

## ЕНТРОПІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ОЗНАК РОСТУ ТЕЛИЦЬ ПІВДЕННОЇ М'ЯСНОЇ ПОРОДИ

**О. С. Крамаренко**, кандидат сільськогосподарських наук

ORCID ID: 0000-0002-2635-526X

**С. С. Крамаренко**, доктор біологічних наук

ORCID ID: 0000-0001-5658-1244

**Н. І. Кузьмічова**, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-5806-3851

Миколаївський національний аграрний університет

*За допомогою дисперсійного та ентропійно-інформаційного аналізу вивчено вплив генотипових та паратипових факторів на ознаки росту 232 телиць південної м'ясної породи. Результати свідчать про вірогідний вплив генерації та віку телиць на їх живу масу. Крім того, встановлено вірогідну взаємодію між генерацією та віком, а також між генерацією, походженням та віком телиць. Найнижчі оцінки ентропії були відмічені для живої маси при народженні і вони не залежали ані від походження, ані від генерації телиць.*

**Ключові слова:** ентропійно-інформаційний аналіз (EIA), ознаки росту, телиці, м'ясна худоба.

**Постановка проблеми.** Південна м'ясна порода (ПМП) була створена у результаті поєднання генетичного матеріалу таких порід, як червона степова, шортгорн, санта-гертруда, герефорд, шароле та кубинський зебу. Вона – єдина в Україні і на Європейському континенті, яка створена шляхом міжвидової гібридизації. Тварини характеризуються міцною конституцією, успадкованою від зебу, тонкою, щільною шкірою, добре вираженими статями тіла, міцними кінцівками та ратицями [5]. На сьогодні у межах таврійського внутрішньопородного типу цієї породи виділяють два підтипи – низькокровний (з часткою спадковості за зебу менше 37,5%) та висококровний (з часткою спадковості за зебу понад 37,5%).

Використовуючи результати, отримані за допомогою багатомірного АГК (аналіз головних компонент), у роботі [2] було показано, що для м'ясних порід худоби, можна чітко виділити існування двох основних (і частково незалежних) періодів приросту живої маси: перший містить вік від народження і до відлучення, а другий – від відлучення до 24 місяців.

Значну роль у формуванні мінливості живої маси мають різноманітні генотипові [15] та паратипові фактори, такі як, наприклад, сезон

народження [17]. Крім того, було встановлено, що вік першого осіменіння та тривалість тільності негативно корелюють з ознаками росту та розвитку у телиць м'ясних порід, зокрема ангус та герефорд [13]. Детальний огляд різноманітних факторів, що впливають на живу масу при народженні худоби м'ясних порід наведено у роботі [16].

**Аналіз актуальних досліджень та публікацій.** Запровадження у практиці тваринництва інформаційно-статистичних методів підвищує можливість більш детального аналізу рівнів організації біологічних систем, гетерогенності популяцій, зміни їх генетичної структури під впливом селекційного втручання [10].

Найчастіше використовується класичний варіант ентропійно-інформаційного аналізу (EIA), розрахований на аналіз якісних ознак, таких як, наприклад, номінальні ознаки овець [14], частота певних одиничних нуклеотидних поліморфізмів (single nucleotide polymorphism, SNP) у геномі свиней [11, 12] та ін.

Ентропійно-інформаційний аналіз якісних ознак самоорганізованих біосистем уже використовувався у тваринництві раніше. Проте ентропійно-інформаційний аналіз неперервних кількісних ознак та їх часових рядів був неможливий, оскільки не було можливості розрахувати частоти рівномірних станів біосистеми та побудувати криву нормального

типу її розподілу, а максимум ентропії не знаходив свого логічного пояснення. Завдяки використанню модифікації ентропійного аналізу [1] стало можливим застосувати нову методику для ознак росту і розвитку піддослідних тварин.

Рівень ентропії стало можливим визначити у суміжних генераціях стад м'ясної худоби, з урахуванням того, що для порід, типів і ліній сільськогосподарських тварин характерний популяційний рівень організації систем. Це, у свою чергу, дозволило пояснити механізм прогресивного розвитку системи (породи, типу, стада, лінії, родини) з урахуванням її стану, тобто складності, упорядкованості та організованості [9].

Останніми роками було продемонстровано можливість використання ентропійно-інформаційного аналізу для кількісних ознак при вивченні репродуктивних ознак свиней [3, 4], продуктивних ознак молочної худоби [8, 9], живої маси та фізіологічних характеристик курей [7, 10], тощо.

Так, наприклад, у голштинських корів-первісток німецької та української селекції вищим рівнем детермінованості характеризувалися вміст жиру і білка в молоці. Зі зміною поколінь (від матерів до дочок) збільшувався не лише рівень інформативності, а й рівень детермінованості цих ознак. Також було встановлено вірогідний вплив фактору «генерація» на рівень детермінованості вмісту жиру в молоці ( $p = 0,030$ ). Крім того, встановлено вірогідний вплив фактору «походження» (селекція) на ступінь детермінованості тривалості першої лактації та тривалості міжотельного періоду [9].

Ентропійно-інформаційний аналіз використовується для визначання ступеня відхилення фактичного стану системи ознаки від максимально можливого неупорядкованого її стану, що дає змогу їх порівняти. Так, було проведено порівняльну оцінку ступеня вирівняності гнізд свиноматок універсального напрямку продуктивності (велика біла порода) і спеціалізованого м'ясного напрямку (породи дюрк та ландрас), визначення частот, установлення рівня прояву і мінливості цієї ознаки [18].

**Метою** даного дослідження було проведення ентропійно-інформаційного аналізу ознак росту і розвитку телиць південної м'ясної породи та аналіз впливу походження і генерації на рівень мінливості та характер детермінованості їх живої маси у різні вікові періоди.

**Матеріали і методика.** Дослідження проводили в умовах ДПДГ «Асканійське» Каховського району Херсонської області. Матеріалом дослідження були дані живої маси телиць ( $n=232$ ) південної м'ясної породи (ПМП). Для кожної тварини було оцінено живу масу при народженні (BW), при відлученні (WW), однорічному віці (YW), а також у віці 15 (M15), 18 (M18) та 24 (M24) місяці.

Тварини належали до чотирьох ліній: Ідеала 133 ( $n = 36$ ) і Саніла 8 ( $n = 54$ ) висококрівного підтипу, а також Локшера 302 ( $n = 60$ ) і Сигнала 475 ( $n = 82$ ) низькокрівного підтипу. Відповідно до року народження, всіх телиць було поділено на три генерації: Gen1 ( $n = 33$ ) – 1986-1992 року народження, Gen2 ( $n = 72$ ) – 1993-1999 року народження і Gen3 ( $n = 127$ ) – 2000-2006 року народження.

На першому етапі аналізу було оцінено відносний вплив факторів «походження» та «генерація» на особливості росту живої маси телиць у різні вікові періоди з використанням трифакторного дисперсійного аналізу за допомогою пакету статистичних програм STATISTICA [6].

На другому етапі, на підставі оцінок живої маси телиць південної м'ясної породи у різному віці нами було розраховано інформаційно-статистичні параметри, а саме: безумовну ентропію та її похибку ( $H \pm SH$ ), абсолютну (O) і відносну (R) організованість системи ознаки «жива маса» за алгоритмом ентропійно-інформаційного аналізу кількісних ознак, який викладений у роботі [1].

Всі показники було розраховано у розрізі окремих груп, що було виділено на підставі походження телиць та року їх народження. Вплив факторів «походження» і «вік», «генерація» і «вік» на отримані оцінки безумовної ентропії було проаналізовано з використанням алгоритму двофакторного дисперсійного аналізу (без повторів) з використанням модуля «Аналіз даних» табличного редактора MS Excel.

**Виклад основного матеріалу.** Результати трифакторного дисперсійного аналізу свідчать про наявність вірогідного впливу генерації, а також віку на живу масу телиць південної м'ясної породи, у той час як вплив лінійної належності не доведено. Крім того, відмічено (табл. 1) сумісний вплив генерації та віку ( $F_{10}; 1090 = 15,55; p < 0,001$ ), а також генерації, лінійної належності та віку телиць ( $F_{30}; 1090 = 1,94; p = 0,002$ ).

**Результати трифакторного дисперсійного аналізу живої маси телиць південної м'ясної породи залежно від їх генерації, походження та віку**

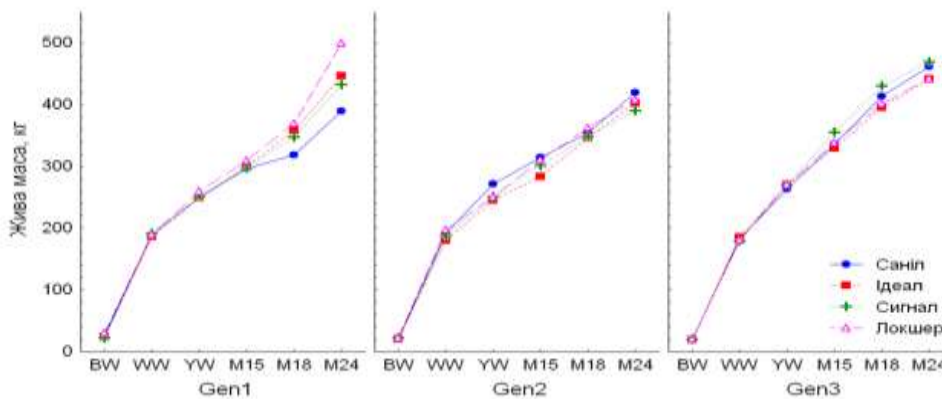
Джерело	SS	df	MS	df <sub>E</sub>	MS <sub>E</sub>	F	p
Генерація (A)	102436,7	2	51218,3	218	3303,9	15,50	<0,001
Лінія (B)	5308,7	3	1769,6	218	3303,9	0,54	0,658
Вік (C)	7590977,5	5	1518195,5	1090	735,2	2064,91	<0,001
AxB	32046,1	6	5341,0	218	3303,9	1,62	0,144
AxC	114358,4	10	11435,8	1090	735,2	15,55	<0,001
BxC	7127,0	15	475,1	1090	735,2	0,65	0,838
AxBxC	42802,7	30	1426,8	1090	735,2	1,94	0,002

Примітка: SS – сума квадратів відхилень; df – число ступенів волі; MS – середній квадрат відхилень; df<sub>E</sub> – число ступенів волі для відповідної похибки; MS<sub>E</sub> – середній квадрат відхилень для відповідної похибки; F – дисперсійне відношення Фішера; p – рівень значущості.

У тварин, які були народжені протягом 1986-1992 років (Gen1), суттєві відмінності живої маси проявляються серед телиць південної м'ясної породи різного походження у віці 18 місяців і стають ще більшими у віці 24 місяці. При цьому, тварини лінії Саніла 8 значно поступалися своїм ровесницям (рис. 1).

Серед тварин 1993-1999 року народження (Gen2), навпаки, тварини лінії Саніла 8 характеризувалися найвищими оцінками живої маси практично у всі вікові періоди. Характерно, що міжлінійні відмінності телиць цієї генерації за живою масою є значно нижчими у порівнянні з тваринами попередньої генерації, й значно нижче середня жива маса у віці 24 місяці.

Для тварин 2000-2006 року народження (Gen3) значно підвищується швидкість росту живої маси, особливо у період від одного року до віку 24 місяці. Також майже відсутні міжлінійні відмінності телиць цієї генерації у відношенні живої маси, що значною мірою проявляють лише серед тварин у віці 18-24 міс. (див. рис. 1). Інформаційно-статистичні параметри, розраховані для ознак росту та розвитку в різні вікові періоди телиць різного походження, свідчать про те, що рівень детермінованості живої маси при народженні був найвищим у тварин незалежно від їх лінійного походження (H = 1,355-1,608 біт).



**Рис. 1. Динаміка живої маси телиць ПМП залежно від їх походження та генерації**

З віком підослідних тварин оцінки безумовної ентропії збільшуються й досягають практично максимально можливого рівня  $H_{max} = 2,322$  біт (табл. 2).

Таким чином, доведено наявність вірогідних відмінностей між отриманими оцінками безумовної ентропії лише у відношенні віку

телиць (F5; 15 = 146,58;  $p < 0,001$ ), але не їх походження (F3; 15 = 0,88;  $p = 0,578$ ). Не було встановлено вірогідних відмінностей у відношенні рівня детермінованості живої маси телиць високо- та низькокровного підтипів у різні вікові періоди.

У розрізі різних генерацій, отримані оцінки інформаційно-статистичних параметрів телиць південної м'ясної породи мають суттєві відмінності для ознаки «жива маса при народженні» (табл. 3).

Встановлено, що у тварин, народжених протягом 1986-1992 рр. (Gen1), оцінка

безумовної ентропії ознаки «жива маса при народженні» є відносно великою ( $H = 2,189$  біт). Серед піддослідних тварин, що належать до груп Gen2 та Gen3, оцінка безумовної ентропії поступово зменшується ( $H = 1,518$  та  $H = 1,130$  біт, відповідно).

Таблиця 2

Результати ЕІА живої маси різновікових телиць ПМП залежно від їх походження, біт

Ознака	Ідеал 133 ( $n = 36$ )			Саніт 8 ( $n = 54$ )		
	$H \pm S_H$	$O$	$R$	$H \pm S_H$	$O$	$R$
BW	1,436 ± 0,143	0,885	0,381	1,355 ± 0,128	0,967	0,416
WW	2,237 ± 0,057	0,085	0,037	2,289 ± 0,030	0,033	0,014
YW	2,213 ± 0,062	0,109	0,047	2,304 ± 0,022	0,017	0,008
M15	2,302 ± 0,027	0,020	0,009	2,206 ± 0,058	0,116	0,050
M18	2,294 ± 0,034	0,028	0,012	2,279 ± 0,034	0,043	0,019
M24	2,298 ± 0,031	0,024	0,010	2,304 ± 0,023	0,018	0,008
Ознака	Локшер 302 ( $n = 60$ )			Сигнал 475 ( $n = 82$ )		
	$H \pm S_H$	$O$	$R$	$H \pm S_H$	$O$	$R$
BW	1,439 ± 0,126	0,883	0,380	1,608 ± 0,106	0,719	0,308
WW	2,284 ± 0,031	0,038	0,016	2,260 ± 0,034	0,062	0,027
YW	2,314 ± 0,014	0,008	0,004	2,316 ± 0,010	0,006	0,003
M15	2,314 ± 0,014	0,008	0,003	2,270 ± 0,031	0,052	0,023
M18	2,276 ± 0,034	0,046	0,020	2,264 ± 0,030	0,058	0,025
M24	2,292 ± 0,027	0,030	0,013	2,254 ± 0,035	0,068	0,029

З віком у піддослідних телиць, які належать до трьох генерацій, оцінка безумовної ентропії збільшується, досягаючи практично максимально можливого рівня ( $H_{Gen1} = 2,240$  та  $H_{Gen2} = 2,286$  біт та  $H_{Gen3} = 2,292$ , відповідно).

Аналогічно, було встановлено наявність вірогідних відмінностей між отриманими

оцінками безумовної ентропії й знову лише у відношенні віку телиць ( $F5; 10 = 3,89; p = 0,032$ ), у той час як фактор «генерація» не впливав на рівень детермінованості ростових ознак ( $F2; 10 = 0,42; p = 0,669$ ).

Таблиця 3

Результати ЕІА живої маси різновікових телиць ПМП залежно від генерації, біт

Ознака	Gen1 ( $n = 33$ )			Gen2 ( $n = 72$ )			Gen3 ( $n = 127$ )		
	$H \pm S_H$	$O$	$R$	$H \pm S_H$	$O$	$R$	$H \pm S_H$	$O$	$R$
BW	2,189 ± 0,065	0,133	0,057	1,518 ± 0,109	0,804	0,346	1,130 ± 0,076	1,192	0,514
WW	2,098 ± 0,076	0,223	0,096	2,295 ± 0,024	0,027	0,011	2,298 ± 0,016	0,024	0,010
YW	2,207 ± 0,067	0,115	0,049	2,291 ± 0,025	0,031	0,013	2,307 ± 0,013	0,015	0,007
M15	2,291 ± 0,036	0,031	0,013	3,310 ± 0,015	0,012	0,005	2,309 ± 0,011	0,013	0,006
M18	2,304 ± 0,027	0,018	0,008	2,308 ± 0,017	0,014	0,006	2,244 ± 0,025	0,077	0,033
M24	2,240 ± 0,057	0,081	0,035	2,286 ± 0,027	0,036	0,016	2,292 ± 0,017	0,030	0,013

У процесі селекційної роботи, спрямованої на виведення південної м'ясної породи, виділено три етапи: I етап (1956-1985рр.) – створення двота трипородних помісей поглинальним та перемінним схрещуванням; II етап (1986-2003рр.) – розведення тварин бажаних генотипів «у собі»; III етап (2004-2008 рр.) – консолідація

важливих господарсько цінних ознак. Третій етап був завершений апробацією нової породи [5].

Підтвердженням визначених етапів у створенні південної м'ясної породи є параметри ентропійно-інформаційного аналізу. Так, результати селекційної роботи протягом II і III етапів, в першу чергу, мали прояв у різкому

зростанні рівня детермінованості живої маси телиць південної м'ясної породи при народженні (рис.2). Разом з тим, збільшується роль випадкової компоненти у відношенні живої маси при відлученні та у річному віці серед

піддослідних тварин 1993-1999 та 2000-2006 років народження у порівнянні з телицями південної м'ясної породи, які були народжені у 1986-1992 роках.

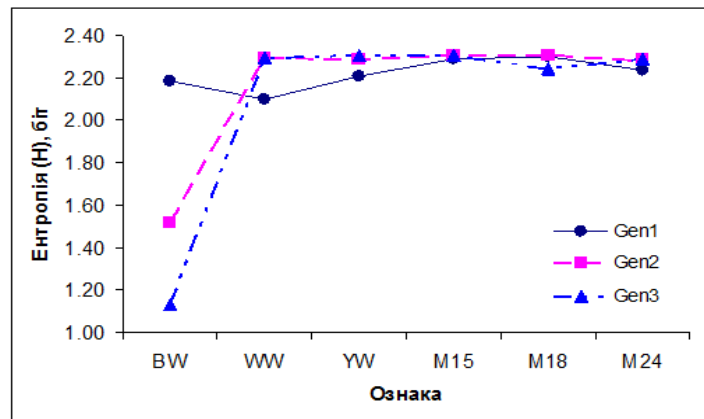


Рис. 2. Оцінки ентропії живої маси телиць ПМП залежно від їх віку та генерації

### Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Встановлено вірогідний вплив генерації та віку на живу масу телиць південної м'ясної породи. Крім того, відмічено сумісний вплив генерації та віку, а також генерації, лінійної належності та віку телиць на їх живу масу.

2. Доведено наявність вірогідних відмінностей між отриманими оцінками безумовної ентропії лише у відношенні віку телиць. Наявність вірогідних відмінностей між отриманими оцінками безумовної ентропії у відношенні їх походження та генерації встановлено не було.

3. Найнижчі оцінки ентропії встановлено для живої маси при народженні, та вони не залежали як від походження, так від генерації телиць. Це є наслідком майже 20-річного періоду успішної

селекційної роботи з південною м'ясною породою.

Використання багатофакторного дисперсійного, а також ентропійно-інформаційного аналізу надає змогу оцінити результати ведення племінної роботи з худобою південної м'ясної породи у майбутньому.

У подальших дослідженнях, на наш погляд, доцільно використовувати отримані закономірності для можливого оптимального відбору і підбору особин та груп за показниками організованості системи і моделювання селекційних процесів у популяціях м'ясної худоби.

**Подяки.** Робота виконана за фінансової підтримки гранту Міністерства освіти та науки України (номер державної реєстрації 0117U000485).

### Список використаних джерел:

1. Крамаренко С. С. Особенности использования энтропийно-информационного анализа для количественных признаков биологических объектов. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2005. Т. 7. № 1. С. 242-247.
2. Крамаренко А. С., Кузьмичева Н. И., Крамаренко С. С. Анализ главных компонент ростовых признаков южной мясной породы скота. *Stiinta agricola*. 2018. № 1. С. 126-131.
3. Крамаренко С. С., Луговой С. И. Использование энтропийно-информационного анализа для оценки воспроизводительных качеств свиноматок. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. Т. 9, № 107. С. 58-62.
4. Лихач В. Я., Крамаренко С. С., Шебанін П. О. Використання ентропійно-інформаційного аналізу для оцінки відтворювальних якостей помісних свиноматок. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 1 (82). С. 187-194.
5. М'ясне скотарство в степовій зоні України / [Ю. В. Вдовиченко, В. І. Вороненко, В. О. Найдьонова та ін.]. Нова Каховка: ПИЕЛ, 2012. 307 с.
6. Халафян А. А. STATISTICA 6: Статистический анализ данных. Москва, 2007. 512 с.
7. Патрева Л. С., Крамаренко С. С. Энтропийный анализ кількісних ознак для селекційної оцінки батьківського стада м'ясних курей. *Розведення і генетика тварин*. 2007. Вип. 41. С. 149-154.

8. Підпала Т. В., Крамаренко О. С., Зайцев Є. М. Використання ентропійного аналізу для оцінки розвитку ознак молочної худоби голштинської породи. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2018. Т. 20, № 84. С. 3-8.
9. Підпала Т. В. Застосування ентропійного аналізу для оцінки селекційних ознак молочної худоби / Т. В. Підпала, С. С. Крамаренко, С. О. Бондар // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво. – 2016. – Вип. 7. – С. 89-93.
10. Хвостик В. П. Ентропійний аналіз якісних показників яєць гусей створюваної диморфної популяції / В. П. Хвостик // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. – 2011. – Т. 13. – № 4(50). – С. 324-327.
11. Detection of SNP effects on feed conversion ratio in pigs based on entropy approach / [A. Borowska, H. Reyer, K. Wimmers et al.] // *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. – 2016. – V. 19(3). – P. 103-105.
12. Detection of pig genome regions determining production traits using an information theory approach / [A. Borowska, H. Reyer, K. Wimmers et al.] // *Livestock Science*. – 2017. – V. 205. – P. 31-35.
13. Bourdon R. M. Genetic, environmental and phenotypic relationships among gestation length, birth weight, growth traits and age at first calving in beef cattle / R. M. Bourdon, J. S. Brinks // *Journal of Animal Science*. – 1982. - V. 55(3). – P. 543-553.
14. Use of entropy in the analysis of nominal traits in sheep / [A. Dobek, R. Steppa, K. Molinski et al.] // *Journal of applied genetics*. – 2013. – V. 54(1). – P. 97-102.
15. Gregory K. E. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for growth traits in both sexes of beef cattle / K. E. Gregory, L. V. Cundiff, R. M. Koch // *Journal of animal science*. – 1991. – V. 69(8). – P. 3202-3212.
16. Holland M. D. Factors affecting calf birth weight: a review / M. D. Holland, K. G. Odde // *Theriogenology*. – 1992. – V. 38(5). – P. 769-798.
17. Análise de componentes principais para características de crescimento em bovinos de corte / [C. A. D. Souza Dantas Muniz, S. A. D. Queiroz, A. D. S. Mascioli et al.] // *Semina: Ciências Agrárias*. – 2014. – V. 35(3). – P. 1569-1576.
18. Пелих В. Г. Ентропійний аналіз гетерогенності свиноматок різних напрямів продуктивності за показником вирівняності гнізд під час народження / В. Г. Пелих, І. В. Чернишов // Вісник аграрної науки. – 2014. – №. 2. – С. 36-37.

### **А. С. Крамаренко, С. С. Крамаренко, Н. И. Кузьмичева. Энтропийно-информационный анализ ростовых признаков телок южной мясной породы**

*С помощью дисперсионного и энтропийно-информационного анализа было изучено влияние генотипических и паратипических факторов на признаки роста 232 телок южной мясной породы. Результаты свидетельствуют о достоверном влиянии генерации и возраста телок на их живую массу. Кроме того, установлено достоверное взаимодействие между генерацией и возрастом, а также между генерацией, происхождением и возрастом телок. Самые низкие оценки энтропии были отмечены для живой массой при рождении и они не зависели ни от происхождения, ни от генерации телок.*

**Ключевые слова:** энтропийно-информационный анализ (ЕИА), признаки роста, телки, мясной скот

### **A. Kramarenko, S. Kramarenko, N. Kuzmichova. Entropy and information analysis of the growth traits in the Southern Meat cattle breed heifers**

*The relationships among growth traits in different ages of 232 heifers Southern Meat Cattle breed and genotype and environmental factors were studied using a multifactorial ANOVA, and additionally with a entropy and information analysis. A repeated measures ANOVA revealed significant main effects for generation and age of heifers. Additionally, there was a significant interaction between generation and age of heifers and between generation, origin and age of heifers. The lowest entropy values were associated with BW, which did not depend on heifer's origin and generation.*

**Keywords:** entropy and information analysis (EIA), growth traits, heifers, beef cattle.