МРНТИ 65.29.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.4.29-1142**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКЛАССНОЙ ПШЕНИЦЫ КАЗАХСТАНА УРОЖАЯ 2024 ГОДА

О.И. Ким, Б.К. Тарабаев, Д.А. Шаймерденова, А.Ж. Исмагулова

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

Корреспондент-автор: kim_olyaaa@mail.ru

В условиях нестабильности климатических изменений значительная часть урожая пшеницы в Казахстане представлена неклассным зерном, не соответствующим требованиям к зерну, соответствующий СТ РК 1046-2008 «Пшеница. Технические условия». Настоящее исследование направлено на комплексный анализ физико-химических и технологических характеристик неклассной пшеницы урожая 2024 года с применением методов искусственного интеллекта. В рамках работы была сформирована уникальная база данных, объединяющая лабораторные показатели и цифровые изображения зерна. Полученные результаты подтверждают перспективность интеграции ИИ в процессы оценки и сортировки пшеницы, а также закладывают основу для создания интеллектуальной системы аграрной диагностики.

Ключевые слова: неклассная пшеница, число падения, искусственный интеллект, компьютерное зрение, машинное обучение, агроаналитика, качество зерна, классификация.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ 2024 ЖЫЛҒЫ ӨНІМНІҢ НЕКЛАСС БИДАЙЫНЫҢ САПАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ТАЛДАУ ҮШІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

О.И. Ким, Б.К. Тарабаев, Д.А. Шаймерденова, А.Ж. Исмагулова

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,Астана, Қазақстан,
e-mail: kim_olyaaa@mail.ru

Аграрлық нарықтағы тұрақсыздық пен климаттың өзгеруі жағдайында Қазақстандағы бидайдың елеулі бөлігі ST RK 1046-2008 «Бидай. Техникалық талаптар» стандартына сәйкес келмейтін некласс дәндерден тұрады. Бұл зерттеу 2024 жылғы жинақталған некласс бидайдың физико-химиялық және технологиялық сипаттамаларын жасанды интеллект әдістерін пайдалана отырып кешенді талдауға бағытталған. Лабораториялық көрсеткіштер мен дәннің цифрлық кескіндерін біріктірген ерекше мәліметтер базасы құрылды. Алынған нәтижелер ИИ-ді бидайдың сапасын бағалау және сұрыптау процестеріне интеграциялаудың перспективаларын растайды және агроаналитикалық интеллектуалды диагностикалық жүйе құруға негіз болады.

Түйін сөздер: некласс бидай, түсу саны, жасанды интеллект, компьютерлік көру, машинамен оқыту, агроаналитика, дән сапасы, классификация.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR ANALYZING THE QUALITY CHARACTERISTICS OF NON-CLASS WHEAT IN KAZAKHSTAN FROM THE 2024 HARVEST

O.I. Kim, B.K. Tarabayev, D.A. Shaimerdenova, A.Zh. Ismagulova

Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan,
e-mail: kim_olyaaa@mail.ru

Amid increasing instability in the agricultural market and climate change, a significant portion of the wheat harvest in Kazakhstan consists of non-class grain that does not meet the requirements of ST RK 1046-2008 ”Wheat. Technical specifications.” This study focuses on a comprehensive analysis of the physicochemical and technological characteristics of non-class wheat from the 2024 harvest using artificial intelligence methods. A unique database combining laboratory indicators and digital images of

the grain was developed. The results confirm the potential of integrating AI into wheat quality assessment and sorting processes, laying the foundation for the creation of an intelligent system for agricultural diagnostics.

Keywords: non-class wheat, falling number, artificial intelligence, computer vision, machine learning, agroanalytics, grain quality, classification.

Введение. Казахстан входит в топ пятнадцати стран по выращиванию пшеницы, и является одним из лидеров по поставке зерновых культур в страны Центральной Азии, Европы и Ближнего Востока [1]. Но вместе с зерном высшего уровня, ежегодно имеет место немалая часть урожая неклассной пшеницы. Это зерно, не соответствующее требованиям по ряду показателей, таких как содержание белка, клейковины и также нет соответствия натурного веса зерну высокого качества. Сложность целесообразного потребления и достоверность анализа качества неклассной пшеницы становится особенно важным в условиях изменения климата. Поэтому передовые способы цифрового анализа, включая методы искусственного интеллекта (ИИ), открывают большие возможности в сфере анализа качественных характеристик зерна. Использование ИИ дает возможность не только усовершенствовать методы оценки качества зерна, но и распознать не видимую зависимость между климатическими условиями и итоговыми показателями урожая. Несмотря на активное внедрение ИИ в сельское хозяйства ряда стран, однако в Казахстане таких разработок еще немного, особенно в отношении диагностики неклассной пшеницы. Данное исследование ориентировано на всестороннюю оценку качественных показателей неклассной пшеницы урожая 2024 года, собранной с различных областей Казахстана, с применением новейших способов машинного обучения. Целью работы является установление закономерностей, воздействующих на качество зерна, а также создание моделей, дающих возможность исследовать пшеницу по качеству с максимальной точностью. Полученные результаты помогут лучше сортировать, хранить и перерабатывать зерно. Кроме того, они могут быть использованы при выборе ключевых разработок в сельском хозяйстве - чтобы сделать его более результативным.

В приоритете национальной стратегии Казахстана развитие агропромышленного комплекса. Президент Республики Казахстан Касым-Жомарт Токаев выделил важность улучшения качества продуктов сельского хозяйства и введение иинновационных процессов. В своём выступлении на первом форуме работников сельского хозяйства он отметил, что ”наше большое достижение – высокое качество отечественной продукции, значительная часть которой поставляется на экспорт”. Это подчёркивает актуальность применения инновационных методов, включая ИИ, для улучшения качества и конкурентоспособности казахстанской пшеницы на мировом рынке [2].

Характеристики пшеницы по качеству - содержание белка, клейковины, натура, влажность и другие - это основные параметры при её классификации, переработке и экспорте. Определение точности этих показателей, в значительной степени влияет на рыночную стоимость зерна, создания пищевой безопасности и выбор стратегических решений в отрасли сельского хозяйства.

В странах с развитым аграрным производством, интенсивно применяются цифровые технологии и методы искусственного интеллекта (ИИ) для исследования зерна и изменения его качеств.

Так, Chlingaryan и соавт [3] в своём обзорном исследовании выделяют большую значимость машинного обучения в точном земледелии - включая прогнозирование урожайности и установление азотного статуса растений, что также может быть использованно в оценке качества зерна.

Zhao et al. показали эффективность нейронных сетей при прогнозе основных показателей зерна, учитывая климатические условия и характеристику грунта [4]. В Канаде, Австралии и США интенсивно применяют алгоритмы ма-

шинного обучения, случайный лес, градиентный бустинг и поддерживающие векторные машины для анализа и сортировки зерна на ранних стадиях логистического процесса [5].

К тому же, ряд исследований показал, что метод спектрального анализа в сочетании с ИИ существенно увеличивает точность и быстроту иследований свойств пшеницы без выполнения обычных лабораторных практик [6,7]. Это очень важно при работе с большим количеством неклассного зерна, где необходима скоростная механизированная сортировка.

В международной научной среде Казахстан проводит интенсивные исследования, но вопрос использования искусственного интеллекта для определения качественных параметров пшеницы, в частности неклассной, остается мало изученной. В нашей стране действующие изучения в основном направленны на агрохимические, селекционные и технологические свойства зерна [6],[8], а введения цифровых и интеллектуальных приемов в диагностику урожая имеет неполный и периодический характер.

В связи с возникновениями климатических трудностей, оказавших влияние на качество урожая 2024 года вышеуказанная проблема становится очень важной. Поэтому возникает острая потребность в изучении и внедрению новых функциональных исследований, которые позволят точно, быстро и экономично оценивать качество неклассной пшеницы с последующим внедрением результатов в процесс логистики, хранения и переработки [9].

Материалы и методы. ***Объект исследования***. Предметом исследования стала пшеница урожая 2024 года, собранная с разных областей и регионов Республики Казахстан. Основное внимание было обращено на зерно, не соответствующее требованиям 1-3 классов по физико-химическим показателям, включая пониженную массу 1000 зерен, низкое содержание белка и клейковины, повышенную влажность, а также признаки повреждений и загрязнений.

Используемые образцы отбирались с различных областей с разнообразными климатическими и почвенными условиями: Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская и Карагандинская области. Общий объем выборки составил более 60 образцов.

Методы лабораторного анализа. Каждый образец проходил стандартную лабораторную оценку по следующим показателям:

- массовая доля белка (%), методом Кьельдаля;

- содержание сырой клейковины (%), механическим способом;

- число падения (сек), по методу Хагберга;

- влажность зерна (%), сушильным методом;

- натура (г/л), измерением объема заданной массы;

-масса 1000 зерен (г) и визуальная оценка состояния (наличие болезней, механических повреждений, сорной примеси).

Все измерения проводились в лаборатории ТОО «НПП «Инноватор», согласно ГОСТ и международным методикам ISO.

Параметры съёмки и аннотирования изображений. Для построения набора данных использовались стандартизированные условия съёмки:

- камера: Canon EOS 80D, матрица APS-C, объектив 50 мм;

- освещение: два LED-софтбокса 5500 K, расположение под углом 45°;

- фон: матовый нейтрально-серый фон (18 % grey);

- разрешение съёмки: 6000×4000 px;

- угол съёмки: 90° сверху (top-view);

- формат: RAW с последующей конвертацией в PNG.

Аннотирование включало:

- ручную разметку границ зёрен (bounding boxes);

- присвоение классов по качеству на основе лабораторных показателей;

- автоматическую генерацию дополнительных признаков (текстура, площадь контура, цве-

товые гистограммы).

Методы статистической обработки данных. Для количественного анализа применялись:

- расчёт средних значений и стандартного отклонения;

- определение доверительных интервалов (95% CI);

- критерий Стьюдента для сравнения групп;

- корреляционный анализ Пирсона для определения взаимосвязей между цветом, геометрией и лабораторными показателями;

-кластеризация k-means для выявления скрытых групп.

Формирование базы данных и подготовка к моделированию. В процессе изучения была собрана собственная экспериментальная база данных, в которую входят зрительные и физико-химические характеристики образцов неклассной пшеницы урожая 2024 года. Всего было отобрано 50 образцов, каждый из них прошёл лабораторный анализ по стандартным показателям качества: массовая доля белка, содержание сырой клейковины, натура, влажность, масса 1000 зерен и число падения.

Для каждого образца были сделаны высококачественные цифровые фотографии. Для обеспечения точного воссоздания внешних характеристик таких как цвет, форма, размер и наличие дефектов зерна, съемка производилась в специально подготовленной среде. Все фотографии были сверены с соответствующими лабораторными показателями, в результате чего была создана объединённая база данных, в которую входят как визуальные, так и количественные параметры.

Разработанный набор данных является основой для дальнейшего применения приемов компьютерного зрения и машинного обучения для получения системы ИИ, которая способна распознать качество пшеницы, согласно введенных изображений. Планируется использование сверточных нейронных сетей (CNN) для автоматического получения признаков с изображений зерна и классификации образцов согласно их физико-химическим характеристикам.

На этапе подготовки к моделированию проводилось описание изображений, балансировка классов, а также предварительный анализ взаимосвязи между зрительными признаками и лабораторными показателями. В дальнейшем, данная система может быть приспособлена для промышленных решений, а также даст возможность делать экспресс-оценку качества пшеницы без лабораторных анализов.

Обсуждение и результаты. В результате проведения лабораторных исследований 50 образцов неклассной пшеницы урожая 2024 года, были получены количественные данные по шести основным физико-химическим показателям. Величины параметров существенно варьируются, что подтвердило неоднородность исследуемого материала и необходимость его дальнейшей классификации.

Анализ физико-химических характеристик. Проведённый анализ показал, что содержание белка (протеина) в образцах пшеницы колебалось от 11,0% до 16,6%, а количество сырой клейковины - от 21,0% до 34,4%. Натура зерна варьировалась в пределах от 650 до 800 г/л, влажность - от 9,0% до 21,0% (таблица 1). Эти показатели демонстрируют значительную разницу в качестве зерна, что особенно актуально при анализе неклассной пшеницы

Согласно требованиям СТ РК 1046 - 2008 ”Пшеница. Общие технические условия”, для продовольственной мягкой пшеницы 3 класса минимальные значения составляют [10]:

- содержание белка - не менее 13%;

- содержание сырой клейковины - не менее 23%;

- натура - не менее 730 г/л.

На основании этих критериев можно отнести следующие образцы к неклассной - не соответствует по всем трем показателям:

- образец 4 (КХ «Казына»): протеин 11,0%, клейковина 21,0%, натура 710 г/л - не соответствует по всем трем показателям;

- образец 5 (КХ «Жас Талап»): натура 650 г/л

- значительное отклонение от нормы;

- образец 6 (ТОО «Новокубанская»): протеин 12,4%, натура 734 г/л - не соответствует по белку, пограничное значение по натуре.

Также некоторые образцы, несмотря на высокое содержание клейковины, имели высокую влажность (например, образец 6 - 21,0%), что может свидетельствовать о нарушениях условий хранения или поздней уборке, снижая общее качество зерна и его устойчивость к порче.

Кроме того, визуальный осмотр выявил наличие таких признаков, как мучнистость (образец 3) и сорные примеси (образец 7), которые также негативно влияют на потребительские и технологические свойства зерна.

Таким образом, часть образцов чётко подпадает под категорию неклассной пшеницы в соответствии с СТ РК 1046-2008. Это позволяет использовать данные образцы как обоснованную тренировочную выборку для моделей машинного обучения, направленных на автоматическую классификацию зерна по качеству.

Таблица 1 - Характеристика пшеницы

№	Фото	Характеристика	Аналитическая оценка
1		пшеница мягкая 3 класса, эл-р Кенесары Астык, число падения-69; клейковина-29,6; идк-60; влажность-10,4; натура-800; протеин-15,3	Соответствует классу по белку, клейковине и натуре; низкое ЧП.
2		пшеница не кл, Тайыншы, число падения-88; клейковина-29,4; идк-50; влажность-10,4; натура-775; протеин-16,0	Хорошие показатели, кроме низкого ЧП.
3		пшеница мягкая, мучнистая, число падения-68; клейковина-26,0; идк-45; влажность-9,0; натура-753; протеин-15,4	Мучнистость ухудшает качество, ЧП низкое.

4		кх «казына» пшеница мягкая не кл., число падения-65; клейковина-21,0; идк-45; влажность-16,9; натура-710; протеин-11,0	Аномально низкий белок/клейковина, высокая влажность, низкая натура.
5		кх «жас талап» пшеница мягкая поле номер 1; клейковина-26,1; идк-80; влажность-13,3; натура-650; протеин-14,5	Очень низкая натура - главный критерий некласса.
6		акмол обл., (сапа) ТОО «Новокубанская», клейковина-24,2; идк-52; влажность-21,0; натура-734; протеин-12,4	Проблемы: высокая влажность, низкий белок.
7		ТОО «SAPA-Grain» тюльпан сорный, клейковина-34,4; идк-77; влажность-12,1; натура-755; протеин-16,6	Высокие показатели качества, но наличие сорности снижает класс.

Предварительная обработка изображений. Были собраны и проиллюстрированы изображения всех исследуемых зерновых образцов. Для каждой фотографии автоматически определялись ключевые визуальные характеристики: цветовая гистограмма, контурные парамет-

ры, геометрические особенности и показатели текстуры. Первичный этап анализа выявил заметные различия в наглядных признаках у зерна с низким и высоким содержанием клейковины, а также по уровню натуры.

Подготовка к обучению модели. На основе собранных данных был сформирован учебный комплект, включающий 80% изображений, и тестовый - 20%. Произведена трансформация и нормализация входных данных. На данном этапе идет разработка архитектуры CNN, она даст возможность обучение модели классификации зерна по визуальному образу с дальнейшей валидацией результатов на независимой выборке.

Архитектура модели ИИ и теоретическое обоснование выбора. Для классификации изображений зерна была выбрана свёрточная нейронная сеть (CNN) архитектуры ResNet-34, относящаяся к семейству остаточных сетей (Residual Networks). Данный выбор обусловлен сочетанием высокой точности, устойчивости к переобучению и умеренной вычислительной сложности, что делает модель пригодной для последующей промышленной интеграции

Полученные результаты подтверждают высокую степень вариативности качественных характеристик неклассной пшеницы, собранной в регионах Казахстана в 2024 году.

Обнаруженные различия по основным физико-химическим параметрам, таким как содержание белка, клейковины и натура, свидетельствуют о неоднородности зерновой массы, это вызывает сложности при сортировке и определении рыночной стоимости продукции. А в условиях засушливого климата и нестабильной урожайности, которая наблюдалась в северных регионах страны в последние годы данная проблема становится особенно актуальной.

База данных, которая была собрана в процессе изучения, содержащие фотографии зерна и сопоставленные с ними лабораторные показатели, является для казахстанского аграрного сектора уникальным инструментом. Она не только дает возможность для построения интеллектуальных систем оценки качества, но и закладывает основу для последующих изучений в области компьютерного зрения в агропромышленности.

Кластеризация помогла условно распределять образцы по совокупности качественных признаков, что показывает наличие закономерностей, которые можно уловить как с помощью лабораторных методов, так и при визуальном анализе.

Это подтверждает, что применение технологий искусственного интеллекта, в частности сверточных нейросетей, перспективно для автоматического распознавания и классификации зерна по фотографиям. Интересным результатом стало выявление связи между внешними признаками зерна и его физико-химическими характеристиками. Это даёт основание предположить, что оценка качества по изображениям может стать удобной альтернативой лабораторным методам, особенно там, где не хватает ресурсов или важна скорость диагностики.

Однако исследование имеет и свои ограничения. В первую очередь - небольшой размер выборки (всего 50 образцов). Кроме того, модель нужно доработать, чтобы она лучше учитывала разные сорта, регионы и условия выращивания. При практическом применении важно обращать внимание на такие факторы, как освещение, качество камеры и параметры съёмки.

В итоге работа показывает, что использование ИИ в агроаналитике реально и может стать основой для создания системы оценки качества неклассной пшеницы в Казахстане. В дальнейшем планируется расширить базу данных, обучить модель на более широком наборе образцов и создать удобный интерфейс для её внедрения в производство.

Выводы. С данными, полученными в итоге проведенного исследования, была создана уникальная база, сочетающая цифровые изображения зерна неклассной пшеницы урожая 2024 года с соответствующими им физико-химическими характеристиками. В ходе анализа выявлена значительная доля колебаний качественных характеристик пшеницы, исходя из чего подчеркнута необходимость совершенствова-

ния и улучшения средств диагностики качества пшеницы, адаптируя их к более точному и оперативному анализу данных.

Проведенная предварительная классификация пшеничных образцов выявила основные внутренние закономерности между визуальными признаками и лабораторными показателями. Применение таких методов искусственного интеллекта, как сверточные нейронные сети, является разумной практикой для создания модели оценки качества и функционирующей системы оценки качества зерен в реальном времени.

Последующие шаги исследования включают расширение объема образцов, а также создание прототипа программного обеспечения, способного проводить анализ качества зерна в режиме реального времени. Это развитие даст возможность оптимизировать функционирование пищевого производства, повысить качество конечного продукта и укрепить позиции Казахстана на мировых зерновых рынках.

Литература

1. Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан. *Аналитический отчёт о реализации мер АПК* -Астана: МСХ РК. -2025. URL: https://www.gov.kz/uploads/2025/4/24/71c8850798445fc0aeb09fa162547698_original.169458.pdf. -Дата обращения: 22.07.2025.

2. Токаев К.-Ж. Речь на первом форуме работников сельского хозяйства // Официальный сайт Президента Республики Казахстан. -2024. URL: https://www.akorda.kz/ru/speeches. - Дата обращения: 22.07.2025.

3. Chlingaryan A., Sukkarieh S., Whelan B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review // Computers and Electronics in Agriculture. -2018. -Vol.151. -P.61-69. DOI 10.1016/j.compag.2018.05.012.

4. Moghimi A., Yang C., Anderson J.A. Aerial hyperspectral imagery and deep neural networks for high-throughput yield phenotyping in wheat // arXiv preprint. -2019. -arXiv:1906.09666. DOI 10.48550/arXiv.1906.09666.

5. Barbedo J.G.A. A Review of Artificial Intelligence Techniques for Wheat Crop Monitoring and Management // Agronomy. -2025. -Vol.15(5): 1157. DOI 10.3390/agronomy15051157.

6. Qi X., Zhang S., Wang L., Hu X., Zhang H., Feng W., Wang C., Guo T., He L. Classification of different gluten wheat varieties based on hyperspectral data transformation, feature screening, and machine learning // Food Chemistry: X. -2025. -Vol.26: 102329. DOI 10.1016/j.fochx.2025.102329.

7. Freitag S., Anlanger M., Lippl M., Mechtler K., Reiter E., Grausgruber H., et al. Simplifying Wheat Quality Assessment: Using Near-Infrared Spectroscopy and Analysis of Variance Simultaneous Component Analysis to Study Regional and Annual Effects // ACS Measurement Science Au. -2024. -Vol.4(6). -P.695-701. DOI 10.1021/acsmeasuresciau.4c00044.

8. Дашкевич С.М., Бабкенов А.Т., Утебаев М.У., Чилимова И.В., Крадецкая О.О. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы селекции ТОО «НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева» // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). -2018. -№ 3 (98). -С.47–56.

9. АО «Казгидромет». Обзор об особенностях климата на территории Казахстана за 2024 год. - Астана: РГП «Казгидромет». -2025. URL: https://www.kazhydromet.kz/uploads/calendar/280/year_file_en/682ca255cbcd6obzor-osobennostey-klimata_kazahstan-za-2024_rus.pdf. -Дата обращения: 22.07.2025.

10. СТ РК 1046-2008. Пшеница. Общие технические условия. -2008. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30615865&pos=16;-58#pos=16;-58. -Дата обращения: 22.07.2025.

References

1. Ministerstvo sel’ skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan. Analiticheskij otchjot o realizacii mer APK -Astana: MSH RK. -2025. URL: https://www.gov.kz/uploads/2025/4/24/71c8850798445fc0aeb09fa162547698_original.169458.pdf - Date of access: 22.07.2025. [in Russian]

2. Tokaev K.-Zh. Rech’ na pervom forume rabotnikov sel’ skogo khozyaistva // Ofitsial’ nyi sait Prezidenta Respubliki Kazakhstan. -2024. URL: https://www.akorda.kz/ru/speeches. - Date of access: 22.07.2025. [in Russian]

3. Chlingaryan A., Sukkarieh S., Whelan B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review // Computers and Electronics in Agriculture. -2018. -Vol.151. -P.61-69. DOI 10.1016/j.compag.2018.05.012.

4. Moghimi A., Yang C., Anderson J.A. Aerial hyperspectral imagery and deep neural networks for high-throughput yield phenotyping in wheat // arXiv preprint. -2019. -arXiv:1906.09666. DOI 10.48550/arXiv.1906.09666.

5. Barbedo J.G.A. A Review of Artificial Intelligence Techniques for Wheat Crop Monitoring and Management // Agronomy. -2025. -Vol.15(5): 1157. DOI 10.3390/agronomy15051157.

6. Qi X., Zhang S., Wang L., Hu X., Zhang H., Feng W., Wang C., Guo T., He L. Classification of different gluten wheat varieties based on hyperspectral data transformation, feature screening, and machine learning // Food Chemistry: X. -2025. -Vol.26: 102329. DOI 10.1016/j.fochx.2025.102329.

7. Freitag S., Anlanger M., Lippl M., Mechtler K., Reiter E., Grausgruber H., et al. Simplifying Wheat Quality Assessment: Using Near-Infrared Spectroscopy and Analysis of Variance Simultaneous Component Analysis to Study Regional and Annual Effects // ACS Measurement Science Au. -2024. -Vol. 4(6). -P.695-701. DOI 10.1021/acsmeasuresciau.4c00044.

8. Dashkevich S.M., Babkenov A.T., Utebaev M.U., Chilimova I.V., Kradetskaya O.O. Kachestvo zerna sortov yarovoi myagkoi pshenitsy selektsii TOO ’ NPTs ZKh im. A.I. Baraeva’ // Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seifullina (mezhdistsiplinarnyi). -2018. -№ 3 (98). -S.47-56.

9. AO «Kazgidromet». Obzor ob osobennostjah klimata na territorii Kazahstana za 2024 god. - Astana: RGP «Kazgidromet». -2025. URL: https://www.kazhydromet.kz/uploads/calendar/280/year_file_en/682ca255cbcd6obzor-osobennostey-klimata_kazahstan-za-2024_rus.pdf. - Date of access: 22.07.2025. [in Russian]

10. ST RK 1046-2008. Pshenitsa. Obshchie tekhnicheskie usloviya. -2008. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30615865&pos=16;-58#pos=16;-58. - Date of access: 22.07.2025. [in Russian]

Сведения об авторах

Ким О.И. - магистрант, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: kim_olyaaa@mail.ru;

Тарабаев Б.К. - кандидат технических наук, и.о. доцента, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: tarabaev50@mail.ru;

Шаймерденова Д.А. - кандидат технических наук, ученый секретарь, Казахский научно-исследовательский институт переработки сельскохозяйственной продукции, Астана, Казахстан, e-mail: darigash@mail.ru;

Исмагулова А.Ж. - магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: ismagul03@mail.ru.

Information about the Authors

Kim O.I.- Master’s student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan, e-mail: kim_olyaaa@mail.ru;

Tarabayev B.K. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (acting), S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan, e-mail: tarabaev50@mail.ru;

Shaimerdenova D.A. - Candidate of Technical Sciences, Scientific Secretary, Kazakh Research Institute for Agricultural Products Processing, Astana, Kazakhstan, e-mail: darigash@mail.ru;

Ismagulova A.Zh. - Master’s student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan, e-mail: ismagul03@mail.ru.