

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НИТРАТАМИ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к лабораторным работам по дисциплинам
«Безопасность жизнедеятельности человека»
«Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций.
Радиационная безопасность»

Минск БГУИР 2015

УДК
ББК

Авторы:

Д. А. Мельниченко, П. В. Камлач, В. И. Камлач, А.П. Клюев

И Оценка загрязнения продуктов питания нитратами: метод. пособие к лабораторной работе по дисц. «Безопасность жизнедеятельности человека» и «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / Д. А. Мельниченко, П. В. Камлач, В. И. Камлач, А. П. Клюев — Минск: БГУИР, 2015. — 18 с.: ил. 5

Пособие содержит сведения о методах регистрации количества нитратов в продуктах питания; приборах, предназначенных для определения нитратов. Рассмотрен порядок практического использования нитратомера.

Издание предназначено для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР.

УДК
ББК

СОДЕРЖАНИЕ

1. Теоретическая часть.....	4
1.1 Нормы содержания нитратов в продуктах	7
1.2 Влияние нитратов на здоровье человека	9
1.3 Методы измерения нитратов	9
2. Экспериментальная часть.....	12
2.1 Описание экотестера Soeks	12
2.1 Лабораторная работа.....	15
Контрольные вопросы	17

Лабораторная работа

Оценка загрязнения продуктов питания нитратами

Учебные цели:

1. Изучить назначение и практическое применение экотестера Soeks.
2. Научиться измерять количество нитратов в продуктах.

1. Теоретическая часть

В современном мире проблема безопасности продуктов питания мало кого оставляет равнодушным. Проблемы здоровья современных людей связывают с качественными и количественными нарушениями в потребляемых продуктах. Одно из лидирующих мест в структуре заболеваемости людей занимают пищевые отравления и среди них значительными являются отравления нитратами. Они связаны с употреблением человеком в пищу продуктов насыщенных солями азотной и азотистой кислот.

Овощи и фрукты – важный поставщик витаминов и минеральных веществ, необходимых для организма человека. Но вместе с полезными веществами в организм человека попадают и опасные, которые накапливаются в растениях и вызывают отравление организма.

Нитраты – это соли азотной кислоты. В воде эти соли легко распадаются на ионы (заряженные частицы) и существуют в свободной форме: в виде нитрат-ионов. Нитраты являются достаточно сильными окислителями в твердом состоянии, но практически не обладают окислительными свойствами в растворе, в отличие от азотной кислоты.

Движение азота представляет собой достаточно сложный процесс, так как включает в себя газообразную и минеральную фазу. В газообразной форме молекулярный азот (N_2) довольно инертен, его содержание в атмосфере составляет 78%. При всей огромной значимости азота для жизнедеятельности живых организмов они не могут непосредственно потреблять этот газ из атмосферы, растения усваивают ионы аммония (NH_4^+) или нитрата (NO_3^-). Для того чтобы азот преобразовался в эти формы, необходимо участие некоторых бактерий или сине-зеленых водорослей (цианобактерий). Процесс превращения газообразного азота (N_2) в аммонийную форму носит название **азотфиксации**. Важнейшую роль среди азотфиксирующих микроорганизмов играют бактерии из рода *Rhizobium*, которые образуют симбиотические связи (симбиоз – это взаимовыгодное сосуществование представителей разных биологических видов) с бобовыми растениями. Азотфиксирующие бактерии,

создавая форму азота, которая усваивается растениями, за счет симбиотического взаимодействия позволяют накапливаться азоту в наземных и подземных частях растений. Сами азотфиксирующие микроорганизмы, среди которых есть виды, синтезирующие сложные протеины, отмирая, обогащают почву органическим азотом (рисунок 1).

Среди многих причин, обуславливающих накопление нитратов в растениях, следует выделить следующие: видовая и сортовая специфика накопления нитратов; условия минерального питания, почвенно-экологические факторы. Зачастую факторы, способствующие накоплению нитратов, воздействуют в комплексе, что осложняет прогнозирование уровня содержания нитратов. В разные периоды вегетации ход процессов обмена азотистых веществ протекает по-разному.

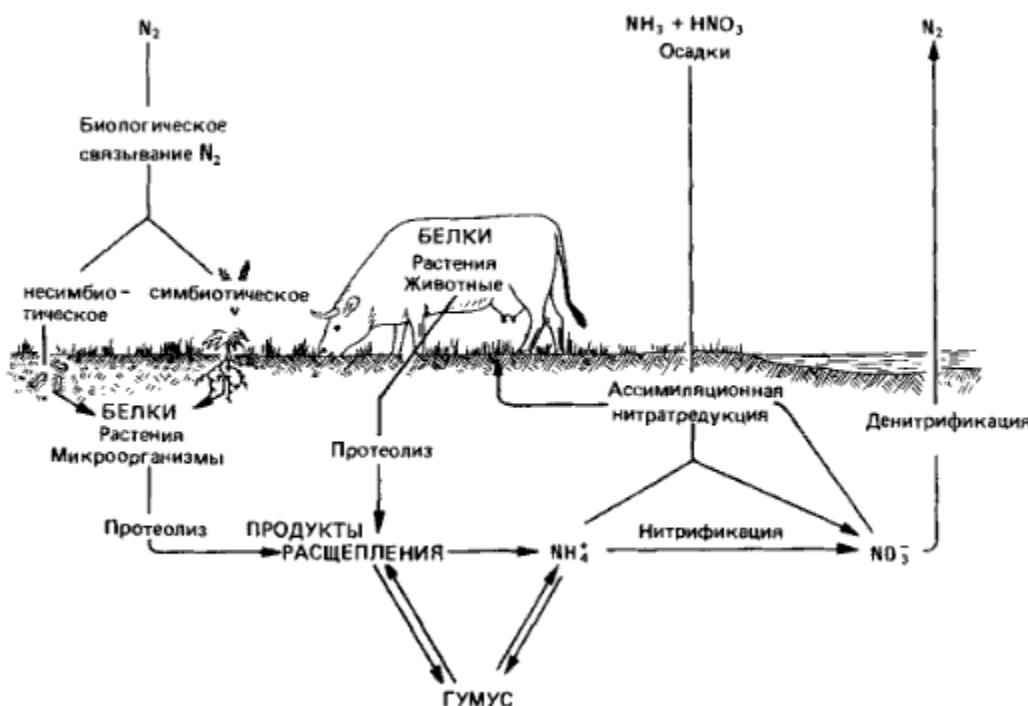
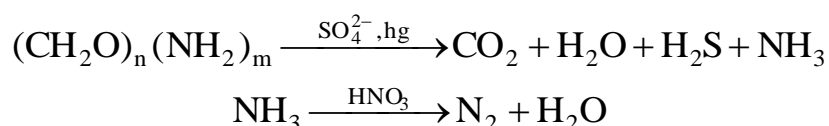


Рисунок 1 – Круговорот азота в биосфере

Наиболее интенсивно азот поглощается во время роста и развития стеблей и листьев. При созревании семян потребление азота из почвы практически прекращается. Белковые соединения, синтезированные в вегетативных частях растения, подвергают гидролизу, продукты которого оттекают в репродуктивные органы, где вновь используются для синтеза белка. Нитраты, поступившие в этот период в растение, не превращаются в белки, а накапливаются в неизменном виде.

Азот после потребления его растениями участвует в синтезе про-

теинов, которые, сосредоточиваясь в листьях растений, затем обеспечивают азотное питание фитофагов (растительноядных). Мертвые организмы и отходы жизнедеятельности (экскременты) являются средой обитания и служат пищей для сапрофагов (животных, питающихся трупами других животных), которые постепенно разлагают органические азотсодержащие соединения до неорганических. Конечным звеном в этой цепи оказываются аммонифицирующие организмы, образующие аммиак (NH_3), который, может быть вовлечен в цикл нитрификации. *Nitrosomonas* окисляют аммиак в нитриты, а *Nitrobacter* окисляют нитриты в нитраты и таким образом круговорот азота может быть продолжен. Параллельно происходит постоянное возвращение азота в атмосферу за счет деятельности бактерий – денитрификатов, способных разлагать нитраты в азот (N_2). Денитрификация происходит только в анаэробных (без доступа кислорода) условиях, когда бактерии используют нитрат как окислитель, заменяющий кислород в реакциях окисления органических веществ. Сам нитрат при этом восстанавливается до молекулярного азота. Если израсходованы нитрат-ионы, то для окислительных процессов используется кислород сульфат-ионов:



Кроме указанных процессов азотфиксации в природной среде возможно образование оксидов азота при электрических грозовых разрядах. Эти оксиды затем в виде селитры или азотной кислоты при смешивании с атмосферными осадками попадают в почву. Имеет место и фотохимическая фиксация азота.

В последнее время применение удобрений, увеличение объемов производств, сопровождающихся образованием азотсодержащих отходов, и другие причины привели к тому, что в почвах, воде, и как следствие – в живых организмах накапливается избыточное количество нитратов. Легкорастворимые нитраты при выпадении большого количества осадков вымываются в глубокие горизонты и могут проникать в грунтовые воды. Накопленные в почве нитраты интенсивно всасываются растениями, что приводит к избыточному содержанию нитратов и в растительных тканях.

Однако, снижения содержания нитратов в пресных водах, поступающих на коммунально-хозяйственные нужды, можно достичь путем стимулирования биологической денитрификации, использования электродиализа, методов химической редукции, разбавления более чистой воды.

1.1 Нормы содержания нитратов в продуктах

Способность к накоплению нитратов у разных растений неодинакова. Наиболее выражена она у листовых овощей – салатов, капусты, зеленых культур, а также у корнеплодов; в меньшей степени – у томата, баклажана, перца.

Согласно Гигиеническому нормативу «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов» (Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21 июня 2013 № 52) нормы содержания нитратов в продуктах приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения предельно допустимых концентраций нитратов для овощей и фруктов, мг/кг

Нитраты:	Допустимые уровни, мг/кг	Примечание
картофель и продукты из него	250	
капуста белокачанная ранняя (до 1 сентября) и продукты из нее	900	
капуста белокачанная поздняя и продукты из нее	500	
морковь ранняя (до 1 сентября) и продукты из нее	400	
морковь поздняя и продукты из нее	250	
томаты и продукты из них	150	
	300	защищенный грунт
огурцы и продукты из них	150	
	400	защищенный грунт
свекла столовая и продукты из нее	1400	
лук репчатый и продукты из него	80	
лук перо и продукты из него	600	
	800	защищенный грунт
листовые овощи (салаты, шпинат, щавель, капуста салатных сортов, петрушка, сельдерей, кинза, укроп и другие) и продукты из них	2000	
перец сладкий и продукты из него	200	
	400	защищенный грунт
кабачки и продукты из них	400	
арбузы и продукты из них	60	
дыни и продукты из них	90	

Санитарная норма содержания нитратов в питьевой воде (предельно допустимая концентрация) – не более 45 мг/л.

1.2 Влияние нитратов на здоровье человека

Нитраты оказывают на организм человека токсическое влияние. В результате систематического поступления в организм, они могут оказывать и канцерогенное воздействие. Высокая концентрация этих веществ влияет на усвоение витамина А, может приводить к нарушениям работы щитовидной железы, сердца, центральной нервной системы.

Потенциальная опасность нитратов заключается в том что, проникая в организм человека в избыточном количестве, они преобразуются в нитриты. Эти вещества влияют на гемоглобин крови, изменяя валентность железа, т.е. преобразуют его в метгемоглобин. Метгемоглобин имеет темно-коричневую окраску и не способен транспортировать кислород. Превращение нитратов в нитриты начинается под влиянием ферментов уже во рту. В норме в организме человека образуется до 2% метгемоглобина который разрушается благодаря ферментам эритроцитов и заново преобразуется в гемоглобин. Ферментная система детей в возрасте от 2 мес. до 1 года не способна бороться с нитритами, что связано с особенным составом гемоглобина. В результате нитратного отравления у детей развивается метгемоглобинемия, сопровождающаяся темно-синей или фиолетовой окраской слизистых и кожи, снижением кровяного давления, сердечной и легочной недостаточностью.

Для взрослого человека предельно допустимая норма нитратов — 5 мг на 1 кг массы тела человека, т. е. 300 мг на человека весом в 60 кг. Для ребенка допустимая норма составляет не более 50 мг. Сравнительно легко человек переносит дневную дозу нитратов в 15...200 мг; 500 мг — это предельно допустимая доза (600 мг — уже токсичная доза для взрослого человека). Для отравления грудного малыша достаточно и 10 мг нитратов. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8...15 г.

1.3 Методы измерения нитратов

Главенствующее положение при определении нитратов занимают физико-химические методы: спектрофотометрия, хроматография и потенциометрический.

Спектрофотометрические методы определения нитратов можно разделить на 4 группы, основанные на:

- нитровании ароматических органических соединений (особенно фе-

нолов);

- окислении органических соединений;
- восстановлении нитрат-ионов до нитрит-ионов;
- поглощении нитратов в УФ-области спектра. Получаемые соединения имеют максимум светопоглощения в ближней ультрафиолетовой и видимой областях спектра. Интенсивность светопоглощения пропорциональна содержанию нитратов в анализируемой пробе.

Давно известен **метод газожидкостной хроматографии**, который заключается в нитровании органических соединений ароматического ряда – бензола и его производных в присутствии серной кислоты, разделение их с помощью колонки, заполненной специальными сорбентами, испарении и количественном определении нитропроизводных пламенно-ионизационным детектором или детекторами электронного захвата. Газохроматографический метод определения нитратов обладает высокой чувствительностью и достаточной точностью. Недостатком этого метода является влияние на результаты анализа сопутствующих веществ. Наличие галогенидов приводит к занижению результатов анализа, а загрязненность серной кислотой нитратами – к их завышению, причем оба влияния значимы и не поддаются оценке.

Наиболее распространенным для анализа воды и водных экстрактов пищевых продуктов является **потенциометрический (ионометрический) метод** определения нитратов, основанный на измерении потенциала, возникающего на мембране ионоселективного электрода при погружении последнего в раствор, содержащий нитрат-ионы. Метод привлекает простотой, быстротой выполнения, возможностью вести определение в мутных и окрашенных средах. Он достаточно хорошо изучен, экспериментально отработан и обеспечен аппаратурой. Чувствительность и избирательность метода зависят от свойств нитратселективного электрода, точнее обусловлены свойствами его мембраны. Нитратселективный электрод относится к ионоселективным электродам с жидкой мембраной, обладающей свойствами полупроницаемости и повышенной избирательности по отношению к определенному типу ионов. Это свойство позволяет определять активность анализируемого иона по результатам одного измерения, т. е. прямым потенциометрическим методом.

Достаточно высоко и разнообразие приборов, с помощью которых можно измерять содержание нитратов в пищевых продуктах и воде. Среди них особенно выделяются две группы приборов – бытовые нитрат-тестеры и профессиональные нитратомеры.

В **бытовых нитрат – тестерах** (рисунок 2) используется кондуктометрический метод анализа, в процессе которого проводится измерение электропроводности в образце с последующим пересчетом в удельное содержание нитратов. Это менее точный, но более простой метод. Бытовые нитрат – тестеры позволяют измерять только свежие овощи или фрукты. Погрешность измерения их составляет около 20 – 30%, а в некоторых случаях может достигать 50% и более. Бытовые нитрат – тестеры имеют простое, интуитивно понятное меню, пробоподготовка в данном случае не требуется. Диапазон измерения содержания нитратов – от 8 до 5000 мг/кг.



Рисунок 2 – Примеры бытовых нитрат – тестеров

В **профессиональных нитратомерах** (рисунок 3) применяется потенциометрический метод анализа с использованием ионоселективного электрода. Это более точный, но трудоемкий метод. Они позволяют определять нитраты практически в любых продуктах, в том числе, жидкостях, при условии проведения пробоподготовки. Погрешность этих приборов составляет 10...15% при соблюдении методики измерения и наличии нового измерительного электрода. Требуется периодическая калибровка, в том числе, после долгого простоя и при изменении окружающей температуры более чем на 3...5 °С. Диапазон измерения содержания нитратов профессиональных нитратомеров – 8 65000 мг/кг. Профессиональные нитратомеры имеют рабочий электрод и электрод сравнения, поэтому они должны храниться в специ-

ально созданных условиях, исключая их пересыхание или намокание.



Рисунок 3 – Примеры профессиональных нитратометров

Периодически требуются расходы на калибровочные растворы, реагенты и сменные электроды. Как правило, они имеют госповерку, поэтому могут использоваться для официальных измерений.

2. Экспериментальная часть

Лабораторная работа по определению количества нитратов в продуктах питания будет проводиться с использованием эмулятора экотестера Soeks.

2.1 Описание экотестера Soeks

Экотестер Soeks (рисунок 4) предназначен для экспресс-анализа содержания нитратов в свежих овощах и фруктах, а также для оценки уровня радиоактивного фона и обнаружения предметов, продуктов питания, строительных материалов, зараженных радиоактивными элементами.

Анализ содержания нитратов производится на основе измерения проводимости переменного высокочастотного тока в измеряемом продукте.

Оценка радиационного фона производится по величине мощности ионизирующего излучения (гамма-излучения и потока бета-частиц) с учетом рентгеновского излучения.

Управление

Кнопка [OK] – включение/выключение прибора, подтверждение вы-

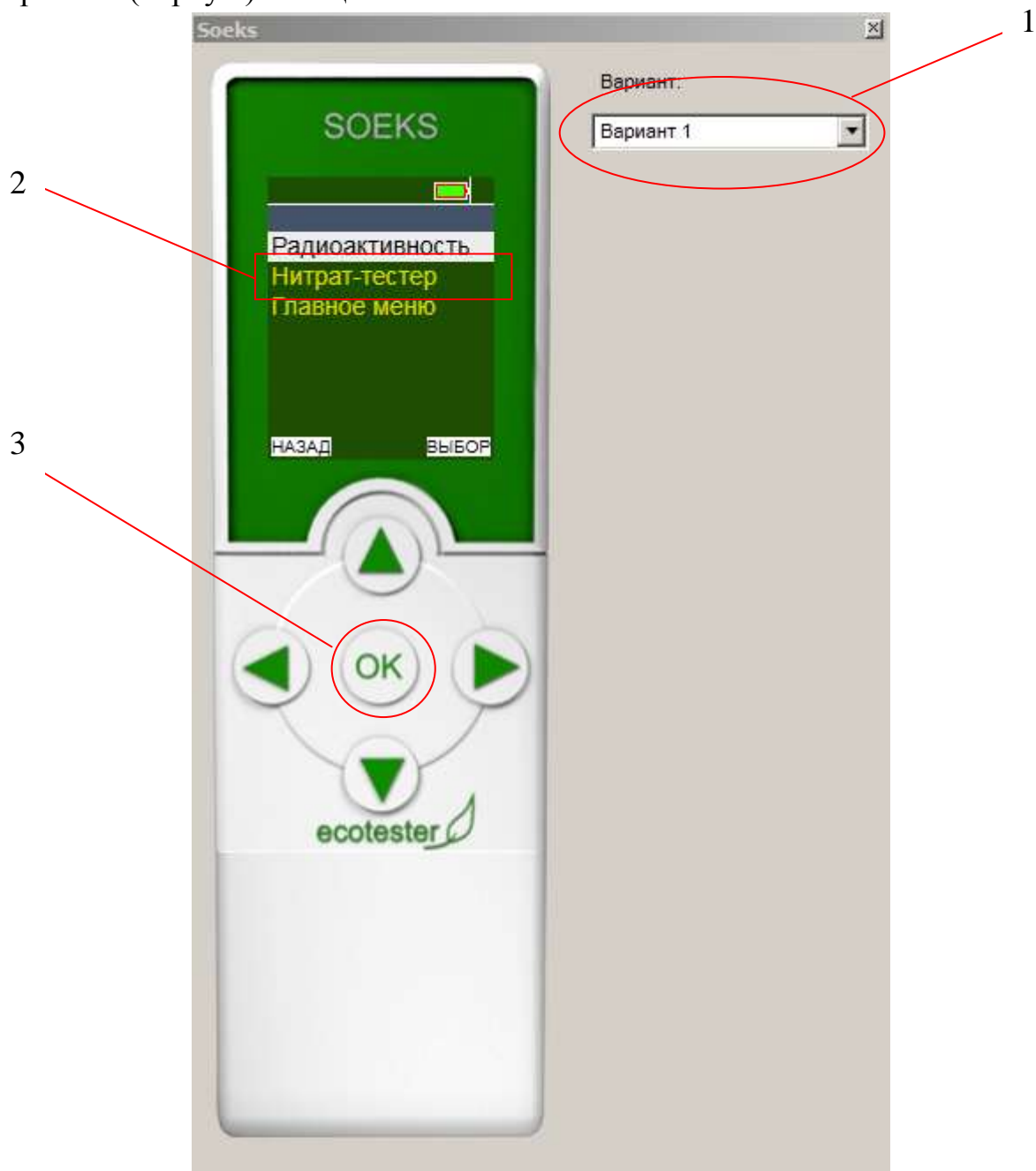
полнения операций в режиме измерения нитратов.

Кнопка [ВЫБОР] – подтверждение выбора.

Кнопка [НАЗАД] – возврат к предыдущему пункту меню.

Кнопка [ВВЕРХ] – перемещение по списку вверх. При достижении самой верхней (первой) позиции в списке осуществляется переход на самую нижнюю (последнюю) позицию.

Кнопка [ВНИЗ] – перемещение по списку вниз. При достижении самой нижней (последней) позиции в списке осуществляется переход на самую верхнюю (первую) позицию.



1 – выбор варианта, 2 - режим «Нитрат - тестер», 3 - Кнопка [OK]

Рисунок 4 – Внешний вид эмулятора экотестера Soeks

Обозначения в режиме «Нитрат-тестер»

Результаты измерения отображаются на экране со следующими элементами (рисунок 5):



- 1 - Результат измерения, 2 - Единицы измерения: мг/кг,
3 - Информационное сообщение о содержании нитратов, основанное на нормах,
4 - Цветовой индикатор показаний прибора

Рисунок 5 – Скриншот экрана в режиме нитрат-тестер

Информационное сообщение о содержании нитратов, основанное на нормах (таблица 1) может выдать 4 варианта сообщения:

- если результат измерения содержания нитратов меньше установленной нормы ПДК, то появляется сообщение, выделенное ярко-зеленым цветом «Содержание нитратов в норме» .

- если результат измерения содержания нитратов превышает установленную норму ПДК не более, чем на 25%, то появляется сообщение, выделенное ярко-желтым цветом «Незначительное превышение нормы».

- если результат измерения содержания нитратов превышает установленную норму ПДК на 25-50%, то появляется сообщение, выделенное ярко-красным цветом «Значительное превышение нормы».

- если результат измерения содержания нитратов превышает

установленную норму ПДК более, чем на 50%, то появляется сообщение, выделенное ярко-красным цветом «Опасная концентрация нитратов».

2.1 Лабораторная работа

1. Получите у преподавателя номер варианта для выполнения работы и установите в поле 1 (рисунок 4)
2. В эмуляторе выберите режим «Нитрат - тестер» (поле 2 рисунка 4).
3. Выберите в меню нужный продукт на свой выбор (рисунок 6).

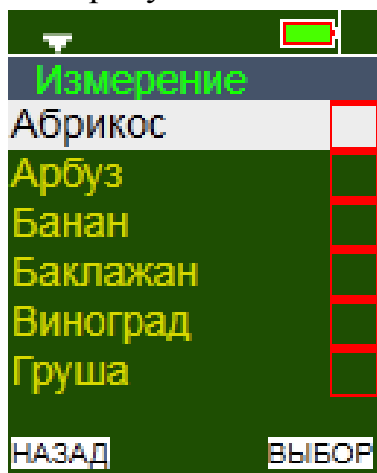


Рисунок 6 – Скриншот экрана в режиме выбора продукта

4. После выбора продукта на экране появится текст: «Убедитесь, что зонд не воткнут в проверяемый продукт и нажмите ОК»
5. Нажмите кнопку «ОК» (поле 3 рисунка 4). При этом начнется подготовка к измерениям (самокалибровка), сопровождаемая информационным сообщением «Подождите, идет подготовка к анализу».
6. Дождитесь появления сообщения: «Воткните зонд в продукт. Нажмите ОК». Также на экране будет указана норма ПДК для выбранного продукта.
7. Нажмите кнопку [ОК]. После этого начнется процесс измерения.
8. Дождитесь появления результатов измерений. Во время ожидания на экране будет отображаться информационное сообщение «Подождите, идет измерение».
9. Ознакомьтесь с результатом измерения.
10. Занесите результат в таблицу 2
11. Проведите измерения минимум с пятью продуктами на свой выбор (продукты не должны идти по порядку).

Таблица 2 – Результаты измерений

Наименование продукта	Измеренное зна- чение, мг/кг	ПДК, мг/кг	Вывод

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое нитраты?
2. Круговорот азота в природе.
3. Какова ПДК нитратов для питьевой воды, овощей, фруктов?
4. Какие причины накопления нитратов в растениях?
5. С чем связано присутствие нитратных ионов в пресных водах?
6. В чем потенциальная опасность нитратов для здоровья человека?
7. Какова предельно допустимая норма нитратов для взрослых и детей?
8. Какие существуют методы измерения нитратов?
9. Достоинства и недостатки бытовых и профессиональных нитратометров.

Учебное издание

Мельниченко Дмитрий Александрович

Камлач Павел Викторович

Камлач Вероника Ивановна

Клюев Андрей Петрович

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НИТРАТАМИ

Методическое пособие

к лабораторным работам по дисциплинам

«Безопасность жизнедеятельности человека»

«Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций.

Радиационная безопасность»

Редактор

Корректор

–

Подписано в печать

Формат 60×84 1/16

Бумага офсетная.

Гарнитура "Таймс".

Печать

Усл. печ. л.

Уч.-изд. л.

Тираж

Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:

Силами студентов

Учреждения образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»