

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-129-135>
УДК 620.197:664

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЩИТУ ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ

С. Т. Алмагамбетова 

Дата поступления в редакцию: 20.04.2018
Дата принятия в печать: 21.05.2018

АО «Алматинский технологический университет»,
050012, Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

e-mail: s.almag@mail.ru



© С. Т. Алмагамбетова, 2018

Аннотация. В настоящее время значительной инженерно-технической проблемой является коррозия конструкционных материалов, металлического оборудования и установок. Ингибиторы – это эффективное, универсальное и экономичное средство в арсенале методов борьбы с коррозией. Обоснована актуальность проблемы выбора ингибиторов коррозии для предприятий пищевой промышленности. Целью работы является изучение воздействия ингибиторов на основе растительного сырья на повышение коррозионной стойкости оборудования пищевой отрасли в технологических агрессивных средах. Литературный обзор показал, что применение синергических ингибирующих композиций является более эффективным по сравнению с использованием ингибирующих добавок по отдельности. Определенный ингибитор является модифицированным растительным сырьем, которое имеет биоцидные и бактерицидные свойства, обеспечивает высокую эффективность противокоррозионной защиты конструкционных сталей в нейтральных и кислых средах, применяется для улучшения защитных и физико-механических свойств покрытий. Изучен эффект воздействия ингибитора-концентрата в рабочей среде на основе технологических регламентов для обоснования рекомендаций по применению данного концентрата в защите оборудования от коррозии. В результате исследования определено, что наибольшее воздействие произведено при использовании модифицированного ингибитора-концентрата. Ингибитор-концентрат на растительной основе не только не уступает промышленному ингибитору ПБ-5 по эффективности защиты от коррозии, но и имеет ряд определенных преимуществ, таких как экологическая безопасность, множественность направлений действия, а также положительное воздействие на санитарно-гигиенические условия при получении и применении ингибитора. Даны рекомендации по возможности применения данного ингибитора для защиты механизмов предприятий пищевой отрасли от коррозии.

Ключевые слова. Ингибиторы, коррозия металлов, коррозионная активность, пищевая промышленность

Для цитирования: Алмагамбетова, С. Т. Анализ методов противокоррозионного воздействия на защиту оборудования объектов пищевой отрасли / С. Т. Алмагамбетова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 129–135. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-129-135>.

ANALYSIS OF THE WAYS OF ANTICORROSIVE INFLUENCE ON FOOD INDUSTRY EQUIPMENT PROTECTION

S.T. Almagambetova 

Received: 20.04.2018
Accepted: 21.05.2018

Almaty Technological University,
100, Tole bi Str., Almaty, 050012, Kazakhstan

e-mail: s.almag@mail.ru



© S.T. Almagambetova, 2018

Abstract. Nowadays there is a significant engineering and technical issue which is corrosion of structural materials, metal equipment and installations. Inhibitors are one of the effective, universal and economical means of protection against corrosion. The author justifies the relevance of the problem connected with selection of corrosion inhibitors for food industry companies. The aim of the work is to study the effect of inhibitors based on plant raw materials on increasing the corrosion resistance of food industry equipment in technological corrosive media. A literature review showed that the use of synergistic inhibitory compositions is more effective than using inhibiting additives separately. A specified inhibitor is a modified plant raw material. It has biocidal and bactericidal properties that provide for high efficiency of corrosion protection of structural steels in neutral and acid media and is used to improve protective and physico-mechanical properties of coatings. The author studied the effect of concentrate inhibitor in the working environment on the basis of technological regulations to justify recommendations on the use of this concentrate in protecting equipment against corrosion. As a result of the study, the author determined that the greatest effect took place when a modified concentrate inhibitor was used. The plant-based concentrate inhibitor does not have lower corrosion protection effectiveness than the industrial inhibitor PB-5. On the contrary, it has a number of definite advantages such as environmental safety, multiple action directions as well as a positive effect on the sanitary and hygienic conditions in the process of inhibitor preparation and use. The author gives recommendations on the possibility of using this inhibitor to protect the mechanisms used in food industry against corrosion.

Keywords. Inhibitors, corrosion of metals, corrosion activity, food industry

For citation: Almagambetova S.T. Analysis of the ways of anticorrosive influence on food industry equipment protection. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 129–135 (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-129-135>.

Введение

Современное развитие пищевой промышленности, разработка новых технологических процессов, протекающих в агрессивных средах, предъявляют к конструкционным материалам высокие требования. Примерно 10 % всего производимого металла безвозвратно теряется вследствие разрушающего действия коррозии. Экономические потери включают стоимость заменяемых металлических конструкций и механизмов или их частей, стоимость коррозионноустойчивых металлов и сплавов, применяемых вместо материалов, имеющих те же механические свойства, но неустойчивых к коррозии, стоимость различных видов защиты от коррозии, а также расходы, связанные с простоем оборудования во время замены части машины или аппарата, разрушаемых коррозией, с загрязнением выпускаемых изделий продуктами коррозии [1].

Коррозия оборудования, конструкционных материалов и установок становится в настоящее время значительной инженерно-технической проблемой. Решить данную проблему можно несколькими путями. Ингибиторы вводятся в коррозионно-активную среду в небольших количествах, снижают скорость коррозии и уменьшают ее опасные последствия.

Применение ингибиторов, по сравнению с другими методами защиты от коррозии, имеет ряд преимуществ, так как не требует перестройки существующей технологической схемы производства и больших капитальных вложений, а также позволяет использовать дешевые конструкционные металлы вместо специальных. Именно поэтому ингибиторы коррозии нашли широкое применение в следующих областях:

- для кислотных промывок оборудования от различного рода минеральных отложений, накипи, что позволяет значительно увеличить теплопередачу;
- в промышленном и бытовом водообеспечении;
- в пищевой промышленности во время очистки оборудования сахароваренных заводов, емкостей, предназначенных для хранения и перевозки молочных и других пищевых продуктов;
- в охлаждающих системах оборудования и транспортных средств, для защиты от атмосферной коррозии изделий машиностроения, при гидроиспытаниях [2].

В нейтральных водных средах наиболее эффективно замедляют коррозию металла пассиваторы. Пассиваторы обычно представляют собой неорганические вещества с окислительными свойствами, которые пассивируют металл и сдвигают коррозионный потенциал в положительную сторону.

Оборудование пищевой промышленности используется в условиях влияния коррозионно-

активной среды с постоянно меняющимися физическими и химическими свойствами, абразивных частиц и множества технологических факторов, таких как температура, давление, скорость движения среды, механические и гидродинамические нагрузки.

В связи с этим конструкционные материалы подвергаются коррозионно-абразивному износу, который способствует резкому снижению срока использования оборудования, вызывает огромные невозвратные потери стали и большие затраты, связанные с проведением трудозатратных ремонтных работ. Косвенные потери, связанные с нарушением технологии и потерями перерабатываемых продуктов в производстве, значительно превосходят расходы из-за потерь разрушенного металла, необходимости регулярного проведения ремонтных работ, стоимости отдельных видов пищевого оборудования [3].

Поэтому особое внимание уделяется повышению долговечности и надежности выпускаемого технологического оборудования и коммуникаций для пищевой промышленности и разработке эффективных способов противокоррозионной защиты, что особенно актуально в связи с производственной интенсификацией, а также непрерывным циклом работы пищевых предприятий.

Важным резервом усиления коррозионной стойкости стали, применяемой для производства технологического пищевого оборудования, является поиск, исследование, разработка и внедрение противокоррозионного ингибирования.

Так как аппараты, машины, механизмы и коммуникации пищевого производства после очистки и дезинфекции подвергаются влиянию коррозионно-активных технологических сред, при этом введение ингибирующих добавок в пищевые продукты исключено в связи с особыми требованиями, регламентированными государственными стандартами по изготовлению продуктов и санитарными нормами, сильное значение приобретает наличие влияния ингибиторов коррозии – сохранение защитного воздействия в течение долгого времени после обработки поверхности стали.

Проведен анализ предложенных к использованию в пищевой промышленности ингибиторов коррозии, таких как ЧМ, КС, ХОСП-10 «Unicol», КПИ-3 для снижения агрессивности дезинфицирующих и моющих средств при обработке оборудования, который показал, что большинство из них по токсикологическим показателям не в полной мере соответствуют требованиям санитарной гигиены и экологической безопасности. Разработка ингибиторов коррозии на основе сырья биологического происхождения является актуальной проблемой.

Целью работы является изучение воздействия ингибиторов на основе растительного сырья на повышение коррозионной стойкости оборудования пищевой отрасли в технологических агрессивных средах.

Объекты и методы исследования

Международные стандарты ISO/TR 10271:1993(E) требуют, чтобы металлические изделия, используемые во внутреннем и внешнем контакте с организмом человека, проходили проверку на уровень выхода ионов металлов в моделируемую среду. На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007, также оборудование должно соответствовать стандарту EN 180 12100 «Безопасность машин». В табл. 1 приведены компоненты коррозионностойкой износостойкой стали.

Нержавеющие стали на сегодняшний день являются предпочтительным материалом для изготовления технологического пищевого оборудования. Самыми распространенными являются марки А181-304 и А181-316. В исследовании использована малоуглеродистая сталь марки Ст3, которая является одним из наиболее часто используемых конструкционных материалов для изготовления различного вида оборудования пищевой промышленности. Данная марка стали широко применяется в оборудовании по производству сахара и кондитерских изделий, из нее изготовлены лопасти и корпуса диффузионных аппаратов, сетки и рамки дисковых фильтров, трубопроводы подачи диффузионного сиропа и сока. Также данная марка стали используется в производстве спирта и ликероводочных изделий в виде резервуаров для хранения спирта, корпусов бродильных чанов, сортировочного и напорного чанов, трубопроводов для подачи спирта, смесителей мелассы и т.д. При этом сталь марки Ст3 является материалом с невысокой коррозионной стойкостью в ряде сред пищевого производства, поэтому зачастую требуется защита от коррозии.

При исследовании использованы растворы органических кислот, таких как лимонная, винная, уксусная, а также соляная кислота как дезинфектор, спирт этиловый, вино виноградное, сироп сахарный. Оценивалась противокоррозионная эффективность ингибиторов на основе растительного сырья: на основе рапса (РС) и на основе горчицы (ГС). Данные ингибиторы экологичны, сырьевая база достаточно доступна, имеются О-, N-, и S-содержащие соединения в составе сырья, способные к образованию комплексов с оксидами и атомами железа, что способствует созданию условий формирования пассивного состояния поверхности стали.

Испытания проводились гравиметрическим методом, использованы образцы стали Ст3 в виде пластинок размером 51,3 x 25,3 x 3,2 мм. Скорость коррозии оценивалась по следующей формуле:

$$K_T = (m_1 - m_2) / S \cdot t,$$

где K_T – скорость коррозии, г/(м²·ч); m_1 – масса образца до испытания, г; m_2 – масса образца после испытания, г; S – площадь поверхности образца, м²; t – длительность исследования, ч.

Температура растворов составила 293–333 °К. Температура растворов поддерживалась при помощи термостата ТГУ, погрешность составила ±0,5 °С.

Результаты и их обсуждение

Пластины стали марки Ст3 обработали дезинфицирующим раствором 1 н соляной кислоты с добавлением ингибиторов в оптимальной концентрации: ГС – 0,3 г/л, РС – 0,2 г/л, в пересчете на действующее вещество в определенный период времени. Дезинфицированную пластинку погрузили в коррозионно-активную рабочую среду без ингибитора, затем выдержали. Пластинку промыли водой, взвесили, затем рассчитали степень защиты от коррозии. Противокоррозионный эффект проявляется на основе наличия пленки на поверхности стали, которая образовалась при адсорбции ингибитора. Результаты исследования эффективности ингибиторов ГС и РС при температуре 293 °К в 1 н растворах кислот при экспозиции в течение 2 ч представлены в табл. 2 и на рис. 1.

Максимально возможная степень защиты проявилась после выдержки образцов стали Ст3 в ингибированном растворе дезинфектора в течение часа, так как увеличение экспозиции не оказало большого влияния на эффект воздействия.

Таблица 1 – Компоненты коррозионностойкой износостойкой стали

Table 1 – Components of corrosion and wear resistant steel

№	Компоненты	Мас. %
1	Углерод	0,03–0,1
2	Кремний	0,01–0,08
3	Марганец	14–19
4	Хром	14–17
5	Никель	0,2–1,0
6	Медь	0,8–1,2
7	Молибден	0,5–1,5
8	Азот	0,17–0,26
9	Железо и примеси	остальное

Таблица 2 – Эффект воздействия ингибиторов ГС и РС на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе кислот (при периоде выдержки в ингибированном растворе дезинфектора 1 ч)

Table 2 – Effect of inhibitors GS and RS on samples of steel grade St3 in 1 normal solution of acids (with exposition period in disinfectant inhibitor solution equal one hour)

Кислота	K_T , г/(м ² ·ч)			Z_m , %	
	Без ингибитора	ГС	РС	ГС	РС
Соляная	4,121	2,039	2,241	50,5	45,6
Винная	1,823	0,794	0,887	56,4	51,3
Лимонная	1,795	0,766	0,863	57,3	51,9
Уксусная	0,744	0,257	0,295	65,3	60,2

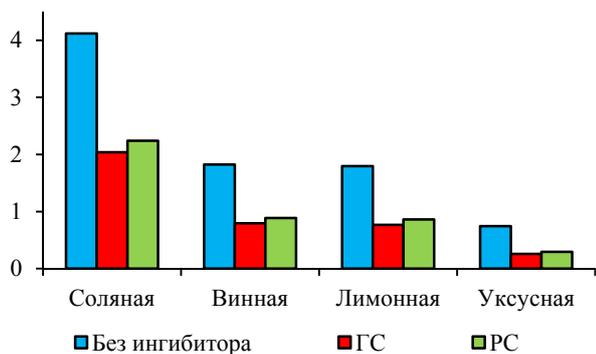


Рисунок 1 – Эффект воздействия ингибиторов GS и РС на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе кислот
Figure 1 – Effect of inhibitors GS and RS on samples of steel grade St3 in 1 normal solution of acids

Ингибитор GS снизил скорость коррозии стали в 2,02–2,88 раза в зависимости от используемой кислоты, ингибитор РС – в 1,84–2,51 раза. Наибольший уровень защиты стали Ст3 наблюдаем в уксусной кислоте, наименьший – в кислоте соляной.

Обработка оборудования кислотными дезинфекторами на объектах пищевой отрасли осуществляется в разные периоды и с разной интенсивностью, это зависит от вида производственных процессов, консистенции, свойств, состава используемого сырья для производства готовой продукции и характеристики конструкционного материала, из которого было изготовлено оборудование. Время дезинфекционной обработки составляет от 10 до 20 мин. Анализ результатов исследований показал, что в целях обеспечения защиты пищевого оборудования в производственных условиях, на основе технологических требований и регламентов, необходимо повысить эффективность защитного воздействия после обработки поверхности стали дезинфицирующим раствором с ингибиторами GS и РС.

Литературный обзор показал, что использование ингибирующих добавок по отдельности оказалось менее эффективным, чем применение синергических ингибирующих композиций. Ингибитор МГ является модифицированным растительным маслом, которое имеет биоцидные и бактерицидные свойства, обеспечивает высокую эффективность противокор-

розионной защиты конструкционных сталей в нейтральных и кислых средах ($Z = 93,0\text{--}99,8\%$), применяется для улучшения защитных и физико-механических свойств покрытий [3–21].

При использовании комбинированного ингибитора в пропорции 4 к 1 наблюдается более высокая эффективность защиты от коррозии по сравнению с ингибиторами GS и МГ. Результаты показали, что проявился эффект синергизма при совместном использовании ингибиторов GS и МГ.

Результаты исследования эффекта воздействия концентрации ингибиторов GS и МГ на стали марки Ст3 в 1 н растворах кислот представлены в табл. 3 и на рис. 2 (время выдержки в ингибированном растворе дезинфектора составило 20 мин). При использовании концентрата ингибитора скорость коррозии стали снизилась в 3,12–5,09 раза в зависимости от вида кислоты, а при использовании ингибитора МГ – в 1,39–1,71 раза.

Обработка механизмов цеха броидильного отделения дезинфекторами, например раствором соляной кислоты, на предприятиях винодельческой и спиртовой промышленности производится в основном 1 раз в 4–5 дней. В связи с этим исследован эффект воздействия ингибитора-концентрата в рабочей среде на основе технологических регламентов для обоснования рекомендаций по применению данного концентрата в защите оборудования от коррозии.

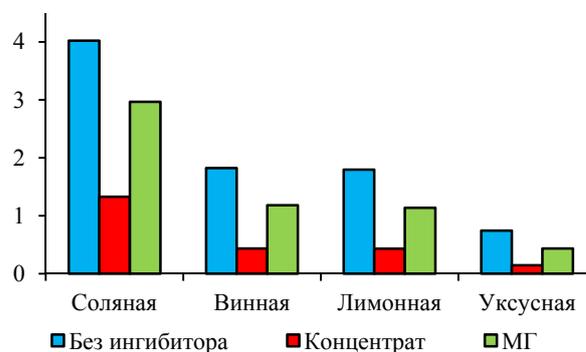


Рисунок 2 – Эффект воздействия ингибиторов концентрата и МГ на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворах кислот

Figure 2 – Effect of concentrate inhibitors and MG on samples of steel grade St3 in 1 normal solutions of acids

Таблица 3 – Эффект воздействия ингибиторов концентрата и МГ на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворах кислот (период экспозиции составил 2 ч при температуре 293 °К)

Table 3 – Effect of concentrate inhibitors and MG on samples of steel grade St3 in 1 normal solutions of acids (exposition period – 2 hours at 293 °K)

Кислота	$K_t, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$			$Z_m, \%$	
	без ингибитора	концентрат	МГ	концентрат	МГ
Соляная	4,021	1,329	2,966	68,0	28,0
Винная	1,823	0,435	1,182	76,1	35,1
Лимонная	1,795	0,433	1,137	75,8	36,6
Уксусная	0,744	0,145	0,435	80,4	41,4

Таблица 4 – Эффект воздействия ингибитора-концентрата на образцы стали марки Ст3 в пищевой среде

Table 4 – Effect of inhibitor concentrate on samples of steel grade St3 in food medium

Среда	K _г , г/(м ² ·ч)		Zm, %
	ГС	концентрат	
Виноградное вино	0,135	0,045	66,7
Спирт этиловый, 40 %	0,063	0,019	69,8
Сахарный сироп, 10 %	0,022	0,005	77,3

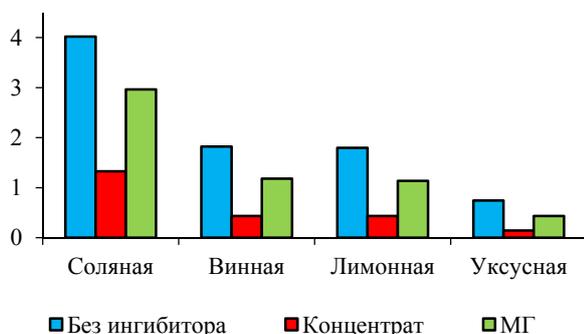


Рисунок 3 – Эффект воздействия ингибитора-концентрата на образцы стали марки Ст3 в пищевой среде

Figure 3 – Effect of inhibitor concentrate on samples of steel grade St3 in food medium

Таблица 5 – Эффект воздействия ингибиторов концентрата и ПБ-5 на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты

Table 5 – Effect of concentrate inhibitors and PB-5 on samples of steel grade St3 in 1 normal solution of muriatic acid

Кислота	K _г , г/(м ² ·ч)			Zm, %	
	без ингибитора	концентрат	ПБ-5	концентрат	ПБ-5
Соляная	4,021	1,309	1,416	68,0	65,4

Результаты исследования эффекта воздействия ингибитора-концентрата на образцы стали марки Ст3 в определенных пищевых средах представлены в табл. 4 и на рис. 3 (период – 4 суток, температура – 293 °К, время нахождения в ингибированном растворе – 20 мин).

В связи с тем, что большинство процессов на предприятиях пищевой отрасли происходят при высокой температуре, были изучены противокоррозионные свойства ингибиторов в этих

условиях. При повышении температуры от 293 до 333 °К степень защиты образца стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты уменьшается при использовании ГС в 2,62 раза, концентрата – в 1,69 раза.

При кислотной обработке паровых установок для снижения образования накипи применяют такие ингибиторы, как концентрат низкомолекулярных кислот (уксусной, муравьиной, масляной), концентрат в смеси с трилоном Б, ЧМ, КС и другие, способные снижать коррозию металла в кислоте в десятки и сотни раз. На объектах пищевой отрасли при обработке паровых установок применяется 3–5 % раствор соляной кислоты с добавлением ингибитора, который является продуктом конденсации уротропина и анилина. Были проведены сравнительные исследования эффекта воздействия ингибиторов ПБ-5 (1,5 г/л) и концентрата ГС (0,3 г/л) на образцы стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты, результаты которых представлены в табл. 5 (период – 2 ч при температуре 293 °К, время выдержки образцов в ингибированном растворе соляной кислоты – 20 мин).

При использовании ингибиторов концентрата и ПБ-5 скорость коррозии образца стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты уменьшается в 3,07 и 2,83 раза соответственно. Таким образом, ингибитор-концентрат на растительной основе не только не уступает промышленному ингибитору ПБ-5 по эффективности защиты от коррозии, но и имеет ряд определенных преимуществ, таких как экологическая безопасность, множественность направлений действия, а также положительное воздействие на санитарно-гигиенические условия при получении и применении ингибитора.

Таким образом, проведено изучение противокоррозионной активности ингибиторов ГС, РС и их концентрата на эффект воздействия в определенных средах пищевых производств с различной агрессивностью. Степень противокоррозионной защиты ингибитора-концентрата в пищевых средах после выдержки образцов в ингибированном растворе соляной кислоты в течение 20 мин (что соответствует технологическому регламенту), на достаточно высоком уровне, рекомендуется для защиты механизмов предприятий пищевой отрасли от коррозии путем введения в дезинфицирующий раствор.

Список литературы

1. Способы антикоррозионной защиты пищевого оборудования / С. Т. Алмагамбетова [и др.] // Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства : материалы международной научно-практической конференции. – Алматы, 2015. – С. 166–168.
2. Chang, S. P. Cavitation performance research of mixed-flow pump based on CFD / S. P. Chang, Y. S. Wang // Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering. – 2012. – № 30 (2). – P. 171–176. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8530.2012.02.010>.
3. Deng, T. Determination of a particle size distribution criterion for predicting dense phase pneumatic conveying behavior of granular and powder materials / T. Deng, M. S. A. Bradley // Powder Technology. – 2016. – Vol. 304. – P. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.05.001>.
4. Breading: Improving Quality / S. P. Cauvain ed. – 2nd ed. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2012. – 832 p.

5. Гусева, Е. А. Пути повышения надежности промышленного оборудования / Е. А. Гусева, М. В. Константинова, А. О. Гусев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 10. – С. 218–224.
6. Влияние продуктов переработки растительного сырья на коррозионно-электрохимическое поведение стали в пищевых производствах / О. И. Сизая [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2011. – № 4 (2). – С. 179–182.
7. Daribaev, Zh. E. Features of chemical kinetics of concrete fillers production from industrial waste / Zh. E. Daribaev, M. Sh. Suleimenova, N. G. Daribaeva // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – № 8 (1). – P. 1328–1338.
8. Akhmetova, S. O. Towards food safety: quality management features / S. O. Akhmetova, D. L. Fuschi, R. Vasilūnaitė // Journal of Security and Sustainability Issues. – 2017. – Vol. 6, № 3. – P. 513–522. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3\(15\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3(15)).
9. Towards food security through a new scientific findings / S. T. Azimova [et al.] // Journal of Security and Sustainability Issues. – 2017. – Vol. 6, № 4. – P. 719–728. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4\(16\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4(16)).
10. Кириллов, В. В. Проблема коррозии технологических аппаратов пищевых производств / В. В. Кириллов, А. Я. Эглит // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2013. – № 2. – С. 4–8.
11. Теоретические основы коррозионных процессов / С. Л. Березина [и др.]. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 72 с.
12. Richardson, J. A. Localised corrosion of stainless steels during food processing / J. A. Richardson, A. W. Godwin // British Corrosion Journal. – 1973. – Vol. 8, iss. 6. – P. 258–263. <https://doi.org/10.1179/000705973798321784>.
13. Britton, S. C. Report on meeting: corrosion problems in the food industry / S. C. Britton // British Corrosion Journal. – 1976. – Vol. 11, iss. 1. – P. 9–10. <https://doi.org/10.1179/bcj.1976.11.1.9>.
14. Handling and fabricating stainless steels for the food industry // British Corrosion Journal. – 1985. – Vol. 20, iss. 1. – P. 4. <https://doi.org/10.1179/000705985798272939>.
15. Асылбекова, Н. Т. Анализ конкурентоспособности пищевой промышленности Республики Казахстан / Н. Т. Асылбекова // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 8. – С. 145–150.
16. Афанасьева, Г. А. Эффективность новых технологий защиты материалов в пищевом машиностроении / Г. А. Афанасьева, Н. Ю. Тимофеева, Г. Ю. Тимофеева // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 3. – С. 162–163.
17. Фомин, Г. С. Коррозия и защита от коррозии : энциклопедия международных стандартов / Г. С. Фомин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Протектор, 2013. – С. 95.
18. Электрохимические исследования коррозионной стойкости металлических материалов в пищевых средах / А. Ш. Чавчанидзе [и др.] // Коррозия: материалы, защита. – 2008. – № 12. – С. 10–16.
19. Коррозия и защита металлов / Ярославцева О. В. [и др.]. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета. – 2015. – 90 с.
20. Lewan, M. Food processing equipment construction materials / M. Lewan, E. Partington // Hygiene in Food Processing: Principles and practice. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2014. – pp. 142–154.
21. Construction materials in contact with food and global food safety regulations / H. L. M. Lelieveld [et al.] // EHEDG Yearbook 2011/2012. – Frankfurt : VDMA Verlag GmbH, 2012. – P. 69–74.

References

1. Almagambetova S.T., Abilkasova S.O., Daumetova S.T., Kalimoldina L.M. Sposoby antikorroziionnoy zashchity pishchevogo oborudovaniya [Methods of food processing equipment corrosion protection]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Innovatsionnoye razvitiye pishchevoy, legkoy promyshlennosti i industrii gostepriimstva”* [Proceedings of the International Scientific Conference “Innovative development of food processing, light industry and the industry of hospitality”]. Almaty, 2015, pp. 166–168.
2. Chang S.P., Wang Y.S. Cavitation performance research of mixed-flow pump based on CFD. *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2012, no. 30(2), pp. 171–176. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8530.2012.02.010>.
3. Deng T., Bradley M.S.A. Determination of a particle size distribution criterion for predicting dense phase pneumatic conveying behavior of granular and powder materials. *Powder Technology*, 2016, vol. 304, pp. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.05.001>.
4. Cauvain S. P. ed. *Breadmaking: Improving Quality*. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. 832 p.
5. Guseva Ye.A., Konstantinova M.V., Gusev A.O. Puti povysheniya nadezhnosti promyshlennogo oborudovaniya [Ways to improve industrial equipment reliability]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Irkutsk State Technical University], 2013, no. 10, pp. 218–224.
6. Sizaya O.I., Savchenko O.N., Kvashuk Yu.V., Korolev A.A. Vliyaniye produktov pererabotki rastitel'nogo syr'ya na korroziionno-elektrokhimicheskoye povedeniye stali v pishchevykh proizvodstvakh [Influence of products of processing of vegetable raw material on the corrosive-electrochemical conduct of steel in food productions]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Issues of Chemistry and Chemical Technology], 2011, no. 4(2), pp. 179–182.
7. Daribaev Zh.E., Suleimenova M.Sh., Daribaeva N.G. Features of chemical kinetics of concrete fillers production from industrial waste. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2017, no. 8(1), pp. 1328–1338.
8. Akhmetova S.O., Fuschi D.L., Vasilūnaitė R. Towards food safety: quality management features. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 2017, vol. 6, no. 3, pp. 513–522. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3\(15\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.3(15)).
9. Azimova S.T., Kizatova M.Z., Akhmetova S.O., Donchenko L.V., Admayeva A.M. Towards food security through a new scientific findings. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 2017, vol. 6, no. 4, pp. 719–728. [https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4\(16\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2017.6.4(16)).

10. Kirillov V.V., Eglit A.Ya. Problema korrozii tekhnologicheskikh apparatov pishchevykh proizvodstv [Corrosion problem of process equipment for food production]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya "Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovaniye"* [Scientific journal NRU ITMO. Series "Refrigeration equipment and air conditioning"], 2013, no. 2, pp. 4–8.
11. Berezina S.L., Golubev A.M., Dilyichanskaya N.N., Puchkov Yu.A. *Teoreticheskiye osnovy korroziyonnykh protsessov* [Theoretical basics of corrosion processes]. Moscow: MGTU im. N.E. Baumana Publ., 2014. 72 p.
12. Richardson J.A., Godwin A.W. Localised corrosion of stainless steels during food processing. *British Corrosion Journal*, 1973, vol. 8, iss. 6, pp. 258–263. <https://doi.org/10.1179/000705973798321784>.
13. Britton S.C. Report on meeting: corrosion problems in the food industry. *British Corrosion Journal*, 1976, vol. 11, iss. 1, pp. 9–10. <https://doi.org/10.1179/bcj.1976.11.1.9>.
14. Handling and fabricating stainless steels for the food industry. *British Corrosion Journal*, 1985, vol. 20, iss. 1, p. 4. <https://doi.org/10.1179/000705985798272939>.
15. Assylbekova N.T. Analiz konkurentosposobnosti pishchevoy promyshlennosti Respubliki Kazakhstan [Analysis of the competitiveness of the food industry of Kazakhstan Republic]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International Journal of Experimental Education], 2013, no. 8, pp. 145–150.
16. Afanasyeva G.A., Timofeeva N.Yu., Timofeeva G.Yu. Effektivnost' novykh tekhnologiy zashchity materialov v pishchevom mashinostroyeni [The efficiency of new materials protection technologies in food engineering]. *Problemy regional'noy ekologii* [Regional Environmental Issues], 2014, no. 3, pp. 162–163.
17. Fomin G.S. *Korroziya i zashchita ot korrozii: entsiklopediya mezhdunarodnykh standartov* [Corrosion and anticorrosion protection: Encyclopedia of International Corrosion Standards]. Moscow: Protector Publ., 2013. 95 p.
18. Chavchanidze A.Sh., Rakoch A.G., Timofeeva N.Yu., Bazarkin A.Yu. Elektrokhimicheskiye issledovaniya korroziyonnoy stoykosti metallicheskih materialov v pishchevykh sredakh [Electrochemical studies of metallic material corrosion resistance in foods]. *Korroziya: materialy, zashchita* [Corrosion: materials, protection], 2008, no. 12, pp. 10–16.
19. Yaroslavtseva O.V., Ostanina T.N., Rudoy V.M., Murashova I.B. *Korroziya i zashchita metallov* [Corrosion and protection of metals]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta Publ., 2015. 90 p.
20. Lewan M., Partington E. Food processing equipment construction materials. In: *Lelieveld H.L.M., Holah J.T., Napper D. (eds) Hygiene in Food Processing: Principles and practice*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014, pp. 142–154.
21. Lelieveld H.L.M., Akesson S., Heide O., Steenaard P., Bricher J.L. Construction materials in contact with food and global food safety regulations. In: *EHDG Yearbook 2011/2012*. Frankfurt: VDMA Verlag GmbH, 2012, pp. 69–74.

Алмагамбетова Сауле Тулегеновна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии, химической технологии и экологии, АО «Алматинский технологический университет», 050012, Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100, тел.: +7 (777) 23-77-500, e-mail: s.almag@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4779-8243>

Saule T. Almagambetova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Almaty Technological University, 100, Tole bi Str., Almaty, 050012, Kazakhstan, phone: +7 (777) 23-77-500, e-mail: s.almag@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4779-8243>

