

УДК 663.422.039.38

UDC 663.422.039.38

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА АКТИВАЦИИ
ВОДНЫХ РАСТВОРОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ В
НИХ КИСЛОРОДА НА СКОРОСТЬ
ПРОРАСТАНИЯ ЯЧМЕНЯ**

**THE INFLUENCE OF THE METHOD OF
ACTIVATING OF WATER SOLUTIONS AND
CONCENTRATION OF OXYGEN AT THE
SPEED OF GERMINATION OF BARLEY**

Плутахин Геннадий Андреевич
к.б.н., профессор
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13*
ScopusID: 55102866400

Plutakhin Gennady Andreevitch
Dr.Sci.Biol., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
ScopusID: 55102866400

Федоренко Карина Петровна
аспирант
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13*

Fedorenko Karina Petrovna
postgraduate student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Молчанов Ярослав Дмитриевич
студент
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13*

Molchanov Yaroslav Dmitrievich
student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Приводятся данные исследований по применению активированных водных растворов для стимуляции всхожести ячменя с целью получения витаминизированной кормовой добавки и солода

In order to obtain fortified feed additives and malt the use of activated water solutions was studied

Ключевые слова: АНОЛИТ, КАТОЛИТ, ЭЛЕКТРОАКТИВАТОР, ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫЕ ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ, СОЛОД, ВИТАМИНИЗИРОВАННЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ

Keywords: ANOLYTE, CATHOLYTE, ELECTRO - ACTIVATOR, ELECTROACTIVATED WATER SOLUTIONS, MALT, FORTIFIED FEED ADDITIVES

Пророщенные семена зерновых культур используют при солодоращении и в качестве белково-витаминной добавки в кормопроизводстве [4, 12, 17]. Технологии получения этих двух продуктов на начальном этапе аналогичны, но последующий процесс солодоращения занимает значительно большее время. Актуальным является ускорение этого процесса при сохранении качества целевого продукта. Ускорение возможно достичь активацией воды различными методами [10, 14, 15].

Вода может быть активирована различного рода слабыми воздействиями: электролизом в ячейках с мембраной и без нее, статическими электрическими и магнитными полями, квазистатическими и переменными

электромагнитными полями различных частот вплоть до 10¹⁰–11 Гц, замораживанием и плавлением вибрацией, ультразвуком и др.

В процессе проращивания зерен ячменя развиваются зародышевые органы, поэтому в искусственных условиях создают предпосылки для образования необходимых ферментов и преобразования структуры эндосперма. Основными в готовом солоде являются амилолитические ферменты, определяющие его способность расщеплять крахмал на простые сахара, используемые затем дрожжами для синтеза спирта.

Для проращивания требуются определенные условия: оптимальные влажность, температура и доступ воздуха, которые для получения солода, предназначенного для разнообразных целей, можно регулировать в необходимом направлении. Поступление воздуха удовлетворяет потребность в кислороде, который необходим зернам для получения в результате дыхания энергия.

Начальный этап солодоращения — замачивание зерен. Для ячменя оно длится трое суток при периодической смене воды — через каждые 6 часов при повышенной температуре, и через 12 часов при пониженной. Это необходимо для обеспечения достаточным количеством кислорода для дыхания клеток.

Запах проросшего солода должен быть свежим и напоминать огуречный. Затхлый запах свидетельствует о переработке заплесневевшего зерна, недостаточной его очистке или о вторичной контаминации при проращивании. Для стерилизации ячменя используют различные методы [8].

Возможны экологически безопасные способы стерилизации — ультразвуком, озоном, электрохимически активированными (ЭХА) растворами. Озон служит хорошим стерилизатором в результате своей химической активности. При ультразвуковой обработке непосредственно в воде в результате кавитационных процессов клетки микроорганизмов должны раз-

рушаться. Особое место при действии на биологические объекты занимают ЭХА-растворы [5, 11, 13, 18].

Существуют несколько методов электроактивации. При мембранном методе два раствора разделяются полупроницаемой неселективной мембраной, при этом образуются анолит и католит. Анолит при электролизе насыщается молекулярным кислородом, активным хлором и ионами водорода. В результате рН может достигать значения 1,0 при ОВП более 1000 мВ. В анолите образуется H_2 , рН повышается до 11, ОВП становится отрицательным. Бесконтактная электроактивация осуществляется через тонкие стенки сосуда, в котором находится активируемый раствор. Сосуд при этом помещается в раствор безмембранного электроактиватора.

Электроактивация в отсутствие мембраны насыщает раствор как кислородом, так и водородом. При этом синтезируется большое количество гипохлорита натрия. Такой раствор находит применение в медицине и ветеринарии [1, 2, 3, 6] как стерилизатор, так и биоактиватор.

Ранее сообщалось о влиянии электроактивированных водных растворов на качество выпеченного пшеничного хлеба при активации дрожжей и тестозамешивании [7]. Было показано, что дрожжи наиболее хорошо активируются при отрицательных значениях окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). Однако качество хлеба определяется не только этим параметром. Так анолит, имевший высокий положительный ОВП, при выпечке дал результаты, мало уступающий католиту. Возможной причиной могло служить повышенная концентрация в нем растворенного кислорода, выделившегося при электролизе.

Так как кислород стимулирует прорастание семян, а анолит скорость их набухания, возможно ускорение прорастания ячменя активированными водными растворами. Поэтому целью работы было исследование влияния

активированных водных растворов на скорость прорастания семян фуражного ячменя низкой всхожести.

Методики исследований

В проведенных исследованиях водные растворы активировали УЗ озвучиванием, насыщением озоном, контактной и бесконтактной электроактивацией, электроактивацией путем электролиза 0,9 % раствора хлорида натрия с помощью портативного электролизера «Ключ», предназначенного для получения лекарственной формы раствора гипохлорита натрия — активированного физиологического раствора (АФР).

Питьевой и кислый анолиты, питьевой и щелочной католиты получали на стенде «Изумруд СИ» (мод. 03 и уч). Бесконтактную электроактивацию осуществляли на стенде «Изумруд СИ» (мод. 04 и уч). Анолит нейтральный получали на установке СТЕЛ 10Н-120-01. Электроактивацию во всех случаях проводили согласно прилагаемым изготовителями методикам.

Воду озонировали путем пропускания озона, генерируемого озонатором ОРИОН СИ, через гибкий шланг, в течение пятнадцати минут.

При ультразвуковой обработке семена заливали водопроводной водой и озвучивали ультразвуковым диспергатором МЭФ91.1. в течении восьми минут.

Окислительно-восстановительные потенциалы измеряли платиновым электродом относительно хлорсеребряного, концентрацию растворенного молекулярного кислорода портативным оксиметром HI 9142. Определение содержания активного хлора проводили методом йодометрического титрования в соответствии с ГОСТ 11086-76 «Гипохлорит натрия. Технические условия».

Для определения интенсивности прорастания ячменя сорта «Кондрат» 10 г семян в пластиковых стаканах заливали 30 мл исследуемого раствора. Через 5 часов раствор заменяли на водопроводную воду. В последующем

смену проводной воды проводили каждые 12 часов. По истечении 72-х часов воду сливали, семена покрывали влажной тканью. Весь процесс прорастания происходил при температуре 20 °С. Анализ результатов проводили спустя семь суток путем подсчета числа проросших и непроросших семян.

Результаты и обсуждение

Качество воды, полученное использованными электроактиваторами, было различным. Это объясняется разной конструкцией активаторов и технологией электролиза. В таблице 1 приведены усредненные показатели качества воды, полученные в ходе этой работы.

Таблица — 1 Физико-химические характеристики полученных водных растворов

	pH	ОВП, мВ	O ₂ , мг/л	Cl ₂	Минерализация, ppm
Анолит питьевой	8,2	-33,4	5,8	-	275
Католит питьевой	8,2	-36,4	5,6	-	252
Анолит кислый 03	5,8	971	8,3	0,17	2470
Анолит кислый 04	3,5	1110,5	12	0,11	-
Анолит нейтральный СТЭЛ	6,3	958	10,1	0,5	-
Установки «Ключ»	9,4	735,7	11,9	2	-
Озонированная вода	7,91	340	7,8	-	-
Ультразвук	8,2	420	5,7-	-	-
Контроль	8,3	521	5,3	-	290

На стенде «Изумруд СИ» (мод. 03 и уч) получают несколько типов электроактивированных ЭХА растворов. В первом случае раствор хлористого натрия проходит через анодную или катодную камеру модульного элемента ПЭМ-1, представляющего собой миниатюрный диафрагменный электролизер с вертикально установленными цилиндрическими электродами: трубчатым катодом 3 и стержневым анодом 1. Между ними размещена тонкостенная трубчатая, пористая керамическая диафрагма 2, разделяющая межэлектродное пространство на две электродные камеры — анодную и катодную. В результате получают обычные анолит и католит.

Их характеристики определяются величиной электрического тока и скоростью протока воды. Во втором случае обычная водопроводная вода проходит через камеры двух модульных элементов, причем при прохождении через второй полярность электродов меняется. Таким образом, получают питьевые анолит и католит.

Водопроводная вода, проходя предварительную фильтрацию, попадает в анодную камеру ПЭМ 1, где подвергается гетерофазному и жидкофазному электрокаталитическому окислению. Затем вода проходит электролитическое, а также гетерофазное и жидкофазное электрокаталитическое восстановление в катодной камере ПЭМ 1. При помощи крана К1 можно изменять минерализацию питьевой воды, а также ее ионный состав. С помощью крана К2 регулируется поток воды через электродные камеры ПЭМ 2, в результате чего изменяются такие показатели воды как рН и ОВП.

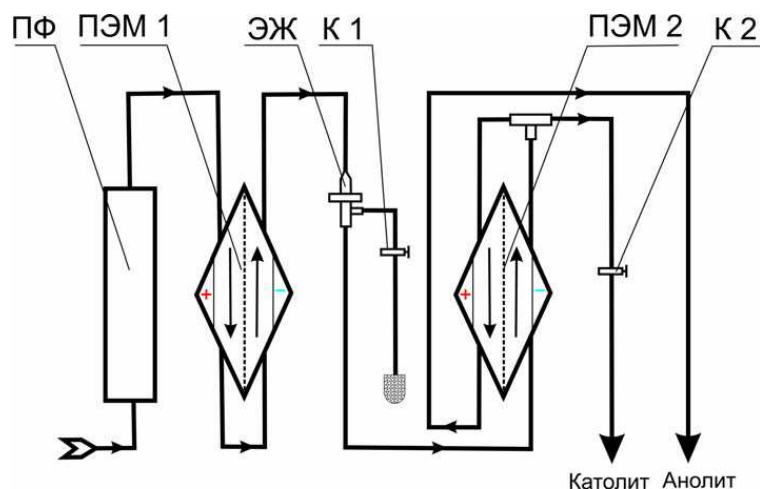


Рис. 1. Гидравлическая схема "Изумруд-СИ" (мод. 03 уч).

ПФ – предфильтр. ПЭМ – проточный электрохимический модуль. ЭЖ – эжекторный насос К1 – кран регулирования подачи растворов. К2 – кран регулирования потоков.

Используемая нами водопроводная вода имела слабощелочную реакцию и умеренную минерализацию. У питьевых анолита и католита минерализация незначительно падала в результате электрохимических процессов на электродах. Кислотность почти не менялась. ОВП приобретал небольшое отрицательное значение. Последнее является, по-видимому, следствием того, что при электролизе водорода выделяется больше, чем

кислорода. Именно молекулярный водород делает раствор восстанавливающим. Так как оба раствора проходили через катодную камеру, то в обоих повышалась концентрация H_2 , причем у питьевого анолита она была выше, чем у питьевого католита.

Значительное повышение минерализации у обычных анолита и католита связано с тем, что при активации в воду вошел хлористый натрий. По той же причине была высокой минерализация растворов, получаемых на установках СТЭЛ и «Ключ».

Наиболее кислым получали анолит на стенде «Изумруд СИ» (мод. 04 u). Стенд предназначен для контактной и бесконтактной активации жидкостей. Его активатор представляет собой полуторалитровую емкость, заполняемую 0,05 % NaCl. Активация осуществляется электродной системой с ионообменной мембраной. В анолит активатора помещают пластиковый тонкостенный стакан, в котором и осуществляется электроактивация залитого в него раствора. Процесс протекает более часа, ОВП активируемого в стакане раствора принимает высокие отрицательные значения без изменения остальных параметров. В нашей работе были исследованы как бесконтактно активированный раствор, так и анолит, получаемый при этом. Особенностью последнего является то, что активация как и в электролизере «Ключ», протекает значительное время, что способствует его насыщению кислородом. Разница между этими двумя электроактиваторами в том, что в электролизере «Ключ» отсутствует мембрана. Как следует из таблицы 1, концентрация кислорода в обоих случаях была одинаковой и значительно превышала аналогичный показатель для других активированных водных растворов.

При озонировании водопроводной воды концентрация кислорода заметно увеличилась. Результаты по изучению ее от времени озонирования показали, что максимальной она становится после 15 минут продувания

озона и дальше не меняется. Это время было выбрано для получения активированной озонной воды в наших экспериментах.

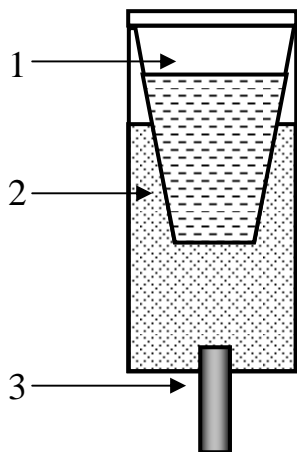


Рис. 1. Схема электроактиватора "Изумруд-СИ" (мод. 04 уч)

1 — стакан с бесконтактно активируемой жидкостью;

2 — корпус ёмкости с электроактивируемым раствором NaCl;

3 — электроактиватор с ионообменной мембраной в футляре.

Основными биоцидными агентами анолита являются двуокись хлора, хлорноватистая кислота и неустойчивые суперактивные частицы: Cl , O , OH , HO_2^- , HO_2^* , H_2O_2 и др.

Ультразвуковое озвучивание семян в водопроводной воде проводилось с целью их стерилизации и активации в них ростовых процессов. Показано, что активация воды, заключающаяся в ее электролизе между двумя шунгитовыми электродами, разделенными между собой пористой диафрагмой, с одновременным ультразвуковым облучением анодной камеры ультразвуковыми колебаниями, значительно улучшают качество анолита [9]. Ультразвук разрушает водородные связи в воде, вызывает образование мельчайших пузырьков (кавитацию), свечение воды, ее стерилизацию. При акустическом воздействии на воду, насыщенную кислородом воздуха, в режиме кавитации имеет место значительное изменение ее физико-химических свойств.

В эксперименте был использован фуражный ячмень сорта «Кондрат» селекции КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко, обладавший низкой всхожестью. При проращивании семян время замачивания в течении пяти часов в

активированных водных растворах было выбрано согласно рекомендациям [16]. Дальнейшее проращивание проводили, периодически меняя неактивированную водопроводную воду. Смена воды диктовалась необходимостью поддерживать концентрацию растворенного в ней кислорода на необходимом уровне.

Основными критериями действия активированных водных растворов были всхожесть семян и их качество после семисуточного проращивания. Качество оценивали по органолептическим свойствам — запаху, и отсутствию заплесневевших зерен. Полученные результаты представлены в таблице 2, в которой активированные растворы для замачивания семян в первые пять часов, ранжированы по концентрации O_2 .

Таблица 2 — Зависимость качества пророщенных семян ячменя от концентрации кислорода в активированных водных растворах

№ п/п	Водный раствор	O_2 , мг/л	Всхожесть, %	Запах и плесень
1	Анолит кислый 04	12	77	-
2	Установка «Ключ»	11,9	70,1	-
3	Анолит нейтральный СТЭЛ	10,1	67,3	-
4	Анолит кислый 03	8,3	65	-
5	Озонированная вода	7,8	77,4	+
6	Анолит питьевой	5,8	55,5	+
7	Католит питьевой	5,6	52,2	+
8	Ультразвук	5,7	55,7	+
9	Контроль	5,3	51,5	+

Как следует из представленных данных, наиболее низкой была всхожесть семян ячменя в контроле, как и концентрация кислорода в использованной при замачивании водопроводной воде. Ультразвуковая обработка семян в водопроводной воде приводила к незначительному росту как содержания растворенного кислорода, так и всхожести. За ними следуют питьевые анолит, католит и озонированная водопроводная вода. Эти пять ва-

риантов при завершении опыта имели заплесневевшие зерна и гнилостный запах. Коэффициент корреляции между содержанием кислорода в активированной воде и всхожестью семян ячменя статистически значим, и составил 0,81.

Отсутствие плесени и гнилостного запаха было у семян ячменя, замоченных в течение первых пяти часов в электроактивированных водных растворах, содержащих повышенную концентрацию активного хлора. Это анолиты и раствор, полученный на установке «Ключ», причем наивысшая концентрация хлора была при безмембранной электроактивации на последней установке.

Таким образом, нами показано, что прорастание семян ячменя низкой всхожести можно стимулировать активированными водными растворами. Основным параметром при этом является концентрация в них растворенного кислорода. Активный хлор, получаемый при электролизе водных растворов, содержащих хлористый натрий, оказывает эффективное стерилизующее действие.

Использованная литература

1. Жолобова И. С. Лечение актиномикоза крупного рогатого скота натрием гипохлоритом / И. С. Жолобова., А. Г. Кошаев, Н. В. Сазонова // Сборник научных трудов Sworld. – 2009. Т. 17. № 2. С. 38–39.
2. Жолобова И. С. Мясная продуктивность и качество мяса перепелов после применения натрия гипохлорита / И. С. Жолобова, А. В. Лунева, Ю. А. Лысенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 1. № 41. С. 146–150.
3. Жолобова И. С. Эффективность использования активированных растворов хлоридов при лечении собак с хирургическими заболеваниями / И. С. Жолобова, А. Г. Кошаев, А. В. Лунева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1. № 36. С. 270–272.
4. Козарь Е. Г. Биологическая активность вторичных метаболитов растений семейства *brassicaceae* / Е. Г. Козарь // Овощи России. – 2011. – № 1. С. 46–53.
5. Лунёва А. В. Натрий гипохлорит: влияние на организм перепелов / А. В. Лунёва // Птицеводство. – 2013. – № 04. С. 35–39.
6. Марков С. А. Применение электроактивированных растворов хлоридов для обеззараживания кормов / С. А. Марков, С. Б. Хусид И. С. Жолобова // Сборник научных трудов Sworld. – 2009. – Т. 17. № 2. – С. 40–41.

7. Набок М. Выпечка пшеничного хлеба с использованием в тестозамешивании электроактивированных водных растворов / М. Набок, Г. Плутахин // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2009. – №9. – С. 38–41.
8. Нарцисс Л. Пивоварение. Т. 1. Технология солодоращения / Л. Нарцисс; перевод с нем. под общ. ред. Г.А.Ермолаевой и Е.Ф. Шаненко. – СПб. Профессия, 2007, 584 с.
9. Пат. 2515243, Российская Федерация, Способ получения активированной воды / Смирнов Г. В., Смирнов Д. Г. Способ получения активированной воды. Опубл. 27.01.2014
10. Петрушанко И. Ю. Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и её биологическая активность / И. Ю. Петрушанко, В. И. Лобышев // Биофизика. – 2001. – Т. 46 – Вып. 3. – С. 389–401.
11. Плутахин Г. А. Биофизика, 2-е изд., перераб. и доп.: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 240 с.
12. Плутахин Г. А. Получение белкового изолята из подсолнечного шрота с помощью электроактиватора / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев, А. И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 6. – С. 38–39.
13. Плутахин Г. А. Электротермическое осаждение белков растительного сока / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев, А. И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 8. – С. 20
14. Плутахин Г. А. Практика использования электроактивированных водных растворов в агропромышленном комплексе / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев, М. Аидер // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 09. С. 497.
15. Плутахин Г. А. Практическое применение электрохимически активированных водных растворов / Г. А. Плутахин, М. Аидер, А. Г. Кощаев, Е. Н. Гнатко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 92. С. 254–264.
16. Филоненко А. В. Использование анолита и католита для прорастания семян / А. В. Филоненко, Е. Ю. Байковская // Электрохимическая активация: Первый межд. Симпозиум – М. 1997 с. 99–100.
17. Храпенков С. Н. Воздействие электрохимически активированных систем на ферменты солода / С. Н. Храпенков, М. В. Гернет, В. М. Бахир // Пиво и напитки, –2002. № 5. – С. 20–21.
18. Aider M. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology / M. Aider, A. Kastyuchik, E. Gnatko, M. Benali. Plutakhin G. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2012. – V. 15. – P. 38–49.

References

1. Zholobova I. S. Lechenie aktinomikoza krupnogo rogatogo skota natrija gipohloritom / I. S. Zholobova., A. G. Koshhaev, N. V. Sazonova // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2009. Т. 17. № 2. S. 38–39.
2. Zholobova I. S. Mjasnaja produktivnost' i kachestvo mjasa perepelov posle primeneniya natrija gipohlorita / I. S. Zholobova, A. V. Luneva, Ju. A. Lysenko // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – Т. 1. № 41. S. 146–150.

3. Zholobova I. S. Jefferktivnost' ispol'zovanija aktivirovannyh rastvorov hlo-ridov pri lechenii sobak s hirurgicheskimi zabolevanijami / I. S. Zholobova, A. G. Koshhaev, A. V. Luneva // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo uni-versiteta. – 2012. – T. 1. № 36. S. 270–272.
4. Kozar' E. G. Biologicheskaja aktivnost' vtorichnyh metabolitov rastenij semej-stva brassicaceae / E. G. Kozar' // Ovoshhi Rossii. – 2011. – № 1. S. 46–53.
5. Lunjova A. V. Natrija gipohlorit: vlijanie na organizm perepelov / A. V. Lunjova // Pticevodstvo. – 2013. – № 04. S. 35–39.
6. Markov S. A. Primenenie jelektroaktivirovannyh rastvorov hloridov dlja obezzarazhivaniya kormov / S. A. Markov, S. B. Husid I. S. Zholobova // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2009. – T. 17. № 2. – S. 40–41.
7. Nabok M. Vypechka pshenichnogo hleba s ispol'zovaniem v testozameshivanii jelektroaktivirovannyh vodnyh rastvorov / M. Nabok, G. Plutahin // Hlibopekars'ka i konditers'ka promislovist' Ukraïni. – 2009. – №9. – S. 38–41.
8. Narciss L. Pivovarenie. T. 1. Tehnologija solodorashhenija / L. Narciss; perevod s nem. pod obshh. red. G.A.Ermolaevoy i E.F. Shanenko. – SPb. Professija, 2007, 584 s.
9. Pat. 2515243, Rossijskaja Federacija, Sposob poluchenija aktivirovannoj vody / Smirnov G. V., Smirnov D. G. Sposob poluchenija aktivirovannoj vody. Opubl. 27.01.2014
10. Petrushanko I. Ju. Neravnovesnoe sostojanie jelektrohimičeski aktivirovannoj vody i ejo biologicheskaja aktivnost' / I. Ju. Petrushanko, V. I. Lobyshev // Bio-fizika. – 2001. – T. 46 – Vyp. 3. – S. 389–401.
11. Plutahin G. A. Biofizika, 2-e izd., pererab. i dop.: uchebnoe posobie dlja stu-dentov vysshih uchebnyh zavedenij / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev – SPb: Izda-tel'stvo «Lan'», 2012. – 240 s.
12. Plutahin G. A. Poluchenie belkovogo izoljata iz podsolnechnogo shrota s pomo-shh'ju jelektroaktivatora / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev, A. I. Petenko // Hrane-nie i pererabotka sel'hozsyr'ja. – 2005. – № 6. – S. 38–39.
13. Plutahin G. A. Jelektrotermičeskoe osazhdenie belkov rastitel'nogo soka / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev, A. I. Petenko // Hranenie i pererabotka sel'hoz-syr'ja. – 2004. – № 8. – S. 20
14. Plutahin G. A. Praktika ispol'zovanija jelektroaktivirovannyh vodnyh ras-tvorov v agropromyshlennom komplekse / G. A. Plutahin, A. G. Koshhaev, M. Ai-der // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo go-sudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 09. S. 497.
15. Plutahin G. A. Praktičeskoe primenenie jelektrohimičeski aktivirovannyh vodnyh rastvorov / G. A. Plutahin, M. Aider, A. G. Koshhaev, E. N. Gnatko // Po-litematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarst-vennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 92. S. 254–264.
16. Filonenko A. V. Ispol'zovanie anolita i katolita dlja prorastanija semjan / A. V. Filonenko, E. Ju. Bajkovskaja // Jelektrohimičeskaja aktivacija: Pervyj mezhd. Simpozium – M. 1997 s. 99–100.
17. Hrapenkov S. N. Vozdejstvie jelektrohimičeski aktivirovannyh sistem na fermenty soloda / S. N. Hrapenkov, M. V. Gernet, V. M. Bahir // Pivo i napit-ki, –2002. № 5. – C. 20–21.
18. Aider M. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food in-dustry and biotechnology / M. Aider, A. Kastyuchik, E. Gnatko, M. Benali. Plu-tahin G. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2012. – V. 15. – P. 38–49.