Научная статья

УДК 636.5.033:628.1

Влияние физически обработанной питьевой воды на продуктивность и мясные качества цыплят-бройлеров

Евгения Владимировна Журавчук, Алексей Шамилович Кавтарашвили

ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» (ФНЦ «ВНИТИП»)

Аннотация: *Представлены результаты изучения влияния питьевой воды, обработанной в устройстве «Аквадиск-протока», на зоотехнические, физиологические и экономические показатели выращивания цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» до 35 дней жизни. Эксперимент проведен в условиях вивария на двух группах птицы по 80 голов при напольном содержании и идентичном кормлении. Установлено, что применение структурированной воды способствовало повышению сохранности поголовья на 2,5%, увеличению живой массы в критические периоды роста (14-28 дней) на 5,0-10,2% (P<0,05-0,001) и снижению затрат корма на 1 кг прироста на 0,6%. По результатам контрольного убоя отмечено увеличение убойного выхода на 0,7%, повышение доли мышечной ткани грудки и бедра при одновременном снижении содержания абдоминального жира. Расчет экономической эффективности для типового птичника (18 х 96 м, начальное поголовье 32 тыс. бройлеров) показал снижение себестоимости мяса на 2,79%, рост прибыли на 12,25% и увеличение рентабельности производства на 4,15%. Общий экономический эффект от использования устройства составил 188,4 тыс. руб. на один птичник за оборот. Применение технологий структурирования воды является перспективным направлением повышения эффективности промышленного птицеводства.*

Ключевые слова: *цыплята-бройлеры, структурированная вода, устройство «Аквадиск-протока», живая масса, сохранность, конверсия корма, мясная продуктивность, экономическая эффективность.*

Для цитирования: *Журавчук, Е.В. Влияние физически обработанной питьевой воды на продуктивность и мясные качества цыплят-бройлеров / Е.В. Журавчук, А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2026. – №5. – С. 23-27.*
doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-5-23-27

Введение. Вода является важнейшим компонентом жизнедеятельности всех живых организмов, определяя биохимические и физиологические процессы. В современных условиях интенсивного птицеводства поиск факторов, способствующих повышению естественной резистентности организма птицы, продуктивности и экономической эффективности, остается актуальной задачей. Одним из таких перспективных направлений является применение питьевой воды с измененной структурой.

Структурированная вода характеризуется упорядоченным состоянием молекул, объединенных в кластеры водородными связями, что приближает ее физико-химические свойства к воде, входящей в состав плазмы крови и внутриклеточной жидкости. Такая вода легче усваивается на клеточном уровне, что теоретически может активизировать метаболические процессы. Природными аналогами структурированной воды считаются талая вода и вода из горных источников. Для применения в промышленных условиях разработаны различные методы искусственного структурирования, включая магнитную обработку, замораживание-оттаивание и вихревую активацию [1-3].

Исследования последних лет демонстрируют положительные эффекты использования структурированной воды в различных отраслях агропромышленного комплекса [4-6]. В птицеводстве, в частности, отмечается ее способность улучшать гематологические показатели, повышать сохранность поголовья, стимулировать рост и развитие молодняка, а также положительно влиять на мясную продуктивность бройлеров [7]. В опытах на цыплятах-бройлерах была подтверждена биологическая активность структурированной воды, которая выражалась снижением падежа и увеличением продуктивности птицы, а также улучшением состояния печени, кишечника и поджелудочной железы [1,8]. Исследования на курах показали, что структурированная вода не влияет на органолептические показатели и содержание питательных веществ в мясе, но повышает его влагоудерживающую способность. Также было выявлено стимулирование развития органов воспроизводства [9,10]. Однако для широкого внедрения технологии необходимы комплексные данные, подтверждающие не только биологическую эффективность, но и экономическую целесообразность ее использования в конкретных производственных условиях.

Целью настоящей работы являлась оценка эффективности применения питьевой воды, физически обработанной в устройстве «Аквадиск-протока», при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Смена 9».

Материал и методика исследований. Работа выполнена на базе отдела технологии ФНЦ «ВНИТИП» и в условиях вивария СГЦ «Загорское ЭПХ». Для проведения опыта было сформировано две группы цыплят-аналогов кросса «Смена 9» суточного возраста по 80 голов в каждой, 1 контрольная и 2 опытная. Условия содержания (напольное, на подстилке) и кормления (полнорационный комбикорм) для обеих групп были идентичными и соответствовали рекомендациям для данного кросса [11].

Ключевым отличием было качество питьевой воды. Контрольная группа получала обычную водопроводную воду. В опытной группе в систему поения перед лини-

Таблица 1. Результаты выращивания цыплят-бройлеров до 35-дневного возраста

Показатель	Группа	
	1(к)	2
Поголовье в начале опыта, гол.	80	80
Поголовье в конце опыта, гол.	76	78
Сохранность поголовья, %	95	97,5
Среднее поголовье, гол.	79,1	79,3
Живая масса (г) в возрасте:		
1 сутки	44,1±0,38	44,3±0,39
7 дней	178±1,90	180±2,12
14 дней	443±7,22	488±6,66***
21 день	904±16,03	991±14,39***
28 дней	1490±26,63	1565±26,50*
35 дней	2038±37,34	2078±39,69
Абсолютный прирост живой массы за 35 дней, г/гол.	1994,0	2034,2
Среднесуточный прирост живой массы (г) за период:		
0-7 дней	19,1	19,4
8-14 дней	37,9	43,9
15-21 день	65,9	71,9
22-28 дней	83,6	82,0
29-35 дней	78,4	73,4
0-35 дней	57,0	58,1
Относительный прирост живой массы (%) за период:		
0-7 дней	120,6	121,2
8-14 дней	85,4	92,0
15-21 день	68,5	68,1
22-28 дней	48,9	44,9
29-35 дней	31,1	28,2
0-35 дня	191,5	191,7
Расход корма за 35 дней:		
на 1 голову в сутки, г	95,2	98,9
на 1 кг прироста живой массы, кг	1,74	1,73
Европейский индекс эффективности выращивания бройлеров (EPEF), ед.	318	335

Примечание: разность по отношению к контрольной группе 1 достоверна при: *P<0,05; *** P<0,001.

ей ниппельных поилок было установлено устройство «Аквадиск-протока», разработанное исследователем Л.Л. Извековым.

Принцип работы устройства следующий: подготавливаемая водопроводная вода через входной патрубок поступает в рабочую камеру устройства «Аквадиск-протока». Далее, через межвитковые зазоры фильтрующе-резонансного элемента и щелевые пространства колбы картриджа, она поступает на активный элемент преобразования структуры воды «Аквадиск». Пересекая магнитные поля внутреннего пассивного источника питания (дисковый магнит до 10 мТл) активного элемента, вода образует вихревые токи. Воздействуя на корпус «Аквадиска», выполненный из керамики с пьезоэффектом планарной моды колебаний и большой диэлектрической проницаемостью, вихревые токи способствуют возникновению электромеханических колебаний со спектром частот заданных параметров. Эти колебания усиливаются согласованной намоткой фильтрующе-резонансного элемента, состоящего из колбы картриджа, микропроволочной намотки и щелевых пространств колбы. Помимо этого, между электродами активного элемента и поверхностями колбы картриджа возникают гальванические токи с напряжением до 1,5 В.

Продолжительность опыта составила 35 дней. В ходе исследований учитывали комплекс показателей: живая масса цыплят; абсолютный, среднесуточный и относительный прирост живой массы; сохранность поголовья; расход и затраты корма на единицу прироста; европейский индекс эффективности выращивания бройлеров (EPEF). После контрольного убоя в 35 дней оценивали качество тушек: массу потрошеных тушек, убойный выход, массу внутренних органов, сортность и мясные качества по методике ВНИТИП (2013).

Экономическую эффективность рассчитывали на модели птичника площадью 1728 м² (18×96 м) с начальным поголовьем 32 тыс. цыплят. Определяли себестоимость продукции, прибыль, рентабельность, российский индекс эффективности производства мяса (ИЭМ) и общий экономический эффект.

Статистическую обработку данных проводили с оценкой достоверности различий между группами при помощи t-критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. Зоотехнические результаты выращивания, представленные в табл. 1, демонстрируют, что применение структурированной воды оказало положительное влияние на сохранность молодняка. В опытной группе данный показатель был на 2,5% выше, чем в контроле. Это согласуется с данными других исследователей, связывающих использование активированной воды с повышением общей резистентности организма птицы.

Таблица 2. Результаты оценки мясной продуктивности цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	1 (к)		2	
	масса, г	% от живой массы	масса, г	% от живой массы
Предубойная живая масса	2022,0 ± 87,7	100	2070,3 ± 103,3	100
Масса тушки	1443 ± 65,3	71,4	1492 ± 69,6	72,1
Выход частей тушки:				
грудка	502,5 ± 34,2	24,85	520,3 ± 20,1	25,13
бедро	231,3 ± 11,8	11,44	243,9 ± 16,0	11,78
голень	196,3 ± 6,9	9,71	186,5 ± 12,4	9,01
крыло	144,8 ± 3,8	7,16	149,3 ± 6,3	7,21
каркас	328,4 ± 13,4	16,24	323,2 ± 15,9	15,61
Выход мышц с частей тушки:				
грудки	410,3 ± 29,8	20,29	421,7 ± 17,8	20,37
бедра	177,5 ± 9,7	8,78	186,3 ± 12,6	9,00
голени	126,0 ± 4,1	6,23	118,0 ± 8,3	5,70
Абдоминальный жир	31,5 ± 3,5	1,56	29,4 ± 4,0	1,42
Мышечный желудок	21,6 ± 1,5	1,07	23,2 ± 2,0	1,12
Печень	47,5 ± 1,8	2,35	49,1 ± 1,1	2,37
Сердце	9,3 ± 0,5	0,46	10,1 ± 0,6	0,49

Таблица 3. Экономическая эффективность использования структурированной воды при выращивании цыплят-бройлеров (в расчете на птичник 18 х 96 м)

Показатель	Группа	
	1(к)	2
1. Начальное поголовье, гол.	32 000	32 000
2. Живая масса суточного цыпленка, г	44,1	44,3
3. Срок выращивания птицы, дней	35	35
4. Сохранность поголовья, %	95,0	97,5
5. Среднее поголовье, гол.	31 612	31 691
6. Живая масса 1 головы в конце выращивания, г	2038	2078
7. Сдано птицы на убой:		
гол.	30 400	31 200
кг	61 955,2	63 467,0
8. Прирост живой массы за период выращивания, г/гол.	1993,9	2033,7
9. Валовой прирост живой массы, всего, кг	60 614,56	63 451,44
10. Среднесуточный прирост живой массы, г	57,0	58,1
11. Убойный выход мяса, %	71,4	72,1
12. Масса потрошенной тушки, г	1455,1	1498,2
13. Валовой выход мяса в убойной массе, кг	44 235,04	46 743,84
14. Выход мяса с 1 м2 площади пола птичника (18х96) за один оборот, кг	25,60	27,05
15. Потребление корма, г/гол./сут.	95,2	98,9
16. Затраты корма, кг:		
всего	105 331,2	109 698,4
на 1 кг прироста живой массы	1,74	1,73
17. Стоимость корма, руб.:		
всего	4 160 582,4	4 333 086,8
1 кг	39,5	39,5
18. Доля кормов в структуре себестоимости мяса в убойной массе, %	65	65,9
19. Общие затраты, руб.	6 400 896,0	6 575 245,5
20. Себестоимость 1 кг мяса в убойной массе, руб.	144,70	140,67
21. Цена реализации 1 кг мяса в убойной массе, руб.	209,5	209,5
22. Выручка от реализации мяса птицы, руб.	9 267 240,88	9 792 834,48
23. Прибыль, руб.	2 866 344,88	3 217 588,98
24. Рентабельность производства, %	44,78	48,93
25. Российский индекс эффективности производства мяса, %	144,78	148,93
26. Экономический эффект, руб.:		
всего	-	188 377,68
на 1 начальную голову	-	5,89

Живая масса цыплят опытной группы была выше, чем в контрольной, во все периоды выращивания. Наиболее выраженные различия наблюдались в критические периоды интенсивного роста. К 14-дневному возрасту цыплята опытной группы достоверно (P<0,001) превосходили сверстников из контроля на 10,2%, к 21 дню – на 9,6% (P<0,001), а к 28 дням различие оставалось статистически значимым (P<0,05) и составляло 5,0%. К концу опыта (35 дней) разница в живой массе составила 40 г, или 2,8% в пользу опытной группы, хотя и не достигла порога статистической значимости.

Среднесуточный прирост живой массы за весь период выращивания в опытной группе был выше на 1,93% (58,1 г против 57,0 г в контроле). Интересно отметить, что в периоды 0-7, 8-14 и 15-21 день среднесуточные приросты опытных цыплят превышали контрольные на 1,6; 15,8 и 9,1% соответственно. Однако начиная с 22-28 дней приросты в опытной группе стали несколько ниже контрольных – на 1,9%, а в финальный период (29-35 дней) – на 6,4%.

Средний расход корма на 1 голову в сутки в опытной группе превысил показатель контроля на 3,9%. При этом затраты корма на единицу прироста живой массы у опытных цыплят оказались ниже на 0,6% (1,73 против 1,74 кг). Интегральный показатель – европейский индекс продуктивности (EPEF) – в опытной группе превзошел контроль на 17 единиц (335 против 318). Это прямое свидетельство повышения общей эффективности выращивания бройлеров при использовании структурированной воды.

Результаты контрольного убоя, представленные в табл. 2, показывают, что применение структурированной воды положительно сказалось на мясных качествах бройлеров. Убойный выход в опытной группе был выше на 0,7% (72,1% против 71,4%). Это увеличение сопровождалось тенденцией к росту выхода наиболее ценных в товарном отношении частей тушки. В частности, выход мякоти грудки увеличился с 20,29 до 20,37% от живой массы, а мякоти бедра – с 8,78 до 9,00%. Одновременно наблюдалось снижение доли каркаса (с 16,24 до 15,61%) и абдоминального жира (с 1,56 до 1,42%), что указывает на улучшение соотношения съедобных и несъедобных частей.

Масса внутренних органов (печень, сердце) также имела тенденцию к увеличению в опытной группе, что может косвенно свидетельствовать об улучшении функционального состояния и более интенсивном развитии физиологических систем организма птицы.

Для оценки практической значимости исследуемой технологии водоподготовки был проведен расчет экономических показателей для типового птичника размером 18 х 96 м (табл. 3). Полученные данные демонстрируют четкие экономические преимущества технологии.

Благодаря более высокой сохранности и живой массе, валовой выход мяса в убойной массе увеличился на 2508,8 кг (с 44,2 до 46,7 т). Выход продукции с единицы площади вырос с 25,60 до 27,05 кг/м^2 или на 5,66%. Несмотря на увеличение общих затрат, связанное с большим объемом произведенной продукции, себестоимость мяса снизилась на 4,03 руб./кг (со 144,70 до 140,67 руб.), или на 2,79%.

В результате прибыль от реализации продукции опытной партии выросла на 351,24 тыс. руб., а уровень рентабельности производства увеличился на 4,15%. Российский индекс эффективности производства мяса повысился с 144,78 до 148,93%. Общий экономический эффект от применения устройства «Аквадиск-протока» в расчете на один птичник за производственный оборот составил 188,38 тыс. руб., или 5,89 руб. на каждую начальную голову.

Выводы. Использование питьевой воды, структурированной с помощью устройства «Аквадиск-протока», при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» оказывает положительное влияние на физиологическое состояние и продуктивность птицы. Технология способствует повышению сохранности поголовья на 2,5% и увеличению живой массы в ключевые периоды роста (14-28 дней жизни) на 5,0-10,2%, что в итоге приводит к улучшению европейского индекса продуктивности на 17 единиц.

Применение данной технологии положительно сказывается на мясных качествах тушек: увеличивается убойный выход на 0,7% и наблюдается тенденция к росту выхода мышечной ткани ценных частей (грудки и бедра) при одновременном снижении доли абдоминального жира.

Внедрение технологии является экономически целесообразным и высокоэффективным. На модели промышленного птичника оно обеспечивает увеличение выхода продукции с единицы площади на 5,66%, снижение себестоимости мяса на 2,79%, рост прибыли на 12,25% и рентабельности производства – на 4,15%.

Литература

1. Серебряков, Р.А. Структурированная вода в технологиях сельского хозяйства / Р.А. Серебряков, А.П. Степанов, А.А. Стехин, Г.В. Яковлева // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Мат. Междунар. науч.-тех. конф., Минск, 21-22 октября 2015 г. - Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2015. - Т. 2. - С. 191-198.
2. Балдаев, С.Н. Влияние омагниченной воды на удой коров / С.Н. Балдаев, Т.М. Тохметов // Сельское, лесное и водное хозяйство. - 2011. - №2. - С. 32-33.
3. Салеева, И.П. Структурированная вода в поении птицы / И.П. Салеева, В.Г. Шоль, В.А. Офицеров [и др.] // Птицеводство. - 2017. - №7. - С. 19-22.
4. Арьков, А.А. О значении воды в питании сельскохозяйственной птицы / А.А. Арьков // Проблемы и перспективы совершенствования производства пищевых продуктов. - Волгоград, 2002. - Т. 1. - С. 5-7.
5. Бахир, В.М. Электрохимическая активация: изобретения, техника, технология / В.М. Бахир. - М. Дельфин, 2014. - 511 с.
6. Стехин, А.А. Структурированная вода: Нелинейные эффекты / А.А. Стехин, Г.В. Яковлева. - М.: Изд-во ЛКИ, 2008. - 320 с.
7. Бурдашкина, В.Н. Эффективность использования «омагниченной» воды при выращивании утят-бройлеров / В.Н. Бурдашкина, В.П. Богун, Д.С. Спирюхова, Н.И. Конахина // Проблемы села сегодня и завтра. - Пенза, 1996. - С. 133-134.
8. Двалишвили, В.Г. Влияние омагниченной воды на рост, развитие и мясную продуктивность цыплят-бройлеров / В.Г. Двалишвили, А.Ф. Цыцаркин, А.В. Кузмичев [и др.] // Современные технологические и селекционные аспекты развития животноводства России: Сб. науч. тр. ВИЖ. - Дубровицы, 2005. - Вып. 63, Т. 2. - С. 91-94.
9. Устименко, Л.И. Влияние омагниченной воды на качество мяса кур / Л.И. Устименко // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственной птицы: сб. науч. тр. Моск. вет. акад. - М., 1987. - С. 69-72.

10. Литовченко, Л.Н. Влияние различных условий содержания на морфологию яичников кур / Л.Н. Литовченко // Возрастная морфология внутренних органов животных. - 1987. - С. 44-45.
11. Ефимов, Д.Н. Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской родительской формой / Д.Н. Ефимов, А.В. Егорова, Ж.В. Емануйлова [и др.]; под общ. ред. В.И. Фисинина. - Сергиев Посад, 2021. - 95 с.

Сведения об авторах:

Журавчук Е.В.: кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лаб. технологии производства мяса птицы; evgeniy_20.02@mail.ru. **Кавтарашвили А.Ш.:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корр. РАН, главный научный сотрудник, зав. лаб. технологии производства яиц; alexk@vnitip.ru.

Статья поступила в редакцию 11.03.2026; одобрена после рецензирования 02.04.2026; принята к публикации 20.04.2026.

Research article

Effects of Physically Activated Drinking Water on the Productive Performance and Meat Yields in Broilers

Evgenia V. Zhuravchuk, Alexey S. Kavtarashvili

Federal Scientific Center “All-Russian Research and Technological Institute of Poultry”

Abstract. *Effects of the preliminary physical activation of drinking water using Aquadisk-Protoka device on the zootechnical and economic effectiveness of rearing of broilers (cross Smena-9) were studied. The trial was performed in conditions of vivarium on 2 treatments of floor-housed broilers (80 birds per treatment) reared to 35 days of age in similar conditions of management and nutrition. It was found that the activation of drinking water resulted in lower mortality at 35 days as compared to control (by 2.5%), significant increases in live bodyweights at the critical phases of growth, 14-28 days of age (by 5.0-10.2%, p<0.05-0.001) and decrease in feed conversion ratio at 35 days by 0.6%. At slaughter the increases in dressing percentage (by 0.7%) and yields of breast and thigh meat and concomitant decrease in the percentage of abdominal fat in the carcasses were found. Recalculation of the results to the scale of a typical poultry house for broilers (18 x 96 m, initial load 32,000 birds) evidenced the decrease in the production cost of broiler meat by 2.79%, increases in total profit by 12.25% and in profitability of production by 4.15%. Total economic effect of the use of the device was 188,400 rubles per poultry house per broiler tour. It was concluded that application of technologies of physical structuring of drinking water is a promising direction for improvement of the efficiency of poultry production.*

Keywords: *broiler chicks, activated water, Aquadisk-Protoka device, live bodyweight, mortality, feed conversion ratio, meat productivity, economic efficiency.*

For Citation: *Zhuravchuk E.V., Kavtarashvili A.S. (2026) Effects of physically activated drinking water on the productive performance and meat yields in broilers. Ptitsevodstvo,* ***75****(5): 23-27. (in Russ.)*
doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-5-23-27

References

1. Serebryakov RA, Stepanov AP, Stekhin AA, Yakovleva GV (2015) Structured water in agriculture technologies. In: *Scientific and Technical Progress in Agriculture: Proc. Intl. Sci. Tech. Conf., Minsk, Oct 21-22, 2015.* **2**: 191-8 (in Russ.). **2.** Baldaev SN, Tokhmetov TM (2011) Influence of magnetized water on milk yields in dairy cows. *Agric. Forest. Watery Prod*., (2): 32-3 (in Russ.). **3.** Saleeva IP, Shol VG, Ofitserov VA, Koroleva NA, Zhuravchuk EV (2017) Structured water for poultry drinkers. *Ptitsevodstvo*, (7): 19-22 (in Russ.). **4.** Arkov AA (2002) On the significance of water in poultry nutrition. In: *Problems and Perspectives of the Advancement of Food Technologies*, Volgograd, **1**: 5-7 (in Russ.). **5.** Bakhir VM (2014) Electrochemical Activation: Inventions, Equipment, Technologies. Moscow, Delfin Publ., 511 pp. (in Russ.). **6.** Stekhin AA, Yakovleva GV (2008) Structured Water: Non-Linear Effects. Moscow, LKI Publ., 320 pp. (in Russ.). **7.** Burdashkina VN, Bogun VP, Spiryukhova DS, Konakhina NI (1996) Effectiveness of “magnetized” water in rearing of broiler ducklings. In: *Problems of Rural Areas Today and Tomorrow*, Penza: 133-4 (in Russ.). **8.** Dvalishvili VG, Tsytsarkin AF, Kuzmichev AV [et al.] (2005) Effects of magnetized water on growth, development, and meat productivity in broiler chicks. In: *Modern Technological and Selectional Aspects of the Development of Animal Production in Russia: Proc. of All-Russ. Inst. of Anim. Prod. Dubrovitsy*, **63**(2): 91-4 (in Russ.). **9.** Ustimenko LI (1987) Influence of magnetized water on the quality of chicken meat. In: *Scientific Basis of the Improvement of productivity in Poutry: Proc. Moscow State Vet. Acad.*: 69-72 (in Russ.). **10.** Litovchenko LN (1987) Influence of different management conditions on the ovarian morphology in chicken. In: *Age and Morphology of Internal Organs in Animals*: 44-5 (in Russ.). **11.** Efimov DN, Egorova AV, Emanuylova ZV [et al.] (2021) Manual on Broiler Cross Smena-9 with Autosexing Maternal Parental Line; Fisinin VI (Ed.). Sergiev Posad, 95 pp. (in Russ.).

Authors:

Zhuravchuk E.V.: Cand. of Agric. Sci., Lead Research Officer, Head of Lab. of Technology of Poultry Meat Production; evgeniy_20.02@mail.ru. **Kavtarashvili A.S.:** Dr. of Agric. Sci., Prof., Corr. Member of RAS, Chief research Officer, Head of Lab. of Technology of Eggs Production; alexk@vnitip.ru.

Submitted 11.03.2026; revised 02.04.2026; accepted 20.04.2026.

© **Журавчук Е.В., Кавтарашвили А.Ш., 2026**