

Биотехнологии

УДК 637.5.072

О.С. Кулешова

Уральский государственный аграрный университет

С.Л. Тихонов

Уральский государственный аграрный университет,

Уральский государственный лесотехнический университет

(г. Екатеринбург, Российская Федерация)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯСА ПРИ ХРАНЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Аннотация. Цвет мяса – важный критерий качества, влияющий на технологические свойства, органолептические характеристики, развитие химических процессов, в частности, окислении липидов.

Изменение цветовых характеристик в процессе хранения свидетельствуют о протекающих биохимических процессах. В посмертных мышцах кислород конкурирует между гемовыми белками, митохондриями, ферментами, микроорганизмами и процессами окисления липидов. Конкуренция данных процессов определяет итоговый цвет свежего мяса: одни способствуют ярко-красной окраске, другие – снижают восстановительную активность, приводя к образованию метмиоглобина. Снижение восстановительной активности мяса в процессе послеубойного созревания ускоряет окислительные изменения белков, влияющие на цвет. В связи с этим изучение пигментов мяса в процессе хранения представляет значительный интерес.

В статье представлены исследование изменений спектральных характеристик мяса в видимом диапазоне в процессе хранения, проведенное с использованием мобильного приложения «СПЕКТР». Проанализирована корреляция между изменениями цвета мяса по системе CIE LAB и временем хранения. Результаты демонстрируют возможность применения спектроскопии в сочетании с приложением «СПЕКТР» для объективной оценки свежести мясной продукции.

Ключевые слова: *Спектроскопия, CIELAB, цвет мяса, качество, порча мяса, сенсорный анализ, мобильное приложение «СПЕКТР».*

CHANGING THE COLOR CHARACTERISTICS OF MEAT DURING STORAGE: ANALYSIS USING THE SPECTRUM APPLICATION

***Annotation.** The color of meat is an important quality criterion that affects technological properties, organoleptic characteristics, and the development of chemical processes, in particular, lipid oxidation. Changes in color characteristics during storage indicate ongoing biochemical processes. In postmortem muscles, oxygen competes between heme proteins, mitochondria, enzymes, microorganisms, and lipid oxidation processes. The competition of these processes determines the final color of fresh meat: some contribute to a bright red color, others reduce the regenerative activity, leading to the formation of metmyoglobin. A decrease in the regenerative activity of meat during post-slaughter maturation accelerates oxidative changes in proteins that affect color. In this regard, the study of meat pigments during storage is of considerable interest. The article presents a study of changes in the spectral characteristics of meat in the visible range during storage, conducted using the SPECTRUM mobile application. The correlation between the changes in the color of meat according to the CIE LAB system and the storage time is analyzed. The results demonstrate the possibility of using spectroscopy in combination with the SPECTRUM application for an objective assessment of the freshness of meat products.*

Key words: *Spectroscopy, CIELAB, meat color, quality, meat spoilage, sensory analysis, SPECTRUM mobile application.*

Введение

Контроль качества и безопасность пищевых продуктов, особенно скоропортящихся, таких как мясо, является критически важной задачей для пищевой промышленности. Традиционные методы оценки цвета и свежести мяса, основанные на визуальной и органолептической оценке субъективны и подвержены значительной погрешности. Более того, данные методы часто проводятся уже после того, как начались процессы порчи, что может привести к значительным экономическим потерям и угрозе здоровью потребителей. Именно поэтому разработка объективных, быстрых и неразрушающих методов контроля качества мяса является актуальной задачей [1].

Оценка цвета мяса – ключевой фактор в исследовании качества, производстве безопасных и высококачественных продуктов. Авторы отмечают тесную связь между качеством мяса и сроком его хранения. Измерение цвета с помощью колориметра или системы компьютерного зрения позволяет оценить пригодность мяса к переработке [2].

В последние годы спектроскопические методы анализа получили широкое распространение в пищевой промышленности благодаря своей способности предоставлять объективные данные о качестве продуктов. Спектральный анализ, основанный на измерении отражения или пропускания света образцом, позволяет определить различные параметры качества, в том числе и цвет, который является одним из наиболее заметных и информативных показателей свежести мяса [3].

Так, в своем исследовании авторы [4] изучают влияние сонохимической активации жидких посолочных сред на цветовые характеристики охлажденной свинины с нормальным и аномальным автолизом, используя цветовой стандарт CIE LAB, в результате эксперимента было показано, что

низкочастотная ультразвуковая обработка раствора NaCl в установке погружного типа обеспечивает наилучшее сохранение светлоты (L) мяса.

Авторы [5] изучили динамику цвета кожи и мяса бройлеров после убоя с помощью системы CIE LAB в результате которых доказали необходимость учета быстрых изменений цвета в первые шесть часов при помощи системы компьютерного зрения.

Авторами [6] проведен анализ мышечной и жировой ткани, дана оценка мраморности длиннейшей мышцы спины крупного рогатого скота мясного и мясо-молочного направлений. Эксперимент проводили по истечению 24 часов после убоя. Установлены различия в цветовой модели Lab. Мышечная ткань отличалась по светлоте (L) и красноте (a), тогда как показатель синевы (b) изменялся незначительно, когда жировая ткань демонстрировала наибольшее различие по показателю желтизны (b).

В работе [7] были исследованы колориметрические и спектральные характеристики мяса и их изменения в процессе хранения. Авторы [7] показали, что спектральные методы анализа потенциально могут быть использованы для оценки свойств мяса в процессе хранения с целью определения аутолиза, происходящего одновременно с гистоструктурными и протеомными изменениями. В работе обоснована возможность классификации мясного сырья по степени аутолиза на основе колориметрических характеристик, коэффициентов экстинкции и относительной площади пиков при длине волн $\lambda 415$, $\lambda 525$, $\lambda 542$, $\lambda 555$, $\lambda 582$.

Авторы [8] в исследовании измеряли уровень миоглобина при помощи спектрофотометрических методов, входе которого выявили изменения в количестве дезоксимиоглобина, оксимиоглобина и метмиоглобина.

В связи с этим, актуальным является исследование возможности применения мобильного приложения «СПЕКТР» в системе CIE LAB для спектрального анализа изменений цвета мяса в процессе хранения.

Целью исследования является оценка эффективности использования приложения «СПЕКТР» для оценки свежести мяса.

Задачи:

- определить влияние продолжительности хранения на изменение цветовых характеристик (L,a,b);
- оценить скорость и характер изменений цветовых параметров мяса в течение периода хранения с использованием приложения «СПЕКТР».

Материалы и методы исследования

Для спектрального анализа изменения цвета использовалось мобильное приложение «СПЕКТР – распознавание цвета» предназначенное для измерения спектра отражения в видимом свете 400-700 нм и ближний инфракрасный диапазон 700-2500 нм.

Приложение «СПЕКТР» позволяет проводить измерения в видимом диапазоне электромагнитного спектра, обеспечивая получение объективных данных о цветовых характеристиках мяса.

Приложение « СПЕКТР» анализирует спектр излучения объекта и определяет его цвет в цветовой модели RGB (R – красный, G – зеленый, B – синий в значении от 0 до 255), модель HSV – тон (оттенок) насыщенность и яркость цвета, а также рассчитывает параметры цвета L,a,b в цветовом пространстве CIE LAB согласно стандарту CIE 1976 [10,11].

В качестве объектов были использованы образцы охлажденной свинины и филе куриной грудки. Образцы были разделены на две экспериментальные группы. Оценка свежести мяса производилась визуально в соответствии с ГОСТ 9959-2015, с акцентом на изменение цвета. Образцы мяса хранились согласно ГОСТ 31962-2013 при температуре от 0 до +2 °С и по ГОСТ 23670-2019 при температуре от 0 до не выше + 6 °С, упакованные в полиэтиленовую пленку в течение 7 дней. Замеры состояния образцов фиксировались на 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 сутки хранения. Для дальнейшего эксперимента было задействовано приложение «СПЕКТР». На основе данных цветовой модели RGB с помощью конвектора цветовой модели был произведен расчет параметров цвета L,a,b в цветовом пространстве CIE LAB согласно стандарту CIE 1976, где L – параметр светлоты, характеризуется от 0 до 100%; а –

диапазон цвета по цветовому кругу от зеленого(-120) до красного значения (+120); b – диапазон цвета от синего (-120) до желтого (+120) [11].

Результаты и обсуждение

Параметр светлоты L в цветовом пространстве отражает общую интенсивность цвета, зависящую от концентрации пигментов, но не указывает на окислительные процессы. Для оценки используются хроматические координаты a (краснота) и b (желтизна/синева), которые характеризуют соотношение этих составляющих в цвете образца [12].

В таблице 1 приведены показатели цвета филе куриной грудки в разных временных диапазонах хранения в системе CIE Lab.

Таблица 1 – Влияние продолжительности хранения на цвет филе куриной грудки

День хранения / сутки	Система RGB			Система CIE LAB		
	R	G	B	L	A	B
0 (день начала эксперимента)	214	187	170	78	7	13
1	210	182	160	76	7	16
2	188	156	135	67	9	15
3	169	120	97	55	14	22
4	163	112	93	52	19	18
5	159	112	96	52	15	16
6	156	109	93	51	15	16
7	151	109	89	49	15	17

На начало и 1 сутки эксперимента параметры светлоты (L) находятся в диапазоне от 78 до 76, что указывает на большое содержание концентрации пигмента и варьируются незначительно. Со 2-х суток хранения этот показатель снижается с 67(2 сутки) до 49 (7 сутки), что обусловлено уменьшением влаги и увеличения сухого вещества [12].

В отличие от светлоты, хроматические координаты, особенно краснота (a) претерпевают существенные изменения. Параметр красноты увеличивается с 7 (0 сутки) до 19 (4 сутки), затем стабилизируется до 15 (7 сутки). Изменения в хроматической координате «a» обусловлено изменениями окислительно-восстановительного состояния миоглобина [12].

Окисление миоглобина, это важный химический процесс, который происходит при хранении мяса, особенно в охлажденном виде.

Миоглобин – белок, отвечающий за красный цвет мяса. В свежем мясе миоглобин преимущественно проявляется в форме дезоксимиоглобина, который придает мясу ярко-красный цвет. При хранении мяса происходит окисление миоглобина, в результате чего дезоксимиоглобин переходит в стадию оксимиоглобина, в ходе чего мясо приобретает тёмно-красный оттенок.

Дальнейшие окислительные процессы приводят к образованию метмиоглобина, который придает мясу бурый либо коричневый цвет. Данный процесс зачастую связан с преобладанием в мясе ферментов, бактерий и других различных микроорганизмов. Исходя, из этого можно сделать вывод, что изменение цвета мяса напрямую связано со степенью окисления денатурации миоглобина. Ускорение процессов окисления, аутолиза и воздействия микроорганизмов приводит к потемнению мяса.

Уровень синевы (b) в филе грудки с 0-х до 2-х суток варьируется с 13 до 15, после возрастает до 22 (3 сутки), затем с 4-х суток понижается до 18 и стабилизируется в значение 16 (5-6 сутки) и возрастает до 17 на 7 сутки. Рост показателей синевы (b) и красноты (a) сохранили общий цветовой тон в красной области спектра [12].

В таблице 2 приведены показатели цвета свинины в разных временных диапазонах хранения в системе CIELab.

Таблица 2 – Влияние продолжительности хранения на цвет свинины

День хранения / сутки	Система RGB			Система CIE LAB		
	R	G	B	L	A	B
0 (день начала эксперимента)	113	67	71	34	21	6
1	106	72	57	34	12	15
2	105	54	60	29	23	7
3	154	90	92	46	27	10
4	148	94	87	46	21	13
5	165	104	102	51	24	12
6	174	104	105	52	28	11
7	188	114	117	56	30	10

Как следует из полученных данных, исходное значение светлоты для свинины составляет 34 (начало эксперимента и 1 сутки хранения), что указывает на большое содержание концентрации пигмента. Во 2 сутки хранения показатель светлоты (L) снижается до 29. С 3-х суток происходит увеличение показателя с 46 (3 сутки) до 56 (7 сутки хранения) – это вызвано снижением концентрации пигментов, что обусловлено уменьшением влаги и увеличением сухого вещества [12].

Показатель хроматической координаты красноты (a) со дня начала эксперимента до 1 суток в свинине снижается с 21 до 12, затем увеличивается с 23 (3 сутки) до 30 (7 сутки) что связано с потемнением вследствие химического процесса миоглобина и кислорода и придает мясу светло-красную окраску.

Изменение уровня синевы (b) связано с увеличением показателя красноты (a) поэтому его значения с 0 сутки составили 6 т.к. показатель параметра красноты варьировался 21, на 1 сутки показатель синевы (b) возрастает до 15, это связано с резким уменьшением показателя красноты (a). На 2 сутки мы можем наблюдать понижение показателя с 15 до 7, что опять же обусловлено с увеличением показателя красноты (a), затем с 4-х по 7 сутки показатели стабилизируются.

Изменение цветовых характеристик исследуемых образцов и их влияние на итоговый цвет мяса можно оценить с помощью интегрального показателя «полные цветовые различия (ΔE)». Различия между образцами считаются незаметными для человеческого глаза, если $\Delta E < 3,0$. Для красного спектра порог восприятия различий выше и составляет 4,0.

Расчеты (ΔE) показали, что цвет филе грудки на 0 и 1 сутки хранения составили $\Delta E < 3,6$, со 2-х по 4 сутки ΔE составила 7,0 ,разница с 4 по 7 сутки составила $\Delta E < 5,0$. Результаты хранившейся свинины в 0 и 1 сутки $\Delta E < 4,0$, со 2-х по 4 сутки ΔE составила 17,3 ,разница с 4 по 7 сутки равняется $\Delta E < 13,7$. По результатам расчетов видно, что изменения показателя ΔE значительно увеличивается на 4 сутки хранения.

Анализ цветовых параметров, имитирующий восприятие цвета человеческим глазом, показал, что во время хранения цвет мяса изменяется. Наблюдаемые изменения цвета обусловлены комплексом факторов: повышение рН, окисление миоглобина, уплотнение структуры мяса и количества свободной влаги, что снижает рассеивание и отражение света.

Хранение мяса в охлажденном виде в течение недели вызывает ряд химических реакций, которые значительно влияют на его качество, органолептические свойства и безопасность.

Во время хранения мяса происходят такие процессы, как: окисление липидов; разложение белков; возрастание бактериальной активности; потеря влаги; ферментация. Данные факторы приводят к прогорковатому вкусу и запаху, ухудшению структуры мяса, образованию патогенной микрофлоры, образованию молочнокислых бактерий, в конечном итоге к значительному изменению цветовых характеристик.

Во время хранения мяса в охлажденном виде важно контролировать температуры и условия хранения мяса, что бы минимизировать негативные химические реакции и сохранить его качество и безопасность. Важна регулярная оценка и проверка состояния мяса.

Выводы (заключение)

Исследование, направленное на оценку эффективности приложения «СПЕКТР» для определения свежести мяса и изменений его цвета, показало изменение цвета мяса в период хранения, что обусловлено комплексом факторов: повышение рН, окисление миоглобина, уплотнение структуры мяса и количество свободной влаги, что снижает рассеивание и отражение света. Анализ показал что приложение «СПЕКТР» эффективно определяет изменения координат в цветовой модели RGB, для более эффективной оценки работы приложения, полученные данные были конвертированы в координаты цветовой модель CIE LAB, которая имитирует приближенное восприятие цвета человеческим глазом. Приложение «СПЕКТР» является перспективным

и эффективным инструментом для экспресс-оценки свежести мяса однако требует дальнейшей оптимизации алгоритмов для повышения точности и расширения функционала.

Список литературы

1. Балджи, Ю. А. Современные аспекты контроля качества и безопасности пищевых продуктов : монография / Ю. А. Балджи, Ж. Ш. Адильбеков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-3766-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.
2. Milovanovic B. R., Djekic I. V., Tomović V. M., Vujadinović D., Tomasevic I. B. COLOR MEASUREMENT OF ANIMAL SOURCE FOODS // Теория и практика переработки мяса. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/color-measurement-of-animal-source-foods>.
3. Раба Б., Омаров Р. С., Шлыков С. Н., Штанько В. С. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА // ТППП АПК. 2022. №4.
4. Смирнова, А. В. Исследование влияния акустического воздействия ультразвука на устойчивость цветовых характеристик охлажденных мясных полуфабрикатов / А. В. Смирнова, О. Н. Красуля // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 11. – С. 206-217. – EDN YOZGUH.
5. Изучение изменения цвета кожи и мяса тушек цыплят-бройлеров при хранении. (США) // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2004. – № 2. – С. 674. – EDN HBGSHZ.
6. Лисицын А. Б., Козырев И. В. Исследование цветовых характеристик мышечной и жировой тканей и мраморности говядины // Теория и практика переработки мяса. 2016. №4.
7. Shkabrou A.U., Chernukha I.M., Raznichenka V.D., Lazovikava L.U. OPTICAL-SPECTROSCOPIC ANALYSIS OF COLORIMETRIC CHANGES IN MEAT DURING ITS STORAGE // Теория и практика переработки мяса. 2023.

№2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optical-spectroscopic-analysis-of-colorimetric-changes-in-meat-during-its-storage>.

8. Dissanayake K.D.K.K., Samadiy M.A., Rifky A.L.M., Nurmukhamedov K.S. EFFECT OF MYOGLOBIN CONTENT ON THE BEEF MEAT COLOR DURING STORAGE: NEW TECHNOLOGY FOR ACCURATE EVALUATION OF MEAT COLOR // SAI. 2024. №A9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effect-of-myoglobin-content-on-the-beef-meat-color-during-storage-new-technology-for-accurate-evaluation-of-meat-color>.

9. Дьячкова, А. В. Разработка экспресс-метода определения свежести мяса / А. В. Дьячкова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2021. – № 3(68). – С. 82-86. – DOI 10.33979/2219-8466-2021-68-3-82-86. – EDN LGBUNO.

10. Hassan, M. F. A uniform illumination image enhancement via linear transformation in CIELAB color space / M. F. Hassan // Multimedia Tools and Applications. – 2022. – DOI 10.1007/s11042-022-12429-7. – EDN FFVVHC.

11. Boosting RGB-D Saliency Detection by Leveraging Unlabeled RGB Images / X. Wang, L. Zhu, S. Tang [et al.] // IEEE Transactions on Image Processing. – 2022. – Vol. 31. – P. 1107-1119. – DOI 10.1109/tip.2021.3139232. – EDN OFEBTR.

12. Маленкова, Я. Е. Исследование влияния продолжительности сухого созревания на цвет высококачественной говядины / Я. Е. Маленкова, В. А. Хренов, Г. В. Гуринович // Пищевые инновации и биотехнологии : Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 271-272. – EDN OGXQMV.

Кулешова Ольга Сергеевна, аспирант, Уральский государственный аграрный университет. 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42. E-mail: kulieshova_01@mail.ru

Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, проф., профессор кафедры пищевой инженерии аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет; профессор Уральского государственного лесотехнического университета. 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42. E-mail: tihonov75@bk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

References:

1. Baldzhi, Yu. A. Modern aspects of quality control and food safety : a monograph / Yu. A. Baldzhi, Zh. Sh. Adilbekov. — St. Petersburg : Lan, 2022. — 216 p. — ISBN 978-5-8114-3766-5. — Text : electronic // Lan : electronic library system.

2. Milovanovic B. R., Djekic I. V., Tomović V. M., Vujadinović D., Tomasevic I. B. COLOR MEASUREMENT OF ANIMAL SOURCE FOODS // Theory and practice of meat processing. 2021. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/color-measurement-of-animal-source-foods> .

3. Raba B., Omarov P. C., Shlykov S. N., Shtanko V. S. DESIGNING HEALTHY FOOD PRODUCTS USING SPECTRAL ANALYSIS // CCI APK. 2022. No. 4.

4. Smirnova, A.V. Investigation of the effect of acoustic ultrasound on the stability of the color characteristics of chilled meat semi-finished products / A.V. Smirnova, O. N.. Krasulya // Innovation. Science. Education. – 2020. – No. 11. – pp. 206-217. – EDN YOZGUH.

5. Study of the discoloration of the skin and meat of broiler chicken carcasses during storage. (USA) // Food and processing industry. Abstract journal. – 2004. – No. 2. – p. 674. – EDN HBGSHZ.

6. Lisitsyn A. B., Kozyrev I. V. Investigation of the color characteristics of muscle and adipose tissue and marbling of beef // Theory and practice of meat processing. 2016. №4.

7. Shkabrou A.U., Chernukha I.M., Raznichenka V.D., Lazovikava L.U. OPTICAL-SPECTROSCOPIC ANALYSIS OF COLORIMETRIC CHANGES IN

MEAT DURING ITS STORAGE // Theory and practice of meat processing. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optical-spectroscopic-analysis-of-colorimetric-changes-in-meat-during-its-storage>.

8. Dissanayake K.D.K.K., Samadiy M.A., Rifky A.L.M., Nurmukhamedov K.S. EFFECT OF MYOGLOBIN CONTENT ON THE BEEF MEAT COLOR DURING STORAGE: NEW TECHNOLOGY FOR ACCURATE EVALUATION OF MEAT COLOR // SAI. 2024. №A9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effect-of-myoglobin-content-on-the-beef-meat-color-during-storage-new-technology-for-accurate-evaluation-of-meat-color>.

9. Dyachkova, A.V. Development of an express method for determining the freshness of meat / A.V. Dyachkova, S. L. Tikhonov, N. V. Tikhonova // Technology and commodity science of innovative food products. – 2021. – № 3(68). – Pp. 82-86. – DOI 10.33979/2219-8466-2021-68-3-82-86. – EDN LGBUNO.

10. Hassan, M. F. A uniform illumination image enhancement via linear transformation in CIELAB color space / M. F. Hassan // Multimedia Tools and Applications. – 2022. – DOI 10.1007/s11042-022-12429-7. – EDN FFVVHC.

11. Boosting RGB-D Saliency Detection by Leveraging Unlabeled RGB Images / X. Wang, L. Zhu, S. Tang [et al.] // IEEE Transactions on Image Processing. – 2022. – Vol. 31. – P. 1107-1119. – DOI 10.1109/tip.2021.3139232. – EDN OFEBTR.

12. Malenkova, Ya. E. A study of the effect of dry ripening duration on the color of high-quality beef / Ya. E. Malenkova, V. A. Khrenov, G. V. Gurinovich // Food innovations and biotechnologies : Collection of abstracts of the X International Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists, Kemerovo, May 17, 2022 / Under the general editorship of A.Y. Prosekov. Volume 1. Kemerovo: Kemerovo State University, 2022. pp. 271-272. EDN OGXQMV.

Kuleshova Olga Sergeevna, graduate student, Ural State Agrarian University. 42 Karl Liebknecht St., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation. E-mail: kulieshova_01@mail.ru

Tikhonov Sergey Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural
State Agrarian University, Ural State Forestry University. 42 Karl Liebknecht str.,
Yekaterinburg, 620075, Russian Federation. E-mail: tihonov75@bk.ru Orchid:
<https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>