

Перспективи застосування електрохімічно активованих розчинів у технологічному процесі цукрового виробництва

С.В. Ткаченко, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Т.В. Шейко, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут продовольчих ресурсів НААН України

В.Б. Смоленський, молодший науковий співробітник, Інститут продовольчих ресурсів НААН України

О.В. Бірук, провідний інженер, Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Н.О. Соколенко, молодший науковий співробітник, Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Р.І. Грушецький, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник, Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Л.М. Хомічак, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи, Інститут продовольчих ресурсів НААН України

У статті наведено дані теоретичних і експериментальних досліджень щодо можливості застосування електрохімічно активованих розчинів у процесі отримання дифузійного соку цукрового виробництва. Доведено, що аноліт-ефективний дезінфектант з тривалим бактеріодинамічним ефектом і є перспективним для застосування при екстрагуванні цукрози. Представлені результати досліджень релаксації аноліту по окисно-відновному потенціалу в процесі екстрагування, впливу різної кількості аноліту на перехід цукрози у дифузійний сік і розвиток його мікрофлори.

Ключові слова: електрохімічно активовані розчини, католіт, аноліт, бактерицидний ефект, екстрагент, цукроза, дифузія.

В статье приведены данные теоретических и экспериментальных исследований о возможности применения электрохимически активированных растворов в процессе получения диффузионного сока сахарного производства. Доказано, что анолит-эффективный дезинфектант с длительным бактериодинамическим эффектом и является перспективным для применения при экстрагировании сахарозы. Представлены результаты исследований релаксации анолита по окислительно-восстановительному потенциалу в процессе экстрагирования, влияния различного количества анолита на переход сахарозы в диффузионный сок, а также развития его микрофлоры.

Ключевые слова: электрохимически активированные растворы, католит, анолит, бактерицидный эффект, экстрагент, сахароза, диффузия.

The article shows the data of theoretical and experimental studies on the possibility of using electrochemically activated solutions in the process of getting juice for sugar production. It is proved that the anolyte is an effective disinfectant with long bacteriodynamic effect and it is perspective for the extraction of sucrose. The results of studies on relaxation anolyte redox potential during extraction are shown; the impact of different amounts of anolyte to sucrose transition into the diffusion juice and development of its microflora are presented.

Keywords: electrochemically activated solutions, catholyte, anolyte, bactericidal effect, extractant, sucrose, diffusion.

Цукор є високоліквідним товаром ринку України. Основним моментом у виробництві цукру є процес одержання якісного дифузійного соку. Але в той же час дифузійний сік є сприятливим середовищем для розвитку великої кількості шкідливих мікроорганізмів, які в процесі життєдіяльності споживають цукрозу. Однією з умов для бурхливого розвитку мікрофлори є температура проведення екстракції 55-70°C, що має міс-

це при порушенні технологічного режиму сокодобування [1].

Інактивація мікроорганізмів можлива як термічним так і хімічним шляхом. Але такий підхід далекий від раціонального, оскільки вплив високих температур сприяє переходу нецукрів у розчин, тим самим знижуючи доброякісність дифузійного соку, а технічний формалін та інші дезінфектанти, які використовуються на цукрових за-

Вихідні параметри екстрагентів

Назва	Показник рН ₂₀	Окисно-відновний потенціал (ОВП)
Водопровідна вода	7,7	230
Аноліт	6,2	300
Католіт	9,6	-190

водах України в якості хімічних засобів дезінфекції, мають досить токсичну дію, що негативно впливає на здоров'я обслуговуючого персоналу [2] і призводить до порушень технологічного процесу у дифузійному апараті.

Тому на сьогодні актуальним є використання альтернативних екологічно безпечних дезінфектантів для пригнічення розвитку мікрофлори у напівпродуктах цукрового виробництва [3], таких як аноліт («мертва вода»), який є складовою частиною електрохімічно активованої води, що має широку сферу застосування, зокрема в медицині [4].

У цукровій промисловості вже існує спосіб застосування в якості бактерицидного агенту та екстрагенту аноліту, одержаного обробленням розчину хлориду натрію у камері діафрагмового електролізера [5]. Цей спосіб забезпечує невисоку ступінь обезцукрювання бурякової стружки. Крім цього використання для проведення процесу екстракції аноліту, отриманого із розчину хлориду натрію, призводить до підвищеного вмісту у дифузійному соку хлоридів лужноземельних металів, які є мелясоутворювачами, і цим самим зумовлюють зниження виходу цукру.

Існує також спосіб застосування аноліту з рН 2,0...3,5, отриманого на розчині хлориду натрію, як бактерицидної речовини, і аноліту з рН 6,2...6,6, отриманого шляхом оброблення розчину сульфату амонію у якості екстрагента [6]. Даний спосіб забезпечує підвищення чистоти та ефекту очищення соку, а також покращує умови екстракції цукрози із бурякової стружки. Але використання аноліту із таким низьким значенням показника рН 2,0...3,5, виготовленого на розчині хлориду натрію, для знезараження стружки призводить до часткового розкладу цукрози і знову ж таки до підвищеного вмісту лужноземельних металів у дифузійному соку.

Враховуючи вищезазначене, нами були проведені дослідження по впливу складових частин електрохімічно активованої води – католіту і аноліту, отриманих на водопровідній воді без внесення сторонніх домішок, на мікрофлору дифузійного соку та процес екстракції бурякової стружки.

На першому етапі роботи досліджували бактерицидні властивості католіту і аноліту.

Дифузійний сік отримували в наближенні до виробничих умов шляхом екстракції бурякової стружки за температури 72...75°C протягом 80 хв при постійному перемішуванні. Співвідношення екстрагенту і бурякової стружки 1:1 відповідно. В

експерименті використовували різні типи екстрагентів: католіт, аноліт та водопровідну воду в якості контрольного зразка. Електрохімічно активовану воду одержували в електролізері, наданому нам українсько-німецьким центром «РЕДОКС», шляхом обробки водопровідної води. Вихідні параметри екстрагентів представлені в таблиці 1.

Як відомо, молочнокислі бактерії в процесі своєї життєдіяльності розкладають цукрозу до органічних кислот [1], що знижують рН дифузійного соку, і тому саме за зміною показника рН оцінювали інгібуючу дію екстрагентів. Зміну показника рН досліджували протягом п'яти діб за температури 20 °С, проби витримували у закритих ємностях. Результати досліджень, представлені на рисунку 1, є середнім значенням трьох паралельних експериментів.

Із аналізу даних можна сказати, що ефективну інгібуючу дію на мікрофлору дифузійного соку здійснює аноліт; зниження рН₂₀ в зразках отриманих за використання аноліту на п'яту добу складає 21,5%, порівняно з першою добою. Тим са-

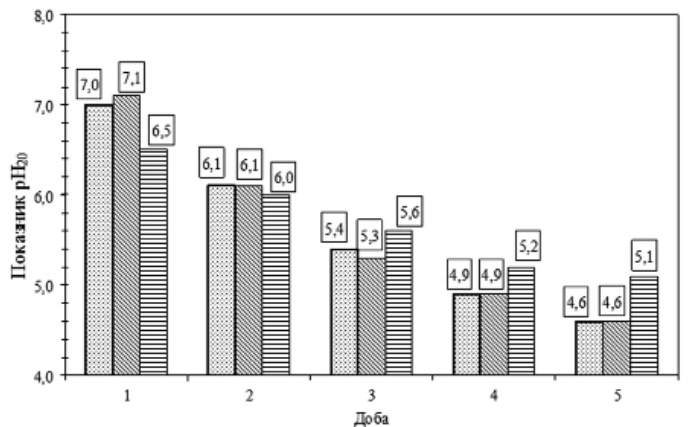


Рис. 1. Динаміка зміни показника рН дифузійного соку при використанні різних екстрагентів: - водопровідна вода; - католіт; - аноліт

чим різниця рН₂₀ зразків дифузійного соку, отриманих з використанням водопровідної води і католіту, складає 34,3% та 35,2%, відповідно. Крім цього на третю добу експерименту в зразках дифузійного соку, де в якості екстрагенту використовували водопровідну воду та католіт, спостерігали драглеподібну структуру, яка характерна для оболонки (капсули) молочнокислих бактерій *Leuconostok Lactobacterium plantarum*, *Leuconostok mesenteroides*, *Leuconostok Dextranicus* [1], в зразках же, отриманих з використанням аноліту, ознак

Вплив складових електрохімічно активованої води на перехід СР із бурякової стружки у розчин

Тип екстрагента	Час екстрагування τ , хв	Показник pH_{20}	СР, %	Цк, %	Ч, %	ОВП, мВ	Електропровідність, $См \times м^{-1}$
Водопровідна вода (контроль)	24	7,1	4,6	-	-	94	0,174
	48	7,1	4,6	-	-	96	0,178
	72	6,9	5,0	4,20	84,0	97	0,191
	96	7,0	5,4	-	-	97	0,209
	120	7,0	5,4	-	-	106	0,215
Католіт	24	7,3	5,0	-	-	-160	0,183
	48	7,2	5,0	-	-	-122	0,191
	72	7,1	5,4	4,54	84,1	-123	0,213
	96	7,1	5,5	-	-	-97	0,217
	120	7,1	5,5	-	-	-38	0,226
Аноліт	24	6,5	5,2	-	-	151	0,267
	48	6,5	5,6	-	-	111	0,269
	72	6,5	5,8	5,00	86,4	65	0,269
	96	6,5	6,4	-	-	110	0,283
	120	6,6	6,4	-	-	133	0,296

слизистого бактеріозу не спостерігали.

На наступному етапі роботи досліджували вплив складових електрохімічно активованої води на перехід сухих речовин із бурякової стружки у розчин в залежності від часу релаксації католіту і аноліту по окисно-відновному потенціалу.

В експерименті використовували буряк з наступними характеристиками клітинного соку: вміст цукру (Цк)=17,25%, сухі речовини (СР)=19,8%, чистота (Ч)=87,1%.

Дифузійний сік отримували шляхом екстракції бурякової стружки за температури 20°C, у співвідношенні екстрагенту і стружки 1:1. В експерименті використовували різні типи екстрагентів: водопровідну воду в якості контрольного зразка, католіт та аноліт. Вихідні параметри екстрагентів були такі самі як і на першому етапі досліджень (таблиця 1).

Оскільки повний час релаксації католіту по ОВП за попередніми дослідженнями спеціалістів українсько-німецького центру «РЕДОКС» складає 120 хв, екстракцію проводили впродовж цього часу.

В ході експерименту визначали показник pH_{20} , СР, ОВП, питому електропровідність кожні 24 хв. Вміст цукру і чистоту дифузійного соку визначали після 72 хв екстрагування, так як цей час найбільш наближений до часу екстрагування стружки

у виробничих умовах.

Отримані дані представлені у таблиці 2 і є усередненими значеннями трьох паралельних експериментів.

Дані експериментальних досліджень, які представлені у таблиці 2, свідчать про те, що перехід СР із бурякової стружки у розчин припиняється після 96 хв екстрагування в усіх зразках. Але найкращі умови екстрагування забезпечує саме аноліт, так як має місце рівномірний, поступовий перехід у розчин СР, на відміну від зразків екстрагування яких проходило з використанням водопровідної води і католіту. Крім цього чистота дифузійного соку, отриманого з використанням аноліту, виявилася на 2,4 і 2,3 од. вищою у порівнянні з контролем і католітом відповідно.

Візуальний контроль стружки після екстрагування, результати якого представлені на рисунку 2, показали, що аноліт як екстрагент має також високу антиокислювальну здатність, у порівнянні з водопровідною водою і католітом. Це дуже важливо при переробці пошкоджених буряків.

На третьому етапі досліджень ми поставили перед собою мету дослідити вплив різної кількості аноліту на перехід цукрози у розчин із бурякової стружки та розвиток мікрофлори отриманого за цих умов дифузійного соку.

Оскільки попередніми дослідженнями [7]

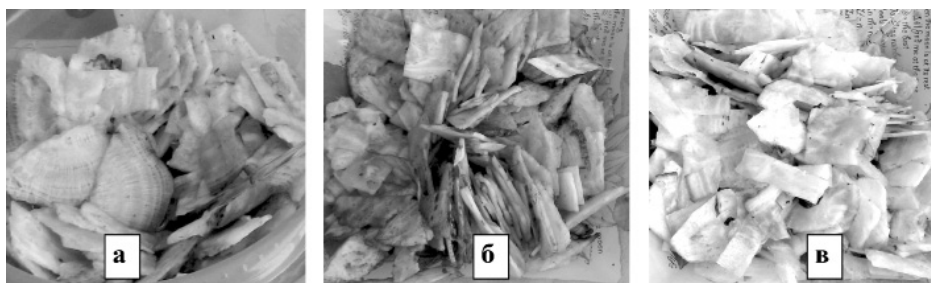


Рис. 2. Зовнішній вигляд бурякової стружки після 120 хв екстрагування за використання різних екстрагентів: а) – водопровідна вода; б) – католіт; в) – аноліт

Вплив аноліту на перехід цукрози із бурякової стружки у дифузійний сік і розвиток його мікрофлори

№ зразка	Розчин аноліту, %	рН ₂₀	СР, %	Цк, %	Ч, %	НЦ, %	ОВП, мВ	Ел-пров., См·м ¹	Стабільність рН ₂₀ дифузійного соку, доба		Показники екстрагента		
									1	5	рН ₂₀	ОВП, мВ	Енрв, См·м ¹
1	0 (контр.)	6,1	11,6	10,00	86,2	1,6	94	0,283	6,1	4,6	7,0	302	0,034
2	10	6,1	10,7	9,00	84,1	1,7	80	0,285	6,1	5,0	7,0	305	0,034
3	20	6,0	10,9	8,90	81,7	2,0	84	0,289	6,0	5,2	7,0	357	0,034
4	30	6,0	11,0	8,90	80,9	2,1	86	0,292	5,9	5,3	6,9	373	0,032
5	40	5,9	11,2	8,80	78,6	2,4	87	0,296	5,8	5,3	6,8	379	0,032
6	50	5,9	11,8	9,90	83,6	1,9	90	0,310	5,9	5,5	6,7	380	0,032
7	100	5,8	11,4	10,10	88,0	1,3	100	0,278	5,8	5,2	6,6	326	0,029

доведено, що показник рН аноліту в діапазоні 2,5...6,5 недостатньо впливає на його антимікробну активність, але обумовлює збільшення її у діапазоні рН 6,5...7,5, в подальшій роботі ми застосували аноліт з показником рН₂₀ 6,6.

Дифузійний сік отримували шляхом екстракції бурякової стружки за стандартних умов у співвідношенні екстрагенту і стружки 1:1. В експерименті використовували буряк з характеристиками клітинного соку: Цк=17,82%, СР=20,2%, Ч=88,2%. В якості екстрагенту в дослідженні використовували розчини аноліту на водопровідній воді.

В ході експерименту визначали показник рН₂₀, СР, Цк, Ч, кількість нецукрів (НЦ), ОВП, питому електропровідність, стабільність показника рН₂₀ дифузійного соку на першу і п'яту добу.

Вихідні параметри екстрагентів, а також результати досліджень представлені в таблиці 3 і є середніми значеннями трьох паралельних експериментів.

Із аналізу даних видно, що найбільш повно цукроза переходить у дифузійний сік за використання у якості екстрагента 100% розчину аноліту, про що свідчить підвищення чистоти дифузійного соку на 1,8 од. у порівнянні з контрольним зразком. Його використання для екстрагування спричиняє менший перехід у дифузійний сік нецукрів у порівнянні з контролем і іншими зразками, що підтверджується низьким значенням електропровідності у зразку №7 та його високим значенням ОВП.

Щодо розвитку мікрофлори дифузійного соку, то ефективну інгібуючу дію здійснюють 30%, 40%, 50%, 100% розчини аноліту, зниження показника рН₂₀ у цих зразках на п'яту добу у порівнянні з першою складає 10,2%, 8,6%, 6,8%, 10,3%, відповідно. Але найкращі результати були отримані при використанні 50% розчину аноліту, зниження рН₂₀ отриманого на ньому дифузійного соку на п'яту добу складає 6,8%, що менше на 17,8% у порівнянні з контрольним зразком, зниження показника рН₂₀ якого склало 24,6%.

Отримані дані експериментальних досліджень підтверджуються результатами мікробіологічного посіву, які представлені на рисунку 3.

З них видно, що ефективну бактерицидну дію на мікрофлору дифузійного соку здійснює 50% розчин аноліту.

Оскільки аноліт покращує умови переходу цукрози у розчин, інтерес представляє дослідження динаміки процесу переходу у дифузійний сік СР впродовж всього часу екстрагування.

Для експерименту використовували буряк з наступними характеристиками клітинного соку: Цк=18,48%, СР=21%, Ч=88,0%. Дослідження проводили за такою самою схемою, як і на третьому етапі, окрім цього для кожного зразка з інтервалом у 10 хв визначали вміст СР за весь час екстрагування.

Результати досліджень представлені в таблиці 4 і є усередненими значеннями трьох паралельних експериментів.

Дані таблиці 4 підтверджують результати, що були отримані на третьому етапі. Використання 100% розчину аноліту у якості екстрагенту збіль-

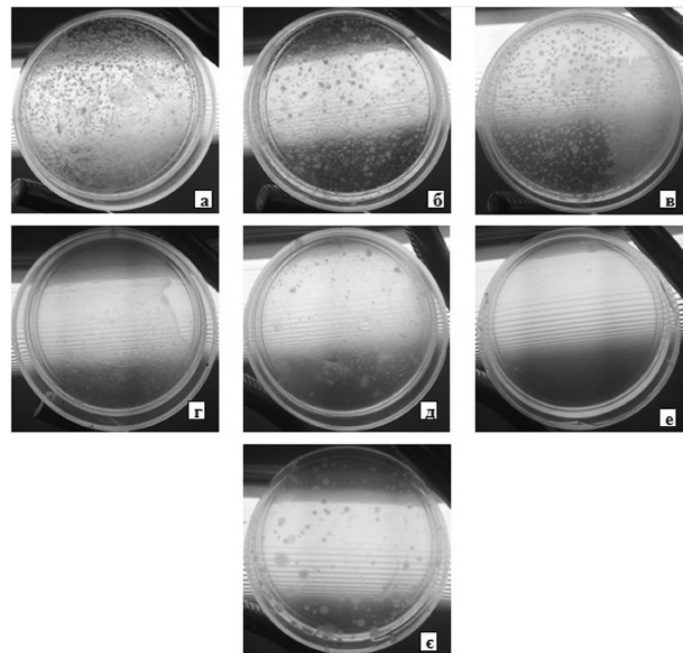


Рис. 3. Розвиток мікрофлори дифузійного соку за використання у якості екстрагентів розчинів аноліту (посів проводили одразу після отримання дифузійного соку): а) 0% (контроль); б) – 10%; в) – 20%; г) – 30%; д) – 40%; е) – 50%; є) – 100%

Вплив аноліту на перехід СР у дифузійний сік

№ зразка	Розчин аноліту, %	рН ₂₀	СР, %	Цк, %	Ч, %	НЦ, %	ОВП, мВ	Ел-пров., См/м²	Зміна СР, % від часу екстрагування τ, хв								Показники екстрагенту		
									10	20	30	40	50	60	70	80	рН ₂₀	ОВП, мВ	Ел-пров., См/м²
1	0 (контр.)	6,3	10,8	9,20	85,1	1,6	96	0,252	9,2	9,8	10,0	10,0	10,0	10,2	10,6	10,8	7,3	269	0,039
2	10	6,3	10,6	8,80	83,0	1,8	85	0,254	9,0	9,6	10,0	10,2	10,2	10,4	10,6	10,6	7,1	306	0,038
3	20	6,2	10,8	8,80	81,4	2,0	88	0,258	9,0	9,2	9,6	9,8	10,0	10,4	10,4	10,8	7,1	355	0,038
4	30	6,1	10,8	8,70	80,5	2,1	90	0,263	9,2	9,4	9,4	10,0	10,0	10,4	10,6	10,8	7,0	368	0,034
5	40	6,0	11,0	8,60	78,2	2,4	95	0,267	9,2	9,6	9,6	9,8	9,8	10,4	10,8	11,0	7,0	373	0,034
6	50	6,0	11,0	9,10	82,7	1,9	98	0,278	9,8	10,2	10,2	10,3	10,4	10,6	11,0	11,0	6,9	380	0,034
7	100	5,9	10,6	9,30	87,7	1,3	104	0,241	9,4	9,6	9,6	9,7	9,8	10,2	10,6	10,6	6,6	298	0,033

шує перехід у розчин цукрози і знижує перехід у розчин нецукрів. Крім цього він забезпечує рівномірний перехід у розчин СР у порівнянні з контрольним зразком і тим самим покращує умови екстрагування (рисунк 4).

Цікавим є той факт, що накопичення вмісту СР у дифузійному соку за використання 100% і 50% розчину аноліту припиняється через 70 хв (рисунк 4), що в свою чергу створює передумови для скорочення часу екстрагування у сучасних дифузійних апаратах.

Таким чином, аноліт є ефективним дезінфектантом з тривалим бактеріодинамічним ефектом і є перспективним для застосування в технологічному процесі цукрового виробництва, а саме в процесі екстрагуванні цукрози. Час релаксації аноліту при екстрагуванні складає 96 хв, цього часу цілком достатньо для проходження екстракції у дифузійному апараті.

Ефективну бактерицидну дію на мікрофлору дифузійного соку здійснює 50% розчин аноліту, але чистота дифузійного соку отриманого за використання такого розчину у якості екстрагенту нижча, у порівнянні з чистотою соку контрольного зразка. Тому саме для процесу екстрагування необхідно використовувати 100% розчин аноліту, оскільки саме він підвищує проникність мембран клітин бурякової стружки для цукрози і знижує її

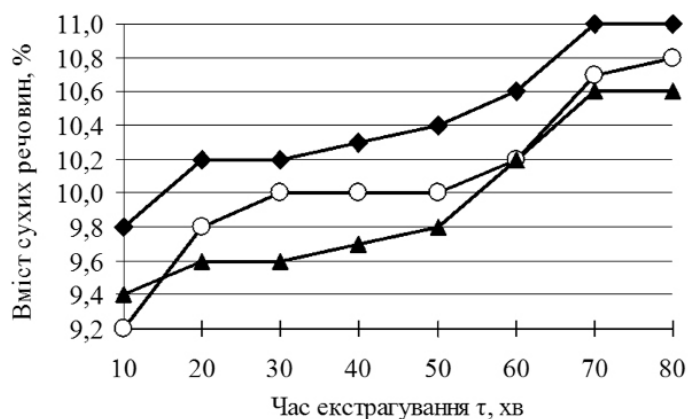


Рис. 4. Динаміка переходу СР у дифузійний сік під час екстрагування різними екстрагентами:
 ○- 0 – водопровідна вода; ◆- 50 – 50% розчин аноліту; ▲- 100 – 100% розчин аноліту

для нецукрів

Використання 100% розчину аноліту також створює передумови для скорочення часу екстрагування бурякової стружки у сучасних дифузійних апаратах.

Список використаних джерел

- Находкина В.З. Микробиология и микробиологический контроль в свеклосахарном производстве / В.З. Находкина. – М. : Пищевая промышленность, 1975. – 98 с.
- Формальдегид [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Формальдегид>. – Назва з екрану.
- Електрохімічно активовані розчини як екобезпечні дезінфектанти цукрового виробництва / І.М. Бордун, В.В. Пташник, Р.Б. Чаповська, Анжей Барига // Цукор України. – 2014. – №3(99). – С. 12 – 15.
- «ЖИВА» і «МЕРТВА» вода на службі медицини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://universum.if.ua/grishchuk.html>. – Назва з екрану.
- Патент РФ №2083670 МПК (1997) C13D1/18 Способ получения диффузионного сока / Влызько Л.И.; Попов А.О.; Бахир В.М.; Задорожний Ю.Г.; Барабаш Т.Б.; заявитель и патентообладатель Влызько Леонид Иванович. – №94030910/13; заявл. 23.08.1994; опуб. 10.07.1997.
- Патент РФ №2231555 МПК (2004) C13D1/08 Способ получения диффузионного сока / Лосева В.А., Квитко И.В., Ефремов А.А., Прасолов Д.В., Болотов Н.А., Кашкин Е.Е., Чеботарев Г.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение Воронежская государственная технологическая академия, ООО НПФ «Айболит»; заявл. 05.08.2002; опуб. 27.06.2004.
- Шомовская Н.Ю. Разработка медико-технических систем для синтеза антимикробных электрохимически активированных растворов : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.11.17 «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» / Н.Ю. Шомовская. – Москва, 2004. – 24 с.