





Актуализация методики измерений сахаристости сахарной свеклыМарина И. Егорова¹ rniisp@gmail.com  0000-0003-1333-7377Людмила Ю. Смирнова¹ xranenie46@yandex.ru  0000-0002-6539-160X¹ Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70б, г. Курск, 305021, Россия

Аннотация. Для России важной технической культурой является сахарная свекла с ее ежегодными валовыми сборами 45...53 млн т. Технико-экономические показатели работы сельхозпредприятий и свеклосахарных заводов зависят от содержания в корнеплодах целевого компонента – сахарозы, что задает важность его достоверного определения. Алгоритмы пробоподготовки образца, изложенные в ГОСТ Р 53036-2008 «Свекла сахарная. Методы испытаний», во многом утратили актуальность. Целью исследований являлось изучение разных вариантов пробоподготовки дигерата для поляриметрического определения сахаристости сахарной свеклы, актуализация методики и установление ее метрологических характеристик. Объект исследований – методика определения сахаристости сахарной свеклы поляриметрическим методом. Предметом исследований были варианты пробоподготовки дигерата с использованием осветлителей – ацетата свинца и сульфата алюминия; варианты использования фильтрующих средств и дозирования осветлителей. Исследования проводили в сериях из 30 образцов сахарной свеклы урожая 2025 г., 2026 г., выращенной в Курской и Белгородской областях. Разница в величине сахаристости, определенной методом холодного водного дигерирования по отношению к эталонному методу горячего водного дигерирования с разными осветлителями не превышала максимально 0,24 %, в среднем 0,17 %, что подтверждает взаимозаменяемость осветлителей. При использовании кизельгура в качестве фильтрующего средства прозрачность дигерата увеличилась на 25 %, а длительность фильтрации уменьшилась в 2 раза; разница в величине сахаристости не превышала 0,11 % в среднем при отсутствии влияния способа внесения. Принцип дозирования осветлителя – весовым или объемным методом не оказывает влияния на результат определения сахаристости. В промышленных условиях подтверждена возможность использования актуализированной методики на роботизированных линиях определения сахаристости. Для актуализированной методики установлены метрологические характеристики, что позволяет осуществить пересмотр ГОСТ Р 53036.

Ключевые слова: сахарная свекла, сахаристость, пробоподготовка, дигерат, осветлитель, методика.**Updating the methodology for measuring sugar content in sugar beet**Marina I. Egorova¹ rniisp@gmail.com  0000-0003-1333-7377Ludmila Yu. Smirnova¹ xranenie46@yandex.ru  0000-0002-6539-160X¹ Federal Agricultural Kursk Research Center, Karl Marks St., 70b, Kursk, 305021, Russia

Abstract. Sugar beet is an important technical crop in Russia, with annual gross harvests ranging from 45 to 53 million tonnes. The technical and economic performance indicators of agricultural enterprises and sugar factories depend on the content of the target component in the root crops – sucrose – which determines the importance of its accurate determination. The sample preparation algorithms outlined in GOST R 53036-2008 «Sugar beet. Test methods» have largely become outdated. The aim of the research was to study different variants of digerate sample preparation for polarimetric determination of sugar content in sugar beet, to update the methodology, and to establish its metrological characteristics. The object of the research was the methodology for determining sugar content in sugar beet by the polarimetric method. The subject of the research was variants of digerate sample preparation using clarifiers – lead acetate and aluminium sulphate; variants of using filtering agents and dosing of clarifiers. The studies were conducted in series of 30 sugar beet samples from the 2025 and 2026 harvests grown in the Kursk and Belgorod regions. The difference in sugar content determined by the cold-water digestion method compared to the reference hot-water digestion method with different clarifiers did not exceed a maximum of 0.24 %, on average 0.17 %, which confirms the interchangeability of clarifiers. When using kieselguhr as a filtering agent, the transparency of the digerate increased by 25 %, and the filtration duration decreased by half; the difference in sugar content did not exceed 0.11 % on average, with no influence of the application method. The principle of clarifier dosing – by weight or by volume – does not affect the result of sugar content determination. Under industrial conditions, the possibility of using the updated methodology on robotic sugar content determination lines has been confirmed. Metrological characteristics have been established for the updated methodology, which allows for the revision of GOST R 53036.

Keywords: sugar beet, sugar content, sample preparation, digerate, clarifier, methodology.**Введение**

Сахарная свекла – важная техническая культура в мире, сырье для производства сахара [1]. Доля России в ее общемировом производстве приближается к 15% [2, 3]. Ежегодные валовые сборы сахарной свеклы в России в последние годы составляют 45...53 млн т, при ее переработке получают 5,5...6,6 млн т белого

Для цитирования

Егорова М.И., Смирнова Л.Ю. Актуализация методики измерений сахаристости сахарной свеклы // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 2. С. 211–219. doi:10.20914/2310-1202-2026-2-211-219

сахара, 1,5...1,8 млн т мелассы, 1,5...1,9 млн т сушеного свекловичного жома. Целевая продукция свеклосахарного производства – сахар полностью обеспечивает население и экономику страны продуктом питания и имеет значительный экспортный потенциал [4]. Побочная продукция занимает ниши кормовых продуктов и сырья для производства различных

For citation

Egorova M.I., Smirnova L.Yu. Updating the methodology for measuring sugar content in sugar beet. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 2. pp. 211–219. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-2-211-219

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

веществ [5–7]. Постепенно увеличивается доля мелассы, из которой извлекают сахарозу хроматографическим методом [8, 9]. Техничко-экономические показатели работы сельхозпредприятий и свеклосахарных заводов напрямую связаны с качеством перерабатываемого сырья, в первую очередь, с содержанием в корнеплодах целевого компонента – сахарозы [10]. Оценка селекционного материала и новых гибридов всегда проводится по показателю сахаристости [11], агротехнологии возделывания предусматривают учет влияния различных факторов на содержание сахарозы [12, 13], технологический учет свеклосахарного производства также базируется на данном показателе, что задает важность его достоверного установления.

Определение сахаристости на свеклосахарных заводах производят при приемке сахарной свеклы с использованием поляриметрического метода путем измерения угла поворота плоскости поляризации света в анализируемом растворе (дигерате). Пробоподготовка ведется холодным водным дигерированием – извлечением сахарозы из свекловичного сока измельченной пробы сахарной свеклы в водный раствор осветлителя с разрушением клеток свекловичной ткани при помощи механического размельчителя, проводимым при комнатной температуре. Для этого сырьевые лаборатории предприятий оснащены линиями отбора и подготовки проб, полуавтоматическими линиями УЛС-1 определения сахаристости сахарной свеклы. Линии УЛС-1 устанавливались на свеклосахарных заводах в 1970-х годах, за истекшее время они физически и морально устарели, поскольку на рынке появились автоматизированные линии по оценке качества сахарной свеклы [14].

Современное законодательство, а именно Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102 ФЗ «Об обеспечении единства измерений» устанавливает, что «к применению допускаются средства измерений утвержденного типа, прошедшие поверку в соответствии с положениями данного закона, а также обеспечивающие соблюдение установленных законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений обязательных требований, включая обязательные метрологические требования к измерениям, обязательные метрологические и технические требования к средствам измерений». В Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений в реестре средств измерений присутствует только линия УЛС-1, для которой установлены методы и средства поверки в соответствии с РД 50–391–83 «Методические указания. Полуавтоматическая линия УЛС-1 для определения сахаристости

свеклы. Методы и средства поверки». Соответственно, оснований для поверки других линий, имеющихся в лабораториях, нет. Указанное вызывает неудобства для свеклосахарных заводов, которые модернизируют не только технологическую линию, но и лаборатории, устанавливая как отдельные лабораторные комплексы, так и роботизированные участки отечественного производства.

Закон также устанавливает, что «измерения должны выполняться по первичным референтным методикам измерений, референтным методикам измерений и другим аттестованным методикам измерений, сведения о которых внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку». Одновременно ГОСТ Р 58975–2020 «Оценка соответствия. Рекомендации по выбору методик исследований (испытаний) и измерений при проведении оценки соответствия» уточняет понятие стандартной методики и конкретизирует отнесение к ним национальных и межгосударственных стандартов. Методики, изложенные в статьях, книгах и т. п. не могут быть отнесены к стандартным [15].

Указанное заставляет по-иному оценивать методику определения сахаристости, изложенную в ГОСТ Р 53036–2008 «Свекла сахарная. Методы испытаний». Она базируется на алгоритмах пробоподготовки, характерных для времени разработки 1970-х годов. Некоторые из них утратили актуальность с течением времени; в международной практике появились новые. Так, получаемый для поляриметрического определения дигерат должен быть прозрачным, не содержащим мешающих веществ [16], к которым относят красящие вещества, коллоиды и взвеси. Рассматриваемая методика предусматривает использование для осветления раствора ацетата свинца массовой концентрацией приблизительно 1%. Методика ICUMSA GS6–3 «Polarimetric Sucrose Content in Sugar Beet after Clarification using Aluminium Sulphate» предусматривает возможность использования альтернативного осветлителя сульфата алюминия. Также данная методика ICUMSA и национальный стандарт Республики Беларусь СТБ 1893–2008 «Свекла сахарная. Технические условия» допускают использование фильтрующих средств при подготовке дигерата – перлита или кизельгура. Известно, что для получения прозрачных растворов в промышленных масштабах (пиво, вино, сиропы) используют кизельгур – дисперсный кремнезем, осадочную породу, состоящую из остатков диатомовых водорослей. Кизельгур эффективно сорбирует белки, вещества липидной природы, предотвращая помутнение

продуктов, служит хорошим фильтрующим материалом при водоподготовке [17–19]. В то же время, научные данные о его применении для получения дигератов сахарной свеклы отсутствуют. Рассматриваемая методика не прошла аттестацию согласно ГОСТ Р 8.563–2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений».

Все это свидетельствует о необходимости ее актуализации, а также аттестации для получения метрологических характеристик. В связи с этим, изучение возможности применения разных вариантов пробоподготовки дигерата являются актуальными, представляют интерес для науки и практики. Полученные в ходе экспериментальных исследований данные будут иметь значимость при разработке методов испытаний сахарной свеклы. Цель исследований – изучение разных вариантов пробоподготовки дигерата для поляриметрического определения сахаристости сахарной свеклы, актуализация методики и установление ее метрологических характеристик.

Материалы и методы

Объектом исследований являлась методика определения сахаристости сахарной свеклы поляриметрическим методом. Предметом исследований были варианты пробоподготовки дигерата с использованием осветлителей ацетата свинца и сульфата алюминия; варианты использования фильтрующих средств и дозировки осветлителей. Исследования проводили в сериях из 30 образцов сахарной свеклы урожая 2025 г., 2026 г., выращенной в Курской и Белгородской областях, поступающей на приемку от сельхозпроизводителей и в переработку в разные периоды производственного сезона.

Определение сахаристости проводили методами: холодного водного дигерирования лабораторным способом; горячего водного дигерирования лабораторным способом; холодного водного дигерирования на роботизированной линии сахарного завода. Процесс гомогенизации в лабораторном способе проводили в блендере Waring 800 S. В качестве осветлителя применяли раствор ацетата свинца с массовой долей приблизительно 1%, приготовленном разбавлением дистиллированной водой 25 см³ раствора уксуснокислого свинца с массовой долей 40% в мерной колбе вместимостью 1000 см³ (осветлитель А), раствор сульфата алюминия с массовой долей 0,3% (осветлитель В); в качестве фильтрующего средства – диатомит (кизельгур) Radiolite 200, порошок кремового цвета с проницаемостью не более 0,1 Дарси. Дозирование осветлителя при

лабораторном способе проводили пипеткой с двухходовым краном вместимостью 178,2 см³; на роботизированной линии – весовым методом с пропорциональным добавлением 179 г ацетата свинца или 178 г. сульфата алюминия к 26 г свекловичной мезги. Эксперименты с кизельгуром осуществляли при определении сахаристости методом холодного водного дигерирования лабораторным способом; фильтрующее средство вносили в дозе 2,0 и 4,0 г непосредственно в блендер перед гомогенизацией массы, в блендер после гомогенизации массы, на бумажный фильтр перед фильтрованием гомогенизированной массы.

Результаты и обсуждение

Данные исследований сходимости результатов при определении сахаристости лабораторным способом холодного водного дигерирования с использованием осветлителей А и В подробно описаны в [20]. Они показали близость при использовании разных осветлителей. Поэтому в данной работе сопоставляли результаты, полученные методами холодного (вариант 1) и горячего (вариант 2) водного дигерирования – последний считается эталонным при определении сахаристости. В таблице 1 приведены результаты определения сахаристости по двум вариантам с разными осветлителями (осветлитель А и В).

Разница в величине сахаристости, определенной методом холодного водного дигерирования с разными осветлителями, варьировала в диапазоне от 0,08 до 0,24%, в среднем 0,17%, из них у одиннадцати образцов составляла 0,15% и менее. Аналогичная разница при определении методом горячего водного дигерирования с теми же осветлителями варьировала от 0,06 до 0,24%, в среднем 0,15%, у семнадцати образцов она была 0,15% и менее. Разница в величине сахаристости, определенной по вариантам 1 и 2 с использованием осветлителя А, варьировала от 0,04 до 0,19%, в среднем составила 0,12%, при этом для десяти проб она была менее 0,10%. Аналогичная величина при использовании осветлителя В варьировала в диапазоне от 0,05 до 0,24%, в среднем 0,15%, при этом для восьми проб она была менее 0,10%.

Указанные результаты являются вполне приемлемыми, поскольку ГОСТ Р 53036 допускает абсолютное расхождение в величинах сахаристости, определенных по двум способам, $\pm 0,2\%$ в одной лаборатории. Полученные данные подтверждают предыдущие выводы о взаимозаменяемости осветлителей при определении сахаристости.

Таблица 1.

Результаты определения сахаристости по вариантам опыта

Table 1.

Results of sugar content determination by experiment variants

Образец Sample	Вариант 1 Variant 1			Вариант 2 Variant 2			Δ (2) – (5)	Δ (3) – (6)
	осветлитель clarifier		Δ (2) – (3)	осветлитель clarifier		Δ (5) – (6)		
	A	B		A	B			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	16,93	16,85	0,08	16,97	16,90	0,07	0,04	0,05
2	18,09	18,19	0,10	18,22	18,11	0,11	0,13	0,08
3	17,67	17,52	0,15	17,60	17,73	0,13	0,07	0,21
4	17,11	16,95	0,16	17,02	17,14	0,12	0,09	0,19
5	17,23	17,11	0,12	17,27	17,20	0,07	0,04	0,09
6	19,08	18,92	0,16	19,01	19,12	0,11	0,07	0,20
7	19,30	19,15	0,15	19,17	19,25	0,08	0,13	0,10
8	18,13	18,27	0,14	18,01	18,20	0,19	0,12	0,07
9	19,16	19,02	0,14	19,32	19,25	0,07	0,16	0,23
10	17,68	17,50	0,18	17,77	17,69	0,08	0,09	0,19
11	15,93	16,10	0,17	16,02	16,15	0,13	0,09	0,05
12	17,42	17,30	0,12	17,51	17,45	0,06	0,09	0,15
13	16,84	17,00	0,16	16,96	17,16	0,20	0,12	0,16
14	15,89	15,75	0,14	16,03	15,88	0,15	0,14	0,13
15	16,51	16,67	0,16	16,69	16,79	0,18	0,18	0,12
16	18,25	18,03	0,22	18,31	18,15	0,16	0,06	0,12
17	18,94	18,80	0,14	18,82	18,94	0,12	0,12	0,14
18	20,54	20,37	0,17	20,67	20,45	0,22	0,13	0,08
19	19,46	19,31	0,15	19,27	19,48	0,21	0,19	0,17
20	20,04	19,86	0,18	19,85	20,10	0,25	0,19	0,24
21	18,21	18,37	0,16	18,33	18,52	0,19	0,12	0,15
22	19,10	19,34	0,24	19,27	19,11	0,16	0,17	0,23
23	17,85	18,02	0,17	17,98	18,20	0,22	0,13	0,18
24	19,30	19,51	0,21	19,45	19,57	0,12	0,15	0,06
25	17,46	17,29	0,17	17,37	17,16	0,21	0,09	0,13
26	19,18	18,95	0,23	19,00	19,13	0,13	0,18	0,18
27	15,40	15,61	0,21	15,55	15,79	0,24	0,15	0,18
28	16,67	16,46	0,21	16,51	16,65	0,14	0,16	0,19
29	17,48	17,69	0,21	17,65	17,46	0,22	0,17	0,23
30	17,02	16,80	0,22	16,88	17,02	0,14	0,14	0,22
Среднее Average	17,93	17,89	0,17	17,95	17,99	0,15	0,12	0,15

Согласно методике ICUMSA GS6–3 кизельгур в качестве фильтрующего средства применяют в дозе 10 см³, а стандартом СТБ 1893 доза не указана. Учитывая, что кизельгур представляет собой тонкодисперсный порошок, на практике предпочтительнее осуществлять дозирование по массе, которая для 10 см³ составляет 4 г. В целях проверки влияния дозы фильтрующего средства на результативность его действия проводили исследования по вариантам: контроль – без добавления кизельгура; вариант 3 – навеска кизельгура 2 г; вариант 4 – навеска кизельгура 4 г. Введение кизельгура осуществляли в лабораторный блендер-гомогенизатор перед гомогенизацией массы. В исследованиях определяли разность полученных величин между контролем и вариантами опыта ($\Delta_{к-3}$, $\Delta_{к-4}$), а также между вариантами 3 и 4 (Δ_{3-4}).

Длительность полного цикла фильтрования гомогенизированной массы в контроле

составляла около 5 мин., фильтрующее средство ускоряло процесс до 2–2,5 мин. Причем, если при фильтровании гомогенизированной массы первые порции фильтрата всегда мутные и их рекомендуется удалять или возвращать обратно на фильтр, то с использованием кизельгура прозрачные. В целом полученные дигераты во всех вариантах исследований были визуально прозрачными, но оптическая плотность при длине волны $\lambda = 420$ нм в контроле составляла 0,120...0,130, в вариантах опыта 0,090...0,096, т. е. прозрачность увеличилась на 25% независимо от дозы кизельгура.

Осадок без применения фильтрующих средств представлял собой темно-серую гидрофильную массу. С увеличением дозы кизельгура объем осадка увеличивался, структура его становилась менее рыхлой, а цвет приобретал оттенок коричневатости, переходя к светлым тонам при увеличении дозы (рисунок 1).



Рисунок 1. Внешний вид осадков после фильтрации гомогенизированной массы: а – контроль; б – вариант 3; с – вариант 4

Figure 1. Appearance of sediments after filtration of homogenized mass: a – control; b – variant 3; c – variant 4

Приведенные в таблице 2 величины сахаристости по вариантам опыта были достаточно

близкими к полученным в контрольном варианте, разница между ними варьировала от 0 до 0,18%, в среднем составляла 0,11%; разница по вариантам опыта находилась в диапазоне 0...0,07%, в среднем 0,04%, что свидетельствует об отсутствии влияния данного фильтрующего материала на определяемую величину сахаристости. Доза кизельгура в исследованных величинах также не оказывает влияния на результат определения, поэтому целесообразно использовать навеску 2 г. Применение фильтрующего материала ускоряет процесс в два раза при увеличении прозрачности дигерата, что улучшает результат пробоподготовки. Преимущества применения фильтрующего средства особенно важны, если фильтрация ведется под вакуумом, как в роботизированной линии или на полуавтоматической фильтрационной установке.

Таблица 2.

Результаты определения сахаристости с использованием кизельгура при пробоподготовке по вариантам опыта

Table 2.

Results of sugar content determination using kieselguhr in sample preparation by experiment variants

Образец Sample	Контроль Control	Вариант 3 Variant 3	Вариант 4 Variant 4	$\Delta_{к-3}$	$\Delta_{к-4}$	Δ_{3-4}
1	17,75	17,58	17,60	0,17	0,15	0,02
2	17,68	17,75	17,75	0,07	0,07	0
3	17,65	17,56	17,58	0,09	0,07	0,02
4	17,60	17,71	17,78	0,11	0,18	0,07
5	17,58	17,73	17,76	0,15	0,18	0,03
6	17,11	17,08	17,12	0,03	0,01	0,04
7	15,70	15,76	15,83	0,06	0,13	0,07
8	13,72	13,56	13,54	0,16	0,18	0,02
9	10,82	10,66	10,70	0,16	0,12	0,04
10	13,28	13,14	13,20	0,14	0,08	0,06
11	17,30	17,25	17,21	0,05	0,09	0,04
12	17,44	17,48	17,44	0,04	0	0,04
13	16,90	16,80	16,85	0,10	0,05	0,05
14	15,62	15,73	15,77	0,11	0,15	0,04
15	15,36	15,20	15,18	0,16	0,18	0,02
16	15,53	15,45	15,41	0,08	0,12	0,04
17	12,09	12,01	11,95	0,08	0,14	0,06
18	15,82	15,77	15,73	0,05	0,09	0,04
19	17,50	17,48	17,51	0,02	0,01	0,03
20	17,36	17,42	17,38	0,06	0,02	0,04
21	17,21	17,15	17,17	0,06	0,04	0,02
22	17,07	16,94	16,92	0,13	0,15	0,02
23	18,65	18,54	18,51	0,11	0,14	0,03
24	17,35	17,28	17,25	0,07	0,10	0,03
25	16,99	16,90	16,87	0,09	0,12	0,03
26	17,01	16,89	16,92	0,12	0,09	0,03
27	18,22	18,07	18,09	0,15	0,13	0,02
28	19,10	19,01	18,97	0,09	0,13	0,04
29	17,14	17,02	16,99	0,12	0,15	0,03
30	17,58	17,44	17,49	0,14	0,09	0,05
Среднее Average	16,54	16,48	16,48	0,10	0,11	0,04

Принимая во внимание природу данного материала, который используется в качестве мягкого абразива, можно предположить, что мелкокристаллический порошок кизельгура при длительном использовании будет негативно влиять на остроту рабочих органов лабораторного гомогенизатора. Именно поэтому

в роботизированной линии введение кизельгура осуществляется в сосуд после гомогенизации свекловичной массы и осветлителя. С целью его диспергирования в массе далее проводится обычное перемешивание. В лабораторном способе ввод кизельгура может быть осуществлен по разным локациям. Поэтому в работе

исследовались следующие варианты внесения фильтрующего средства: вариант 5 – внесение в измельчитель после гомогенизации свекловичной мезги; вариант 6 – внесение на фильтр перед фильтрованием гомогенизированной массы. Результаты исследований и разность полученных величин между вариантами 5 и 6 (Δ_{5-6}) приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, разница в величинах сахаристости варьировала от 0,02 до 0,12%; в среднем 0,07%, что свидетельствует об отсутствии влияния способа внесения кизельгура на определяемый показатель. С точки зрения организации процесса фильтрования наблюдались отличия по вариантам. В варианте 5 после внесения кизельгура в измельчитель массу в нем можно перемешать палочкой или встряхиванием при закрытой крышке. Получается

однородная смесь, которая сразу образует на бумажном фильтре влажный фильтрующий слой и дальнейшее фильтрование протекает без затруднений быстро. В варианте 6 на бумажный фильтр вносится порция сухого кизельгура, на который затем поступает гомогенизированная масса. Образуется два автономных слоя, что требует времени для увлажнения нижнего фильтрующего слоя, а верхний слой фильтруется так же долго, как и в отсутствие кизельгура. В результате длительность полного цикла фильтрования в варианте 5 составляет 3,5–4 мин. против 2–2,5 мин. в варианте 6. С точки зрения обеспечения работоспособности лабораторного оборудования и ускорения процесса фильтрации более предпочтительным полагаем внесение кизельгура в измельчитель после гомогенизации массы.

Таблица 3.

Результаты определения сахаристости с разными вариантами внесения кизельгура при пробоподготовке

Table 3.

Results of sugar content determination with different kieselguhr application variants in sample preparation

Образец Sample	Вариант 5 Variant 5	Вариант 6 Variant 6	Δ_{5-6}
1	18,55	18,47	0,08
2	18,97	19,01	0,04
3	19,15	19,18	0,03
4	18,63	18,58	0,05
5	17,33	17,40	0,07
6	18,76	18,70	0,06
7	17,99	18,11	0,12
8	19,02	18,93	0,09
9	19,10	19,00	0,10
10	18,28	18,30	0,02
11	15,27	15,22	0,05
12	16,32	16,35	0,03
13	16,85	16,80	0,05
14	17,11	17,10	0,01
15	17,53	17,47	0,06
16	18,12	18,01	0,11
17	18,34	18,40	0,06
18	16,89	16,80	0,09
19	16,24	16,12	0,12
20	16,64	16,70	0,06
21	18,88	18,80	0,08
22	17,46	17,55	0,09
23	16,40	16,51	0,11
24	16,71	16,67	0,04
25	15,91	16,01	0,10
26	16,87	16,92	0,05
27	17,08	17,16	0,08
28	17,22	17,17	0,05
29	17,96	17,90	0,06
30	16,53	16,60	0,07
Среднее Average	17,54	17,53	0,07

Таким образом, методика определения сахаристости лабораторным способом холодного водного дигерирования может быть актуализирована в части применения осветлителя сульфата алюминия и использования кизельгура в дозе 2 г, вводимого после гомогенизации массы в лабораторный измельчитель перед фильтрованием.

Что касается определения сахаристости при выполнении массовых анализов на роботизированной линии или полуавтоматическом лабораторном комплексе, дозирование осветлителя в них осуществляется весовым методом, аналогичным применяющемуся в линии УЛС-1.

Но, если в линии УЛС-1 навеска свекловичной мезги составляет примерно 70 г, то современные линии адаптированы под «нормальную» навеску 26 г. Весовое дозирование за счет автоматизации позволяет иметь отклонения в навеске свекловичной мезги ± 5 г, поскольку весовой дозатор добавит массу осветляющего раствора пропорционально массе свекловичной мезги согласно установленной программе.

В открытой печати отсутствуют данные о сходимости величин сахаристости, определенных с использованием объемного и весового дозирования осветлителей; в целях их установления проводили исследования по вариантам: контроль – лабораторный метод с объемным дозированием; вариант 7 – лабораторный метод с весовым дозированием; вариант 8 – на роботизированной линии сахарного завода с весовым пропорциональным дозированием. Определяли разность полученных величин между контролем и вариантами опыта (Δ_{K-7} , Δ_{K-8}), а также между вариантами 7 и 8 (Δ_{7-8}). В качестве осветлителя использовали ацетат свинца, введение кизельгура в роботизированной линии осуществлялось в сосуд после гомогенизации массы с последующим перемешиванием перед фильтрацией.

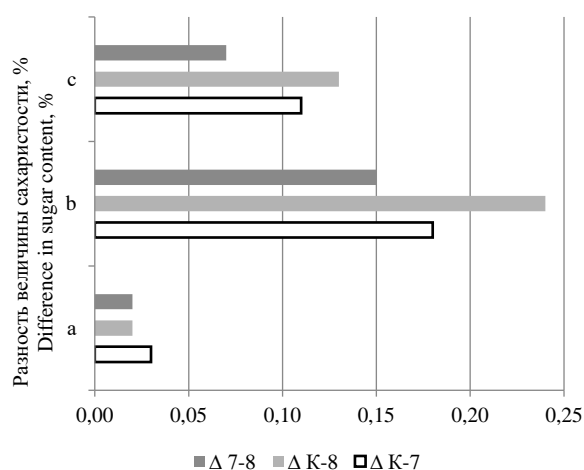


Рисунок 2. Сходимость результатов определения сахаристости при разных вариантах дозирования осветлителя: а – минимальная; б – максимальная; с – средняя

Figure 2. Convergence of sugar content determination results at different clarifier dosage variants: a – minimum; b – maximum; c – average

Данные сходимости результатов представлены на рисунке 2, из которых следует, что средняя разница между контролем и вариантом 7 составила 0,11%; между контролем и вариантом 8–0,13%; между вариантами 7 и 8–0,07%, что можно считать весьма удовлетворительным.

Следовательно, принцип дозирования не оказывает влияния на результат определения сахаристости и подтверждает возможность использования на роботизированной линии или лабораторном полуавтоматическом комплексе весовое дозирование осветлителя.

Полученный в вышеизложенных исследованиях материал свидетельствует, что актуализированная методика может быть рекомендована к использованию как в лабораторном варианте, так и при приемке сырья при выполнении массовых анализов.

Установлены метрологические характеристики методики, которые для наиболее часто встречающегося диапазона сахаристости свыше 15% составляют: относительная погрешность (δ) $\pm 4\%$; относительное среднеквадратическое отклонение повторяемости (σ_r) 0,5%; относительное среднеквадратическое отклонение воспроизводимости (σ_R) 0,8%; критическая разность для результатов, полученных в двух лабораториях 2%. Текст методики изложен в соответствии с ГОСТ Р 8.563, методика внесена в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений ФР.1.31.2026.53169, что открывает возможности для пересмотра ГОСТ Р 53036–2008 «Свекла сахарная. Методы испытаний».

Заключение

Установлена сходимость результатов определения сахаристости лабораторным способом холодного и горячего водного дигерирования при использовании осветлителей ацетата свинца и сульфата алюминия, не превышающая 0,15% в среднем. Показано, что при подготовке дигерата применение в качестве фильтрующего средства кизельгура в дозе 2...4 г не оказывает влияния на результат определения, ускоряя процесс в 2 раза с повышением прозрачности фильтрата на 25%. Дозирование осветлителя может быть осуществлено как объемным, так и весовым методом, в т. ч. на роботизированной линии. Полученные результаты легли в основу актуализации методики определения сахаристости и установления ее метрологических характеристик. Актуализированная методика позволяет осуществить пересмотр ГОСТ Р 53036–2008 «Свекла сахарная. Методы испытаний».

Литература

- 1 Chen S., Zhang C., Lui J. et al. Current status and Prospects of the Global Sugar Beet Industry // *Sugar Tech*. 2024. V. 26. № 5. P. 1199–1207. doi: 10.1007/s12355–024–01508–8
- 2 Кузнецова А.Р., Жолдоякова Г.Е., Ахметьянова А.И., Кузнецов А.И. Тенденции мирового производства сахарной свеклы и уровень потребления сахара // *Аграрная наука*. 2024. Т. 380. № 3. С. 157–162. doi: 10.32634/0869–8155–2024–380–3–157–162
- 3 Soare E., Dobre I., David L. Research on sugar beet production and trade – worldwide overview // *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. V. 24. № 4. P. 533–539.
- 4 Папцов А.Г., Колесников А.В. Анализ мировых рынков сельскохозяйственной продукции и возможности наращивания экспорта России с учетом обеспечения продовольственной безопасности // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2021. № 9(78). С. 4–20. doi: 10.33938/219–4
- 5 Буряков Н.П. Роль побочной продукции свеклосахарного производства в углеводном питании животных // *Сахар*. 2023. № 12. С. 44–51. doi: 10.24412/2413–5518–2023–12–44–51
- 6 Mordenti A.L., Giaretta E., Campidonico L., Parazza P., Formigoni A. A review regarding the use of molasses in animal nutrition // *Animals*. 2021. V. 11(1), article 115. doi: 10.3390/ani11010115
- 7 Iwuozor K.O., Emenike E.C., Ighalo J.O. et al. Valorization of Sugar Industry's By-products: A Perspective. *Sugar Tech*. 2022. V. 24. № 4. P. 1052–1078. doi: 10.1007/s12355–022–01143–1
- 8 Molasses Deaugarization in the US Beet Sugar Industry – Recent Update // *International Sugar Journal*. 2019. № 121 (1449). P. 668–681.
- 9 Кульнева Н.Г., Сурин П.Ю., Федорук В.А., Матвиенко Н.А. Обоснование способа получения сахара при глубокой переработке свекловичной мелассы // *Вестник ВГУИТ*. 2022. Т. 84. № 1. С. 58–65. doi: 10.20914/2310–1202–2022–1–58–65
- 10 Мударисов В.А., Карпова Г.А., Исаев Ю.М. Значение технологических показателей качества корнеплодов сахарной свеклы при различном минеральном питании для сельскохозяйственного и перерабатывающего предприятий // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3 (71). С. 29–36. doi: 10.18286/1816–4501–2025–3–29–36
- 11 Ошевнев В.П., Путилина Л.Н., Лазутина Н.А. Отбор отечественных селекционных образцов сахарной свеклы с высокими технологическими качествами // *Сахарная свекла*. 2022. № 2. С. 7–11. doi: 10.25802/SB.2022.80.92.001
- 12 Минакова О.А., Путилина Л.Н. Влияние удобрений на продуктивность и технологические качества гибридов сахарной свеклы отечественной селекции в условиях ЦЧР // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2025. № 3. С. 9–13. doi: 10.31857/S2500262725030026
- 13 Zheng Y., Zhu X., Peng W. Effects of Nitrogen Fertilizer Application on Sugar Beet Yield and Sugar Content: A Meta-Analysis // *Sugar Tech*. 2025. V. 27. № 4. P. 1258–1268. doi: 10.1007/s12355–025–01566–6
- 14 Зелепукин Ю.И., Зелепукин С.Ю. Оценка качества сахарной свеклы // *Сахар*. 2021. № 11. С. 31–35. doi: 10.24412/2413–5518–2021–11–31–35
- 15 Болдырев И.В. Изменения нормативных документов в области оценки соответствия и обеспечения единства измерений // *Контроль качества продукции*. 2022. № 8. С. 11–14.
- 16 Тарасов А.В., Заворохина Н.В., Чугунова О.В. Исследование потенциально мешающих веществ при потенциометрическом определении антиоксидантной активности в пищевых системах // *Техника и технология пищевых производств*. 2023. Т. 53. № 3. С. 504–512. doi: 10.21603/2074–9414–2023–3–2452
- 17 Трусова М.М., Павлова О.В. Разработка комбинированного сорбента для стабилизации коллоидной системы напитков брожения // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2020. Т. 13. № 4. С. 103–110. doi: 10.47612/2073–4794–2020–13–4(50) – 103–110
- 18 Молодкина Л.М., Коростелева Ю.А., Чусов А.Н. и др. Фильтровальный материал Диамикс Аква как нагрузка для контактного осветлителя в технологии водоподготовки // *Экология и промышленность России*. 2022. Т. 26. № 4. С. 44–49. doi: 10.18412/1816–0395–2022–4–44–49
- 19 Косулина Т.П., Гребенкина А.В., Цокур О.С., Герасименко Е.О. Органические вещества в составе отработанных диатомитовых фильтровальных порошков процесса рафинации подсолнечного масла и их применение // *Журнал прикладной химии*. 2024. Т. 97. Вып. 4. С. 309–316. doi: 10.31857/S0044461824040054
- 20 Егорова М.И., Смирнова Л.Ю., Пузанова Л.Н. Актуализация пробоподготовки при определении сахаристости сахарной свеклы поляриметрическим методом // *Вестник КрасГАУ*. 2025. № 5. С. 304–312. doi: 10.36718/1819–4036–2025–5–304–312

References

- 1 Chen S., Zhang C., Lui J. et al. Current status and Prospects of the Global Sugar Beet Industry. *Sugar Tech*. 2024. vol. 26. no. 5. pp. 1199–1207. doi: 10.1007/s12355–024–01508–8.
- 2 Kuznetsova A.R., Zholdoyakova G.E., Akhmetyanova A.I., Kuznetsov A.I. Trends in global sugar beet production and sugar consumption levels. *Agrarian science*. 2024. vol. 380. no. 3. pp. 157–162. doi: 10.32634/0869–8155–2024–380–3–157–162. (in Russian).
- 3 Soare E., Dobre I., David L. Research on sugar beet production and trade – worldwide overview. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. vol. 24. no. 4. pp. 533–539.
- 4 Paptsov A.G., Kolesnikov A.V. Analysis of the world markets of agricultural products and the possibility of increasing exports to the Russian taking into account food security. *Economics, labor, management in agriculture*. 2021. no. 9(78). pp. 4–20. doi: 10.33938/219–4. (in Russian).
- 5 Buryakov N.P. The role of beet sugar by-products in the carbohydrate nutrition of animals. *Sugar*. 2023. no. 12. pp. 44–51. doi: 10.24412/2413–5518–2023–12–44–51. (in Russian).

- 6 Mordenti A.L., Giaretta E., Campidonico L., Parazza P., Formigoni A. A review regarding the use of molasses in animal nutrition. *Animals*. 2021. vol. 11(1), article 115. doi: 10.3390/ani11010115.
- 7 Iwuozor K.O., Emenike E.C., Ighalo J.O. et al. Valorization of Sugar Industry's By-products: A Perspective. *Sugar Tech*. 2022. vol. 24, no 4. pp. 1052–1078. doi: 10.1007/s12355-022-01143-1.
- 8 Molasses Deugarization in the US Beet Sugar Industry – Recent Update. *International Sugar Journal*. 2019. no. 121 (1449). pp. 668–681.
- 9 Kulneva N.G., Surin P. Yu., Fedoruk V.A., Matvienko N.A. Substantiation of a method for producing sugar during deep processing of beet molasses. *Proceedings of VSUET*. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 58–65. doi: 10.20914/2310-1202-2022-1-58-65. (in Russian).
- 10 Mudarisov F.A., Karpova G.A., Isaev Yu. M. The importance of technological quality indicators of sugar beet root crops with different mineral nutrition for agricultural and processing enterprises. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2025. no. 3 (71). pp. 29–36. doi: 10.18286/1816-4501-2025-3-29-36. (in Russian).
- 11 Oshevnev V.P., Putilina L.N., Lazutina N.A. Selection of sugar beet domestic breeding samples with high technological qualities. *Sugar beet*. 2022. no. 2. pp. 7–11. doi: 10.25802/SB.2022.80.92.001. (in Russian).
- 12 Minakova O.A., Putilina L.N. The effect of fertilizers on the productivity and technological qualities of domestic sugar beet hybrids in the conditions of the Central Black-Earth region. *Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka*. 2025. no. 3. pp. 9–13. doi: 10.31857/S2500262725030026. (in Russian).
- 13 Zheng Y., Zhu X., Peng W. Effects of Nitrogen Fertilizer Application on Sugar Beet Yield and Sugar Content: A Meta-Analysis. *Sugar Tech*. 2025. vol. 27. no. 4. pp. 1258–1268. doi:10.1007/s12355-025-01566-6.
- 14 Zelepukin Yu. I., Zelepukin S. Yu. Assessment of the quality of sugar beet. *Sugar*. 2021. no. 11. pp. 31–35. doi: 10.24412/2413-5518-2021-11-31-35. (in Russian).
- 15 Boldyrev I.V. Changes in regulatory documents in the field of conformity assessment and ensuring the uniformity of measurements. *Production Quality Control*. 2022. no. 8. pp. 11–14. (in Russian).
- 16 Tarasov A.V., Zavorokhina N.V., Chugunova O.V. Potential Interfering Substances and Potentiometric Antioxidant Activity Tests in Food Systems. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023. vol. 53. no. 3. pp. 504–512. doi:10.21603/2074-9414-2023-3-2452. (in Russian).
- 17 Trusova M.M., Pavlova O.V. Development of a combined sorbent for stabilizing the colloidal system of fermented drinks. *Food industry: science and technologies*. 2020. vol. 13. no 4. pp. 103–110. doi: 10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-103-110. (in Russian).
- 18 Molodkina L.M., Korostelyova Yu. A., Chusov A.N. et al. Filter Material Diamix Aqua as a Media for a Contact Filter in Water Treatment Technology. *Ecology and Industry of Russia*. 2022. vol. 26. no. 4. pp. 44–49. doi: 10.18412/1816-0395-2022-4-44-49. (in Russian).
- 19 Kosulina T.P., Grebenkina A.V., Tsokur O.S., Gerasimenko E.O. Organic substances in the composition of spent diatomite filter powders in the process of refining sunflower oil and their application. *Zhurnal Prikladnoi Khimii*. 2024. vol. 97. no. 4. pp. 309–316. doi: 10.31857/S0044461824040054. (in Russian).
- 20 Egorova M.I., Smirnova L. Yu., Puzanova L.N. Updating sample preparation in determining sugar content in sugar beet by polarimetric method. *Bulletin of KSAU*. 2025. no. 5. pp. 304–312. doi: 10.36718/1819-4036-2025-5-304-312. (in Russian).

Сведения об авторах

Марина И. Егорова к.т.н., зав. лабораторией технологий сахара и методов контроля продукции, Курский ФАНЦ, ул. Карла Маркса, 70б, г. Курск, 305021, Россия, rmiisp@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-1333-7377>

Людмила Ю. Смирнова науч. сотр., лаборатория технологий сахара и методов контроля продукции, Курский ФАНЦ, ул. Карла Маркса, 70б, г. Курск, 305021, Россия, xranenie46@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6539-160X>

Вклад авторов


Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Marina I. Egorova Cand. Sci. (Engin.), head of the laboratory of sugar technologies and product quality control, Federal Agricultural Kursk Research Center, Karl Marks St., 70b, Kursk, 305021, Russia, rmiisp@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-1333-7377>

Ludmila Yu. Smirnova researcher, laboratory of sugar technologies and product quality control, Federal Agricultural Kursk Research Center, Karl Marks St., 70b, Kursk, 305021, Russia, xranenie46@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6539-160X>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/02/2026	После редакции 11/04/2026	Принята в печать 01/05/2026
Received 21/02/2026	Accepted in revised 11/04/2026	Accepted 01/05/2026