэтиленмин қатысында диатомит бетіндегі иммобилизациясы жүргізілді. Оңтайлы жағдайда 1 г диатомит бетінде  $18 \cdot 10^6$  жасуша адсорбцияланатындығы көрсетілді. Адсорбция мәнінің жоғарылығы диатомит бетінің жоғары кеуектілігімен негізделді.  $\text{Cu}^{2+}$  және  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының жасушамен әрекеттесуін ИҚ-спектроскопия әдісімен зерттеу арқылы бетке  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының жоғары ынтықтығы ашытқы бетіндегі фосфат иондарының  $\text{Pb}^{2+}$  иондарымен ерігіштігі төмен қоспа түзуімен түсіндірілді.

**Түйін сөздер:** *Rhodotorula glutinis* ашытқы жасушалары, диатомит, адсорбция, иммобилизация.

Zh.A. Tattibayeva, S.M. Tazhibaeva, K.B. Musabekov, Zh. Mustapaeva, G.K. Kayirmanova

### **Obtaining sorbents of metal ions based on yeast cells *Rhodotorula glutinis***

Ability to separate  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  ions from solution using yeast cells *Rhodotorula glutinis* were considered. The degree of water purification in this case is of 60-70%. To increase the degree of binding of metal ions with cells and facilitate separation processes of water sorbents their immobilization on the surface of the water in the presence of polyethyleneimine was carried out. It is shown that under optimal conditions on the surface of 1 g diatomite  $18 \cdot 10^6$  cells is adsorbed. The high sorption capacity of diatomite justified its porosity. IR spectroscopic study of the interaction of the ions  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  with cell surface showed that high affinity  $\text{Pb}^{2+}$  ions to the surface of yeast cells is connected with form of slightly soluble compounds with the phosphate ions.

**Keywords:** yeast cells of *Rhodotorula glutinis*, diatomite, adsorption, immobilization.

Ж.А. Таттибаева, С.М. Тажибаева, К.Б. Мусабеков, Р. Медетхан, Ж. Мустапаева, Г. К. Қайырманова

### **Получение сорбентов ионов металлов на основе дрожжевых клеток *Rhodotorula glutinis***

Рассмотрена возможность отделения ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  от растворов с помощью дрожжевых клеток *Rhodotorula glutinis*. Степень очистки воды при этом составляет 60-70%. Для повышения степени связывания ионов металлов с клетками и облегчения процесса отделения сорбентов от воды проведена их иммобилизация на поверхности диатомита в присутствии полиэтиленimina. Установлено, что при оптимальных условиях на поверхности 1 г диатомита адсорбируется  $18 \cdot 10^6$  клеток. Высокая сорбционная способность диатомита обоснована его пористостью. ИК-спектроскопическое исследование взаимодействия ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  с поверхностью клеток показало, что высокое сродство ионов  $\text{Pb}^{2+}$  к поверхности клеток дрожжей связано с образованием малорастворимых соединений с фосфат-ионами.

**Ключевые слова:** дрожжевые клетки *Rhodotorula glutinis*, диатомит, адсорбция, иммобилизация.

### **Кіріспе**

Қазіргі заманда өндірістің қалдық суларын да ауыр металл иондарының болуы қоршаған орта мен тірі ағзаларға зиян келтіреді. Суды металл иондарынан тазалау үшін әр түрлі табиғи және полимерлік ионалмастырғыштар пайдаланылады [1-4]. Бірақ олардың металл иондарымен әрекеттесетін функционал топтары шектеулі болғандықтан, кез келген металл иондарын судан бөліп алуға жарамайды. Бұл

тұрғыдан қызығушылық туғызатын сорбенттер болып микроағза жасушалары есептелді. Жасуша бетінде амин, гидроксил, карбоксил, сульфид, фосфат және басқа топтардың болуы оларды биосорбент ретінде қолданғанда жоғары сорбциялық қабілет пен таңдампаздылық қамтамасыз етеді.

Осыған орай жұмыс мақсаты – *Rhodotorula glutinis* жасушаларының негізінде биосорбенттер алып, олардың бетінде  $\text{Cu}^{2+}$  және  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының адсорбциясын анықтау болды.

### Материалдар мен зерттеу әдістері

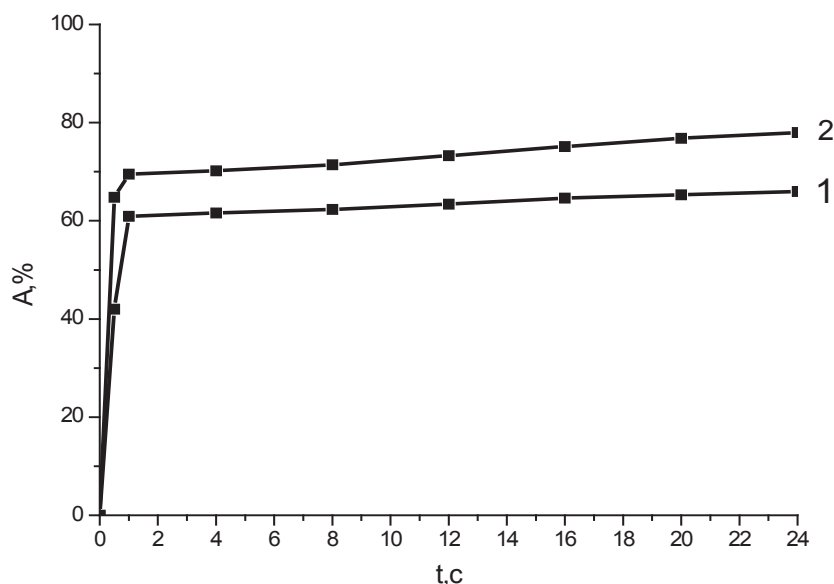
Зерттеу нысаны ретінде Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасынан алынған *Rhodotorula glutinis* ашытқы жасушалары қолданылды.

Жасушалардың тасушысы ретінде Мұғалжар кен орнының диатомиті пайдаланылды. Олардың өлшемі  $10^{-4}$  м реттілігін құрайды. Жасуша концентрациясын анықтау үшін алдымен Горяев камерасында олардың меншікті көлемдегі саны анықталып, жасуша концентрациясы мен оптикалық тығыздық арасындағы байланыс табылды. 540 нм сәуле ұзындығында суспензияның

оптикалық тығыздығын өлшеу арқылы диатомит бетімен байланыспайтын жасуша мөлшері ( $c_2$ ) анықталды.

Диатомит бетіне ашытқы жасушаларын берік иммобильдеу үшін минерал бөлшектері полиэтиленмин (ПЭИ) ерітіндісімен алдын-ала өңделді.

*Rhodotorula glutinis* жасушаларының адсорбциялық қабілетін бағалау үшін бұл үрдістің уақытпен өзгеруі зерттелді. Ол үшін бастапқы концентрациясы  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $\text{CuSO}_4$  және  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ерітінділерінен  $\text{Cu}^{2+}$  және  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының жасуша бетіндегі адсорбциясы уақытпен анықталды.



1-сурет –  $\text{Cu}^{2+}$  (1) және  $\text{Pb}^{2+}$  (2) иондарының *Rhodotorula glutinis* жасушасының бетіндегі адсорбциясының уақытқа тәуелділігі.  $C_0 = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л,  $C_{\text{жасуша}} = 18 \cdot 10^6$  жасуша/мл

1-суретте  $\text{Cu}^{2+}$  және  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының адсорбция қисықтары берілген. Суреттен адсорбция изотермасының платоға тез шығатындығы көрініп тұр, яғни адсорбцияның шекті мәні ( $A_\infty$ )  $\text{Cu}^{2+}$  иондары үшін 1 сағат, ал  $\text{Pb}^{2+}$  иондары үшін 0,5 сағат шамасында байқалады. Бұдан осы металл иондары ашытқы жасушасымен жақсы әрекеттесетіндігін болжауға болады. Сонымен қатар  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының  $\text{Cu}^{2+}$  иондарына қарағанда бетке ынтықтығы жоғары болып тұр.

Металл иондарының *Rhodotorula glutinis* жасуша бетімен әрекеттесу механизмі тура-

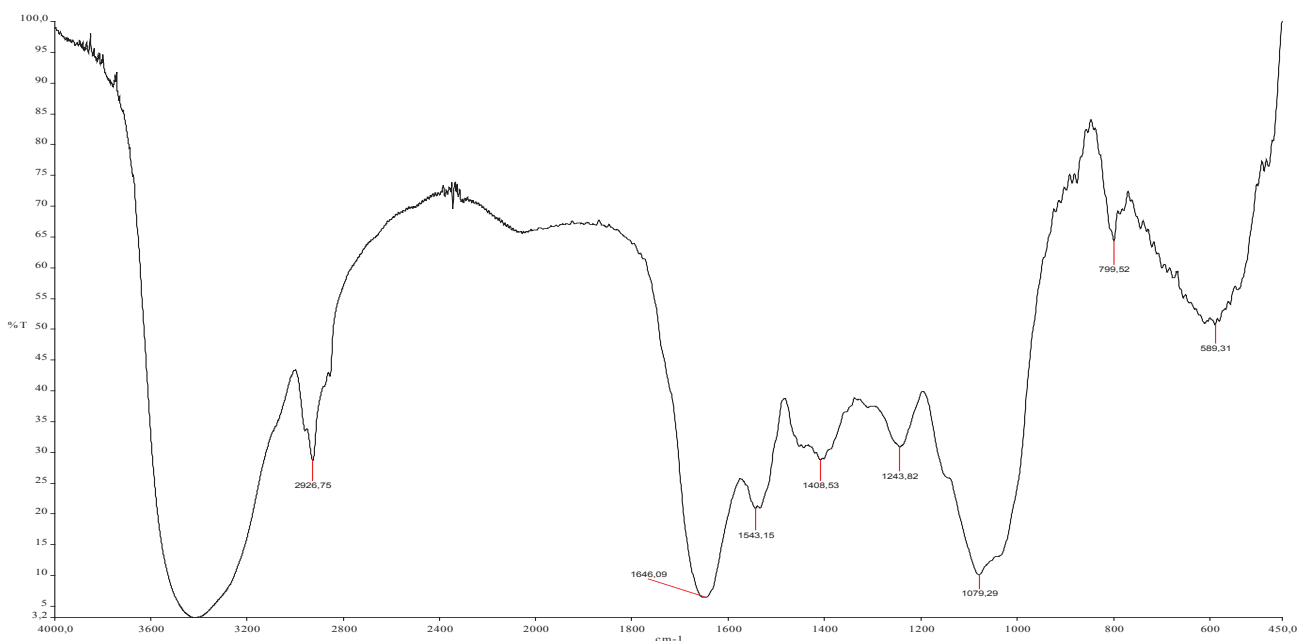
лы мәлімет алу үшін ИҚ-спектроскопиялық зерттеулер жүргізілді (2 сурет). *Rhodotorula glutinis* жасушаларының ИҚ-спектріндегі (а) жолақтардың көптігі және олардың пәрмендігінің әртүрлі болуы беттегі функционал топтардың сан алуандығының айғағы. Мысалы,  $1654\text{--}3000 \text{ см}^{-1}$  арасындағы тербеліс жиілігін  $\text{OH}^-$  - топтарға, ал  $1500\text{--}1650 \text{ см}^{-1}$  және  $650\text{--}900 \text{ см}^{-1}$  арасындағы тербелістерді амин топтарына жатқызуға болады. Сонымен қатар  $1650\text{--}3000 \text{ см}^{-1}$  аралығын  $\text{CH}$ -топтарға,  $1700\text{--}1800 \text{ см}^{-1}$  тербеліс жиілігін  $\text{COOH}$ -топтарға,  $1000\text{--}1400 \text{ см}^{-1}$  жиілігін  $\text{CONH}$ -топқа, ал  $1000\text{--}1300 \text{ см}^{-1}$  тербеліс жиілігін  $\text{CN}$ -

топтарға жатқызуға болады.  $1350-1175\text{ см}^{-1}$  аралығы фосфор топтарына сәйкес.

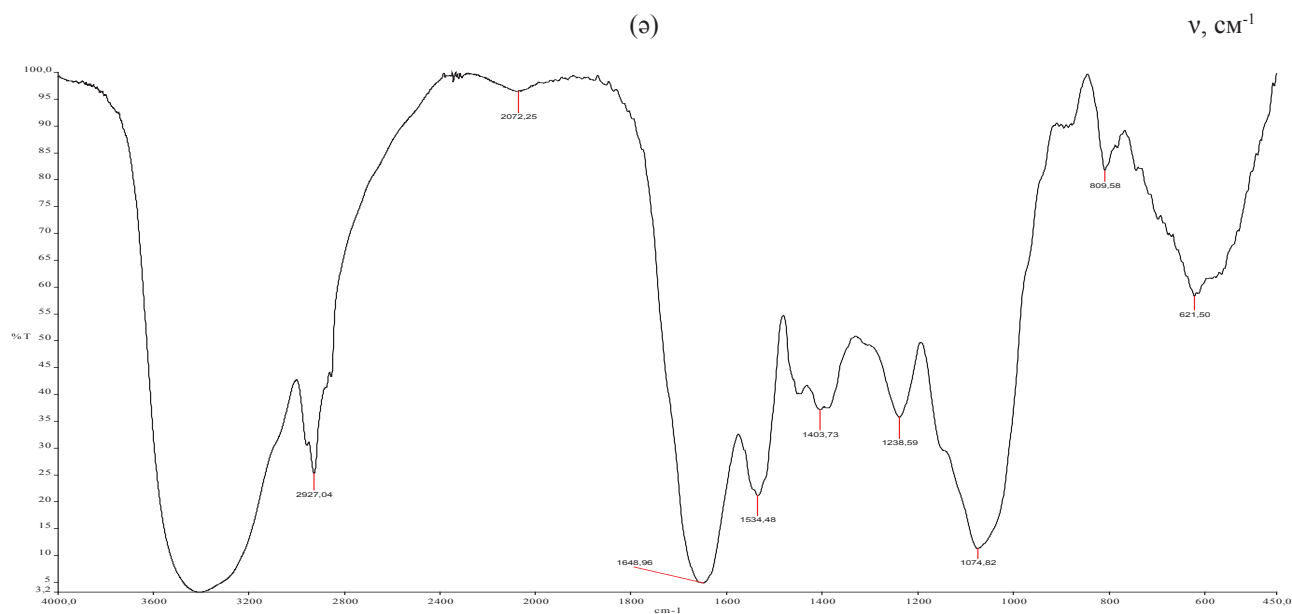
Металл иондарымен жанасқаннан кейін осы топтардың тербелістері өзгеріске ұшырайды. Яғни, жеке ашытқы жасушасының ИҚ-спектрімен салыстырғанда  $\text{Pb}^{2+}$  және  $\text{Cu}^{2+}$  иондары мен жасуша қоспаларының ИҚ-спектрлерінде біршама өзгерістер байқалған:  $1385-1240\text{ см}^{-1}$  жиілігінде  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының жасуша бетіндегі фосфат ион-

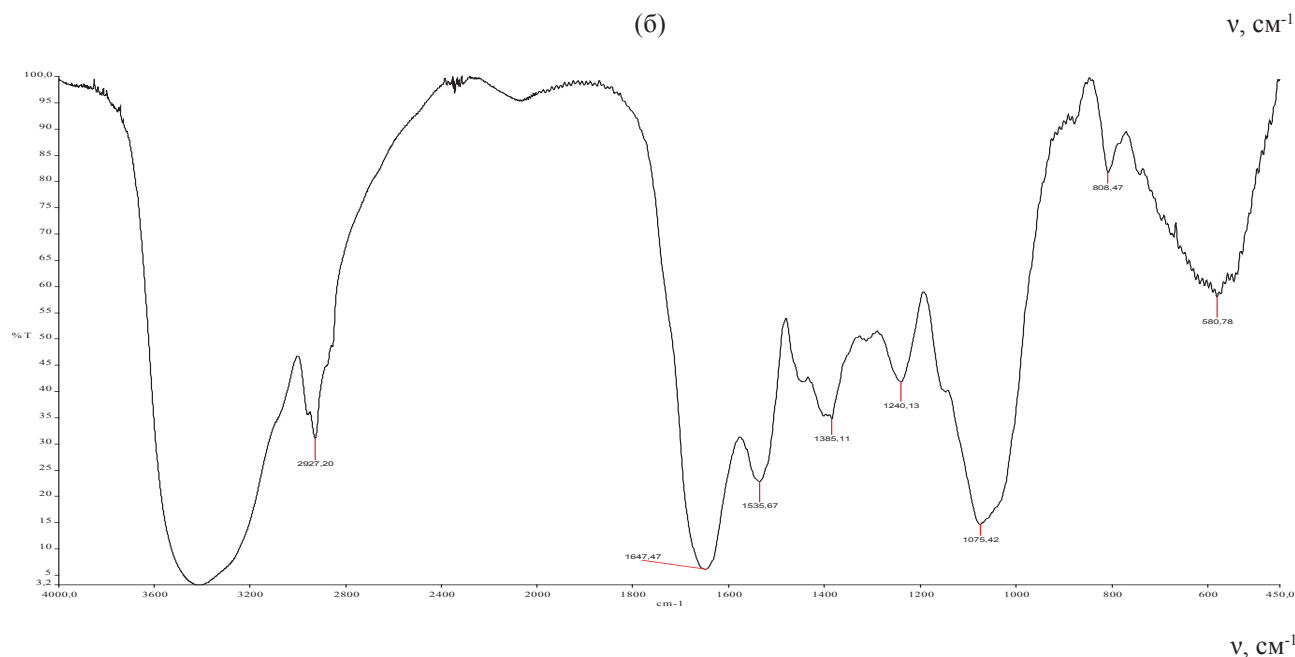
дарымен байланысатындығы, ал  $\text{Cu}^{2+}$  иондары  $589-799\text{ см}^{-1}$  тербеліс жиілігі аралығында  $\text{NH}_2$ -топтарымен байланысатындығы байқалады. Басқа тербеліс жиілік мәндерінде екі ауыр металл иондары да бірдей өзгерістер көрсетеді, бірақ  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының жасуша бетіндегі  $\text{NH}_2$ -топтармен байланысы  $\text{Cu}^{2+}$  иондарымен байланысына қарағанда әлсіздеу деп болжам жасауға болады.

(a)



(ә)





**2-сурет** – *Rhodotorula glutinis* жасушаларының (а) және олардың  $\text{Cu}^{2+}$  (ә) және  $\text{Pb}^{2+}$  (б) иондарымен қоспаларының ИҚ-спектрлері

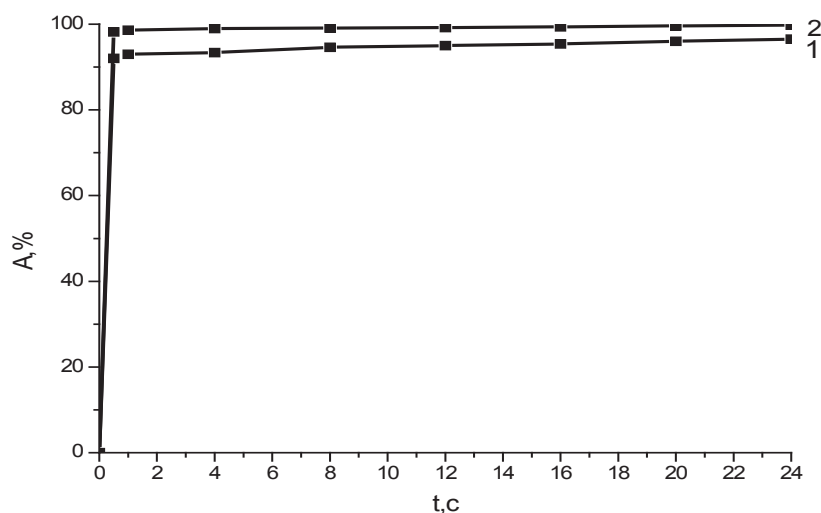
Адсорбция қисықтары бойынша металл иондарының жасушамен байланысу дәрежесі  $\text{Cu}^{2+}$  иондары үшін 60%, ал  $\text{Pb}^{2+}$ -де 70%-ға жуық болды. Бұл фактінің өзі де  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының  $\text{Cu}^{2+}$  иондарына қарағанда бетке ынтықтығы жоғары екендігін көрсетеді. Ал байланысу дәрежесінің абсолюттік мәніне келетін болсақ, ол металл иондарынан суды жеткілікті дәрежеде тазалауға мүмкіндік бермейді.

Екінші жағынан, әдебиеттегі мәліметтер [5,6] және өз зерттеулеріміз бойынша [7,8] жасуша лиофильді жүйе екендігі белгілі, сондықтан мұндай сорбенттерді судан бөлу оңай емес. Металл иондарын сорбциялаған жасушалардың судан бөлінуін жеңілдету үшін оларды қатты бетке иммобилизациялау қажет болды.

Ертеректе жүргізген зерттеулерімізде жасушаларды қатты бетке отырғызу үшін ол бетті ПЭИ ерітіндісімен өңдеудің тиімділігі көрсетілген [9,10]. Өйткені табиғи минералдар мен микроағза жасушалары көбіне теріс зарядқа иеленеді, сол себепті олардың арасында электростатикалық тебісу күштері пайда болуы мүмкін.

Ал теріс зарядты бетті катиондық полимер – полиэтиленминмен - өңдеу қатты бетке оң заряд беріп, оған теріс зарядталған жасушалардың адсорбциясын жеңілдетеді. 2 суретте 0,03 негіз-моль/л ПЭИ ерітіндісімен өңделген диатомит бетіндегі *Rhodotorula glutinis* жасушаларының иммобилизация қисығы берілген. Иммобилизация қисығы кәдімгі адсорбция изотермасы тәрізді, адсорбцияның шекті мәнінен 1 г диатомит бетінде  $18 \cdot 10^6$  жасуша отырғанын көруге болады. Диатомиттің мұндай жоғары сорбциялық қабілетін біріншіден, жасушалар мен өңделген беттің өзара электростатикалық тартылуымен, екіншіден, беттің жоғары кеуектілігімен түсіндіруге болады. Диатомит бетінің меншікті ауданы  $46 \text{ м}^2/\text{кг}$  [11], ал кеуектердің өлшемі 2-3 мкм құрайды. Олай болса өлшемі 0,1-4 мкм құрайтын ашытқы жасушаларының басым бөлігі осы кеуектердің ішіне кіреді деп болжауға болады. Оны жасушаның тепе-теңдіктік концентрациясының ( $c_2$ ) төмендігінен байқауға болады.

Осылай алынған диатомит-ПЭИ-жасуша бетіне  $\text{Cu}^{2+}$  және  $\text{Pb}^{2+}$  иондарының адсорбциясы зерттелді (3 сурет).



**3-сурет** – Диатомит-ПЭИ-*Rhodotorula glutinis* жасушалары биосорбенті бетіндегі Cu<sup>2+</sup> (1) және Pb<sup>2+</sup> (2) иондарының адсорбциясының уақытқа тәуелділігі

Биосорбент бетімен Cu<sup>2+</sup> мен Pb<sup>2+</sup> иондарының байланысу дәрежесі 0,5-1,0 сағат шамасында 100%-ға жуық болды және жеке жасушалар жағдайындағыдай мұнда да Pb<sup>2+</sup> иондарына таңдампаздылық байқалды, яғни Cu<sup>2+</sup> иондарының бетпен байланысуы 1 сағатта 100%-ға жетсе, Pb<sup>2+</sup> иондарының байланысуы 0,5 сағатта максималды болды. Металл иондарының байланысу дәрежесінің бұлай күрт өсуін жасушамен қатар диатомиттің өзінің сорбциялық үрдіске қатысуымен түсіндіруге болады [11]. Сонымен қатар дәнекер ретінде пайдаланылған ПЭИ-дің де металл иондарымен жақсы әрекеттесетіндігі белгілі [12], оның амин топтары Cu<sup>2+</sup> иондарымен координациялық комплекстер түзуге қабілетті.

### Қорытынды

*Rhodotorula glutinis* жасушаларының Cu<sup>2+</sup> мен Pb<sup>2+</sup> ионымен әрекеттесуі амин және фосфат топтары бойынша жүреді. Металл иондарының ашытқы жасушаларымен байланысу дәрежесі 60-70 % құрайды, ал максималдық байланысу Cu<sup>2+</sup> иондары үшін 0,5 сағатта, ал Pb<sup>2+</sup> иондары үшін 1 сағатта болады. *Rhodotorula glutinis* жасушаларын диатомит бетіне ПЭИ қатысында иммобильдеу арқылы алынған биосорбенттер Cu<sup>2+</sup> мен Pb<sup>2+</sup> иондарын толығымен судан бөліп алуға мүмкіндік береді. Биосорбенттердің Pb<sup>2+</sup> иондарына жоғары ынтықтығын жасушалар бетіндегі фосфат иондарының Pb<sup>2+</sup> иондарымен ерігіштігі төмен қосылыс түзуімен негіздеуге болады.

### Әдебиеттер

- 1 Кузнецов Ю.В., Щебетновский В.Н., Трусков А.Г. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений. // – М.: Атомиздат. -1974. – С.124.
- 2 Ерғожин Е.Е., Менлигазиев Е.Ж. Полуфункциональные ионообменники. // – Алма-Ата.: Наука. – 1986. – С. 304.
- 3 Umar Farooq, Janusz A. Kozinski, Misbahul Ain Khan, Makshoof Athar. Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents // Bioresource Technology. – 2010. – Vol. 101. – P. 5043-5053.
- 4 Murari Prasad, Huan-yan Xu, Sona Saxena. Multi-component sorption of Pb (II), Cu (II) and Zn (II) onto low-cost mineral adsorbent // Science Direct. – 2008. – Vol. 154. – P. 221-229.
- 5 Тульская Е.М., Шашков А.С., Евтушенко П.И., Наумова И.Б. Тейхоевые кислоты клеточной стенки *Nocardiopsis prasina* ВКМ Ас-1880<sup>T</sup> // Микробиол. – 2000. – Т.69, №1. – С. 58-61.
- 6 Кучер Р.В., Туровский А.А., Ивашук Ю.А. Характер поверхности и гидрофобность клеточной стенки микроорганизмов // Коллоидный. журнал. - 1990. – Т. 52, №4. – С. 789-791.

- 7 Tazhibayeva S.M., Musabekov K.B., Zhubanova A. Peculiarities of cells immobilization with polymer help // ESIC-2000. – 2000, Патрас, Греция. – P. 122-125.
- 8 Musabekov K.B., Tazhibayeva S.M., Zhubanova A.A., Orazymbetova A.B. Effect of SAS on the immobilization ability of poly-electrolytes // 13 Intern.Symp. on SAS in solution. – Florida: – 2000. – P. 83.
- 9 Тажибаева С.М. Расчет энергии взаимодействия дрожжевых клеток // Химический журнал Казахстана. – 2006. – №2. – С. 16-22.
- 10 Ескельдинова Ж.К., Тажибаева С.М., Оразымбетова А.Б., Мусабеков К.Б., Жубанова А.А., Влияние поверхностных характеристик дрожжевых клеток *Sacharomyces cerevisiae* на их флокуляцию // Узбекский химический журнал. – 2005. – №6. – С. 33-37.
- 11 С.М.Тажибаева, К.Б.Коржынбаева, А.Б.Оразымбетова, К.Б.Мусабеков, М.М.Буркитбаев, А.А.Тургунбаева Адсорбция ионов металлов на диатомите // Вестник КазНУ, серия химическая. – 2011. № 2(62). – С.47 -51.
- 12.Tazhibayeva S.M., Abilov Dj.A., Musabekov K.B. Complexation of polyethyleneimine with Cu(II) ions and alkylsulfate// Dokl. NAN RK. – 1994.- №4.- P.45-50.

## References

- 1 Kuznetsov Yu.V., Shchebetnovskiy V.N., Trusov A.G. Osnovy ochistki vody ot radioaktivnykh zagryazneniy. M.: Atomizdat. – 1974. – S.124.
- 2 Ergozhin E.E., Menligaziev E.Zh. Polufunktsionalnye ionoobmenniki. – Alma-Ata: Nauka. – 1986. – S. 304.
- 3 Umar Farooq, Janusz A. Kozinski, Misbahul Ain Khan, Makshoof Athar. Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents – A review of the recent literature // Bioresource Technology. – 2010. – Vol. 101. – P. 5043-5053.
- 4 Murari Prasad, Huan-yan Xu, Sona Saxena. Multi-component sorption of Pb (II), Cu (II) and Zn (II) onto low-cost mineral adsorbent // ScienceDirect. – 2008. – Vol. 154. – P. 221-229.
- 5 Tulskeya E.M., Shashkov A.S., Evtushenko P.I., Naumova I.B. Teykhozve kisloty kletochnoy stenki *Nocardiaopsis prasina* VKM Ac-1880<sup>r</sup> // Mikrobiol. –2000. – T.69, № 1. – S. 58-61.
- 6 Kucher R.B., Turovskiy A.A., Ivashchuk Yu.A. Kharakter poverhnosti i gidrofobnost kletochnoy stenki mikroorganizmov // Kolloidn. Journ. – 1990. – T.52, № 4. – S. 789-791.
- 7 Tazhibayeva S.M., Musabekov K.B., Zhubanova A. Peculiarities of cells immobilization with polymer help // Mejd. Konf. ECIS-2000. – 2000, Patras, Gresya.
- 8 Musabekov K.B., Tazhibayeva S.M., Zhubanova A.A., Orazymbetova A.B. Effect of SAS on the immobilization ability of poly-electrolytes // 13 Intern.Symp. on SAS in solution, Florida, 2000. – P. 83.
- 9 Tazhibayeva S.M. Raschet energii vzaimodeystviya drozhzhevikh kletok // Khimicheskii zhurnal Kazakhstana. – 2006 – № 2. – S.16-22.
- 10 Eskeldinova Zh.K., Tazhibayeva S.M., Orazymbetova A.B., Musabekov K.B., Zhubanova A.A. Vliyanie poverkhnochnykh kharakteristik drozhzhevikh kletok *Sacharomyces cereiae* na ikh flokulyasiyu// Uzbekskiy khimicheskii zhurnal. – 2005. – № 6. – S.33-37.
- 11 Tazhibayeva S.M., Korzhynbayeva K.B., Orazymbetova A.B., Musabekov K.B., Burkitbayev M.M., Turgynbaeva A.A. Adsorbtсия ionov metallov na diatomite // Vestnik KazNU, Serya Khimicheskaya. – 2011. № 2(62). – S.47-51.
- 12 Tazhibayeva S.M., Abilov Dj.A., Musabekov K.B. Complexation of polyethyleneimine with Cu (II) ions and alkylsulfate. Dokl. – NAN RK. 1994. №4. P.45-50.