

## СПОСОБ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

С.А. Романчиков

*Проанализированы методы исследования скоропортящихся продовольственных продуктов при организации питания военнослужащих. Установлено, что в настоящее время органолептический метод оценки качества продовольствия является основным методом, используемым в войсковом звене. Однако он не в полной мере позволяет дать объективную оценку их потребительским свойствам. Это обуславливает необходимость разработки мобильных приборов для определения свежести продовольствия. В целях повышения эффективности контроля за свежестью мяса и рыбы предложен прибор, работа которого основана на измерении силы тока, который образуется в результате электродвижущей силы, возникающей внутри клеточной ткани продуктов питания. Конструкция прибора позволяет объективно и оперативно оценить свежесть мяса и рыбы по изменению рН среды, происходящему в тканях скоропортящихся продуктов, т. к. уровень рН влияет на электродвижущую силу внутри исследуемого образца. Проведенные экспериментальные исследования позволили сделать вывод, что при ухудшении качественного состояния продукта питания и переходе рН среды из кислой в нейтральную и щелочную слабый электрический потенциал (сила тока), возникающий при электродвижущей силе, уменьшается. Действие прибора обеспечивает возможность измерять электрический потенциал (силу тока), образующийся в результате электродвижущей силы среды в тканях продукта питания. Анализ результатов измерения заключается в сравнении полученных данных с эталонными показателями. Для разработки прибора использованы основные принципы электрохимического анализа, что позволяет решать задачу достоверного определения изменения кислотно-щелочной среды при контроле свежести мяса и рыбы.*

*Ключевые слова:* прибор, качество, продукт питания, электродвижущая сила, электрохимический метод анализа, способ.

### ВВЕДЕНИЕ

Мясо и рыба являются скоропортящимися продуктами. Даже при низкой температуре хранения под воздействием внутренних ферментов, влажности и температуры в их тканях происходит химический распад белков и накопление промежуточных и конечных продуктов. Продукты распада (углекислый газ, аммиак, мочевая кислота), влияют на уровень рН (power Hydrogen – «сила водорода») среды. Мышечная ткань свежего мяса убойных животных и рыбы имеет рН слабокислотную. У несвежих продуктов рН может перейти нейтральную и затем в щелочную стадию

(таблица 1) [1]. Известны приборы, позволяющие экспресс-методом определять качество продуктов питания [2, 3, 4, 5], но ни один из них не позволяет определить свежесть скоропортящегося продукта.

Оценка качества пищевых продуктов, содержащих в своем составе животный белок, является сложным процессом, требующим дорогостоящих приборов и лабораторного оборудования. Она отличается значительной продолжительностью исследования. Как правило, порча мясных и рыбных продуктов питания начинается в районе костей, что не позволяет определить свежесть продуктов без нарушения целостности структуры туши.

Таблица 1 – Уровень рН при изменении качественного состояния рыбы и мяса

Продукт питания	рН, мг		
	Свежее	Сомнительной свежести	Не свежее
Мясо	6,5-6,6	6,6	6,7
Рыба	до 6,9	7,0-7,2	7,3

## СПОСОБ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В связи с этим необходима разработка таких способов определения свежести мяса и рыбы, которые дают возможность определять их качественное состояние в течение короткого промежутка времени, а также в местах их хранения или непосредственно в местах приготовления пищи.

Таким образом, **целью исследования** является разработка мобильного прибора, позволяющего оперативно оценить свежесть мяса и рыбы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В целях экспресс-оценки свежести продуктов питания, содержащих животный белок, посредством измерения силы тока, проходящего внутри их тканей, предложен прибор «Прибор для оценки свежести мясных и рыбных продуктов» [6]. Прибор позволяет объективно и оперативно оценить свежесть продукта по уровню pH среды внутри исследуемого образца мяса или рыбы.

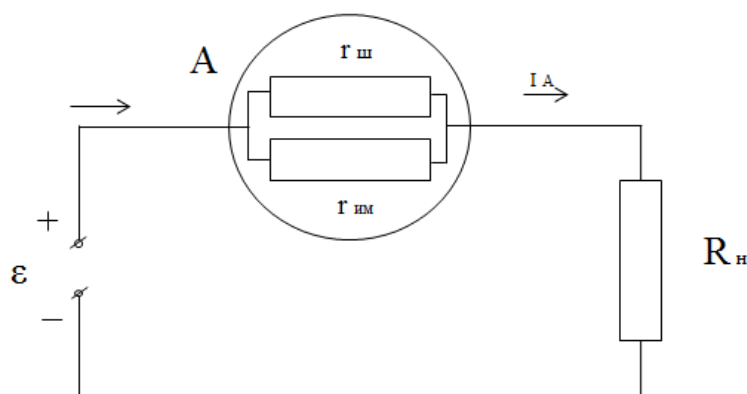
Работа прибора основана на измерении силы тока, которая образуется на пластинах металла при помещении их в кислую или щелочную среду (электролит) [7]. При этом в

качестве среды выступают внутренние ткани исследуемого образца с характерными для степени его свежести уровнем pH среды. При погружении в эту среду электродов в ней возникает электрохимическая реакция, в результате которой и образуется электродвижущая сила (ЭДС).

Использование электрохимического метода анализа для определения свежести мяса и рыбы предполагает включение в конструкцию прибора щупа, состоящего из соединенных между собой пластин из цинка (Zn – 0,76 восстановитель) и меди (Cu +0,34 окислитель) с жестко зафиксированной между ними пластины диэлектрика из гетинакса [8, 9]. Данные об электронных потенциалах рассматриваемых металлов в разных средах приведены в таблице 2. Щуп закрепляется внутри рукоятки из диэлектрического материала. Результаты измерения силы тока, образующегося в цепи, включающей ткани исследуемого образца, отображаются на дисплее. Принципиальная схема прибора для оценки свежести мясных и рыбных продуктов представлена на рисунке 1, а его конструктивные особенности на рисунке 2.

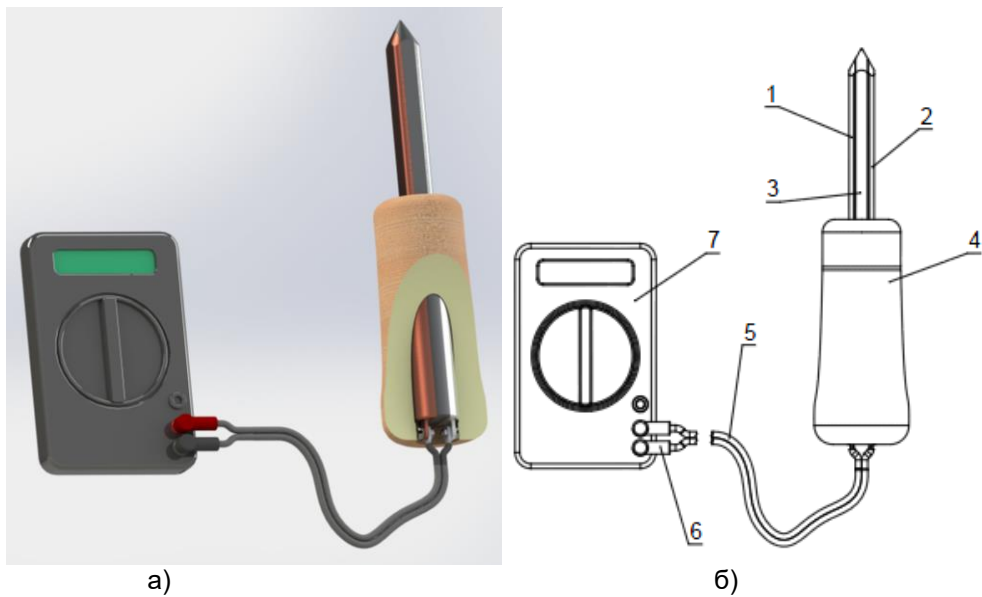
Таблица 2 – Электродные потенциалы металлов в разных средах

Электрод	Потенциал	Среда		
		нейтральная	кислотная	щелочная
Zn <sup>2+</sup> /Zn	Катод	- 0,78	- 0,84	- 1,13
Cu <sup>2+</sup> /Cu	Анод	0,06	0,15	0,03



$r_{ш}$  – вспомогательный резистор;  $r_{им}$  – сопротивление измерительного механизма амперметра;  $R_n$  – сопротивление нагрузки;  $\varepsilon$  – ЭДС;  $A$  – амперметр;  $I$  – сила тока

Рисунок 1 – Принципиальная схема прибора



1 – пластина (цинковая); 2 – пластина (медная); 3 – диэлектрик; 4 – рукоятка; 5 – электропровод; 6 – штекер; 7 – цифровой миллиамперметр

Рисунок 2 – Прибор для оценки свежести мясных и рыбных продуктов, где: а – внешний вид; б – конструкция

Активное накопление веществ распада белков изменяет рН среду (кислая – 0-6,9, нейтральная – 7, щелочная – 7,1-14). Значение показателя рН зависит от соотношения между положительно заряженными ионами (формирующими кислую среду) и отрицательно заряженными ионами (формирующими щелочную среду) [10].

Прибор для оценки свежести мясных и рыбных продуктов работает следующим образом. В продукт питания (мясо или рыбу) на глубину 20–30 мм помещается щуп. Для помещения щупа в

мороженое мясо или рыбу он предварительно нагревается в воде температурой +75...+80 °С. Состояние уровня рН приводит к образованию ЭДС и разности потенциалов на пластинах щупа, помещенного в исследуемый образец продукта питания.

Величина силы тока, образующаяся в результате возникновения ЭДС, измеряется миллиамперметром (7). Она зависит от рН среды, в которую помещаются электроды щупа (рисунок 3).

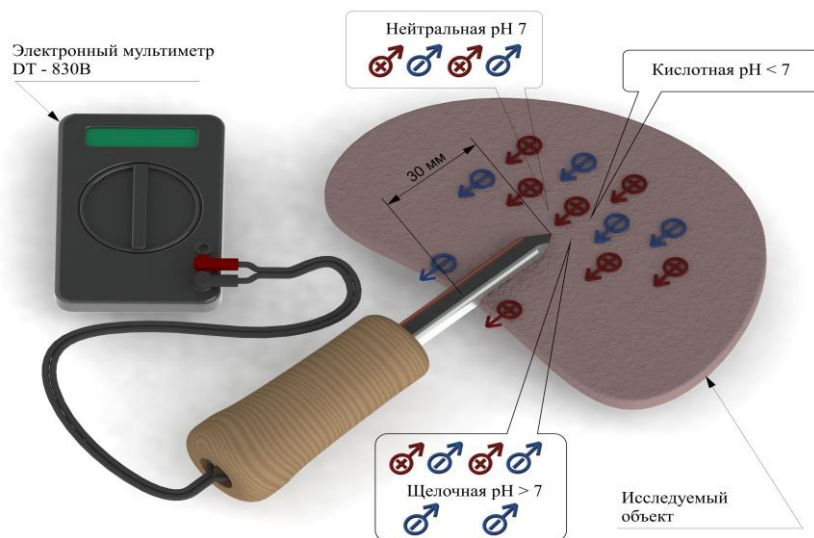


Рисунок 3 – Принцип работы прибора

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ**

Новизна данного прибора состоит в том, что его работа, в отличие от имеющихся аналогов, основана на физическом принципе изменения силы тока, который образуется в результате появления электродвижущей силы среды в тканях продуктов питания (кислой, нейтральной, щелочной), в которые помещены электроды. К настоящему времени приборов, позволяющих оперативно определять свежесть скоропортящихся продуктов питания, содержащих животный белок, с использованием электрохимического анализа не существует. Измерение постоянного тока малой величины, образующегося при

возникновении электродвижущей силы в исследуемой среде, осуществляется электронным цифровым миллиамперметром.

Работоспособность предложенного прибора подтверждена проведением экспериментальных исследований по определению свежести скоропортящихся пищевых продуктов в лаборатории физико-химических исследований продовольствия Военной академии материально-технического обеспечения (рис. 4, 5) [11]. Результатом исследований являются полученные зависимости величины силы тока, образующегося при появлении ЭДС в исследуемых пищевых продуктах (таблица 3, 4, 5).

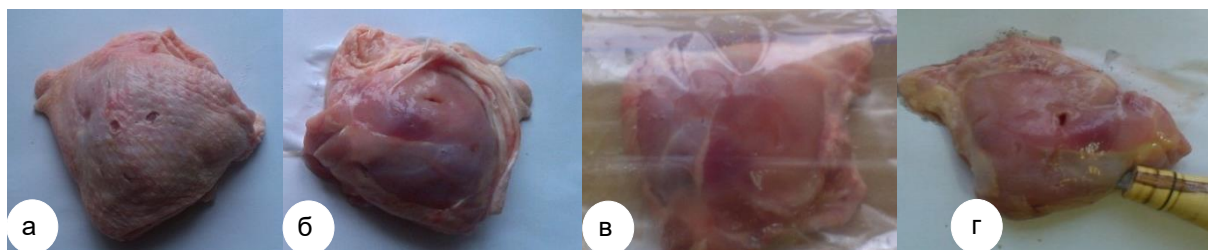


Рисунок 4 – Изменение внешнего вида мяса кур в зависимости от качественного состояния: а – продукт свежий; б – продукт сомнительной свежести; в – продукт несвежий; г – определение качества продовольствия

Таблица 3 – Показания миллиамперметра при исследовании качества мяса кур ( $T_{\text{пом}} +22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi$  75-80 %)

Качество продукта	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
Продукт свежий	855-895						
Продукт сомнительной свежести		840-820	680-750				
Продукт несвежий				460-535	390-425	290-365	250-185

Таблица 4 – Показания миллиамперметра при исследовании качества мяса кур ( $T_{\text{пом}} + 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi$  80-85 %)

Качество продукта	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
Продукт свежий	925-875						
Продукт сомнительной свежести		840-820	785-740				
Продукт несвежий				650-595	545-485	415-390	350-305

Результаты экспериментальных исследований по определению ЭДС в мясе кур представлены в таблице 6. Незначительные габаритные размеры, небольшая масса, себестоимость и автономность позволяют эффективно эксплуатировать щуп для оценки свежести мясных и рыбных продуктов в стационарных и полевых условиях.

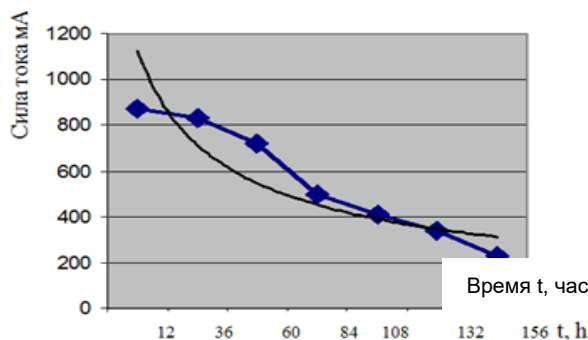


Рисунок 5 – Изменение ЭДС исследуемого продукта (мяса кур)

Таблица 5 – Показания миллиамперметра при исследовании качества мяса кур ( $T_{\text{пом}} 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\phi 85-90\%$ )

Качество продукта	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
Продукт свежий	925-875						
Продукт сомнительной свежести		855-830	795-765				
Продукт несвежий				720-675	640-595	575-500	450-415

Таблица 6 – Результаты экспериментальных исследований по определению ЭДС в мясе кур

День исследования	T, $^{\circ}\text{C}$	$\phi$ , %	ЭДС, мА	Органолептические показатели исследуемого образца
1	22	75-80	855-895	Цвет мяса ярко-розовый в разрезе глубинных слоях мышечной ткани; отсутствие липкости и слизи; при надавливании образуется ямка, которая быстро выравняется; свежий запах и на поверхности, и в глубине мышечной ткани; сухожилия не повреждены, поверхность суставов гладкая, на разрезе мясо упругое и плотное.
2	22	75-80	800-820	Местами увлажнена, слегка липкая; выделение большого количества клеточного сока, слегка мутноватый; на разрезе мясо более мягкое и менее упругое; суставные поверхности слегка покрыты слизью.
3	22	75-80	680-750	На разрезе мясо менее плотное и упругое; запах слегка кисловатый, с оттенком затхлости; жир серовато-матовый, имеет легкий запах осаливания; состояние сухожилий менее плотное матово-белого цвета.
4	22	75-80	460-535	Поверхность сильно подсохшая, покрытая слизью, серовато-коричневого цвета; мышцы на разрезе влажные и липкие; частичное выделение мутного мясного сока; сразу же чувствуется неприятный запах тухлого мяса; жир мягкий.
5	22	75-80	390-425	На разрезе мясо дряблое, образующаяся при надавливании пальцем ямка не выравняется, жир рыхлый, осалившийся; запах слабо гнилостный; выделение небольшого количества темно-мутного клеточного сока.
6	22	75-80	290-365	Жир имеет серовато-матовый оттенок; мышечная ткань полностью рыхлая; большое количество выделенной слизи на поверхности мяса; запах гнилостный; отделение мышечной ткани от костей; сухожилия размягчены, сероватого цвета.
7	22	75-80	250-185	Ярко выраженный запах тухлого мяса; большое количество слизи на поверхности мяса; полное отсутствие плотности и упругости; появление плесени на поверхности жира.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прибор для оценки свежести мясных и рыбных продуктов позволяет дать оценку качественному состоянию мяса и рыбы с использованием их электрохимического анализа. Применение прибора наиболее актуально

в отдаленных районах размещения организаций, частей и подразделений ВС РФ, других войск, воинских формирований и органов, а также при выполнении специальных задач малочисленными подразделениями, когда поставки продовольствия ограничены и ис-

пользуются источники местной экономической базы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воровков, М. Ф. Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии стандартизации продуктов животноводства [Электронный ресурс] / М. Ф. Воровков, В. П. Фролов, С. А. Серко. – Режим доступа :[http://медпортал.com/veterinariya\\_727/veterin\\_arnosanitarnaya-ekspertiza-myasa14331.html](http://медпортал.com/veterinariya_727/veterin_arnosanitarnaya-ekspertiza-myasa14331.html).

2. Романчиков, С. А. Фотометрический способ оценки качества продовольствия / С. А. Романчиков // Ползуновский вестник, 2017. – № 4. – С. 26–30.

3. Романчиков, С. А. Использование принципов колориметрии и люминесценции для оценки качества продуктов питания для военнослужащих / С. А. Романчиков // пищевая промышленность, 2018. – № 2. – С. 40–43.

4. Романчиков, С. А. Мобильная экспресс-лаборатория для определения качества продовольствия / С. А. Романчиков // Вестник Международной академии холода, 2018. – № 1. – С. 54–60.

5. Пат. 170386 Российская Федерация, МПК G01N7/00, Устройство для определения содержания летучих веществ в продуктах питания [Текст] / Романчиков С.А. (RU), Баранов В.В. (RU); патентообладатель ВАМТО № 2016115990, опублик. 22.04.2017, Бюл. № 12. – С. 76.

6. Пат. 176217 Российская Федерация, МПК G01N7/00, Электронный щуп для оценки свежести мясных и рыбных блюд питания [Текст] / Романчиков С.А. (RU), патентообладатель ВАМТО № 2017131148; заявл. 04.09.2017 г. опублик. 14.02.2018 г. Бюл. № 5. – 213 с.

7. Песков, Н. П. Физико-химические основы коллоидной науки / Н. П. Песков. – М. ; Л. : ОНТИ-Госхимтехиздат, 1932. – 436 с.

8. Электрохимические методы анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://eurolabinstrument.ru/elektrohimicheskie\\_metody\\_analiza](http://eurolabinstrument.ru/elektrohimicheskie_metody_analiza).

9. Англо русский словарь по электротехнике и электроэнергетике / сост. Я. Н. Лугинский [и др.]. – М. : РУССО, 1999. — 616 с.

10. Изменения в мясе после убоя животных [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://biofile.ru/bio/16267.html>.

11. Акт проведения испытаний анализатора качества хлебопекарных дрожжей. – СПб : ВАМТО, № 5, 2017. – 4 с.

**Романчиков Сергей Александрович**, кандидат технических наук, докторант Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева. 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова д.8. E-mail: [romanchkovspb@mail.ru](mailto:romanchkovspb@mail.ru), тел 8-911-209-49-67.