

DOI: 10.5281/zenodo.3625519

УДК: 63:551.58.001.573(478) + 664.84/.85.037 + 637.133.1

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗОН ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВОК ИСКУССТВЕННОГО И ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА И ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИДНЕСТРОВИЯ

*Алла КИРСАНОВА, Онорин ВОЛКОНОВИЧ
Государственный Аграрный Университет Молдовы*

Abstract. This article presents the results of a study on proof using the methods of mathematical statistics and mathematical modeling of the validity/groundlessness of the current division of Transnistria into agro-climatic zones. The article sets out in detail the results of applying statistical and mathematical modeling methods to solve the problem. It is proved that the current division of Transnistria into agro-climatic zones is not confirmed by the available statistical data on average daily temperatures over a five-year period 01.01.2014-31.12.2018. The expediency of dividing Transnistria into two agro-climatic zones is mathematically substantiated: northern and southern.

Key words: Agroclimatic zones; Air temperature; Statistical methods; Mathematical modeling; Statistical indistinguishability.

Реферат. В данной статье приводятся результаты исследования по доказательству с помощью методов математической статистики и математического моделирования обоснованности/необоснованности существующего в настоящее время деления Приднестровья на агроклиматические зоны. В статье подробно изложены результаты применения методов статистического, математического моделирования для решения поставленной задачи. Доказано, что существующее в настоящее время деление Приднестровья на агроклиматические зоны не подтверждается имеющимися статистическими данными среднесуточных температур за пятилетний период 01.01.2014-31.12.2018 гг. Математически обоснована целесообразность деления Приднестровья на две агроклиматические зоны: северная и южная.

Ключевые слова: Агроклиматические зоны; Температура воздуха; Статистические методы; Математическое моделирование; Статистическая неразличимость.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно разрабатываются прогрессивные технологии хранения фруктов и овощей (Волконович, Л. 2019). Выбор технологии хранения – задача многоплановая, поскольку необходимо учесть множество аспектов, параметров и ресурсов, в том числе финансовых (Сырги, К. 2002).

Если брать во внимание доступность, эффективность, долговечность и долгосрочную эксплуатационную готовность, то использование установок природного (естественного) холода для Приднестровья является наиболее рациональным выбором.

Расчет продолжительности использования установок естественного холода (аккумуляторов с водой) для хранения фруктов и овощей на территории Приднестровья, а также расчет продолжительности намораживания льда в льдохранилище, естественно, связаны с исследованием данных систематических метеонаблюдений для периодов, когда наружные среднесуточные температуры находятся в интервале температур, установленных для хранения фруктов и овощей. То есть естественной является задача исследования таких метеоусловий Приднестровья как температура, скорость ветра и т.д.

Однако расчеты продолжительности использования установок естественного холода для хранения фруктов и овощей и расчеты продолжительности намораживания льда в льдохранилище, произведенные для одного района Приднестровья, могут быть недостоверными для другого района. Поэтому необходимо учитывать агроклиматическое деление территории Приднестровья на отдельные зоны.

В настоящее время общепринятым является деление территории Приднестровья на три агроклиматические зоны: северная (Каменский и Рыбницкий районы), центральная (Дубоссарский и Григориопольский районы) и южная (г. Тирасполь, г. Бендеры и Слободзейский район).

Однако в литературе не найдено информации по обоснованию такого территориального деления по агроклиматическому признаку, поэтому цель настоящего исследования состоит в том,

чтобы доказать с помощью методов математической статистики и математического моделирования обоснованность/необоснованность этого деления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Задачи исследования решаются с помощью методов обработки исходных данных на основе существующих методик и методов математической статистики и математического моделирования (Долгов, Ю. 2011; Долгов, Ю. 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Исследование проводится на основе данных систематических метеонаблюдений. Исходные данные настоящего исследования – среднесуточные температуры, полученные на метеостанциях, установленных в городах Каменка, Рыбница, Тирасполь и Дубоссары за пятилетний период 01.01.2014–31.12.2018 гг. В Григориопольском и Слободзейском районах нет метеостанций, регистрирующих среднесуточную температуру, имеются только пункты, на которых измеряется ограниченный набор метеоданных, например по температуре – это максимальная и минимальная температура за сутки, поэтому данных о среднесуточных значениях температур по этим районам Приднестровья не имеется.

Среднесуточные температуры рассчитываются по восьмисрочным наблюдениям за зарегистрированными температурами в течение суток на метеостанциях, установленных в указанных районах Приднестровья. Значения среднесуточных температур получены в Гидрометцентре Приднестровья.

Исследована статистическая неразличимость средних арифметических значений среднесуточных температур для каждого из 12 месяцев в отдельности и для каждого года в целом по пятилетнему периоду 01.01.2014 – 31.12.2018 гг. для городов: Каменка и Рыбница; Каменка и Дубоссары; Рыбница и Дубоссары; Дубоссары и Тирасполь.

Применены статистические критерии:

1) критерий Стьюдента:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{S^2}} \cdot \sqrt{\frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2}} \quad (1)$$

где N_1 и N_2 – объемы выборок, \bar{X}_1 и \bar{X}_2 – средние арифметические выборок, S_1^2 и S_2^2 – эмпирические дисперсии, S^2 – средневзвешенная дисперсия с числом степеней свободы $\nu = N_1 + N_2 - 2$, рассчитываемая по формуле:

$$S^2 = \frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)} \quad (2)$$

2) критерий Тьюки:

$$T \cdot S = Q(q; k; \nu) \cdot \sqrt{\frac{S^2}{N}}, \quad (3)$$

где $Q(q; k; \nu)$ – стьюдентизированный размах (табличное значение),

S^2 – средняя выборочная дисперсия с числом степеней свободы $\nu = k(N - 1)$:

$$S^2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k S_j^2 \quad (4)$$

3) критерий Крамера-Уэлча:

$$T = \frac{\sqrt{N_1 N_2} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}}, \quad (5)$$

где N_1 и N_2 – объемы выборок, \bar{X}_1 и \bar{X}_2 – средние арифметические выборок, S_1^2 и S_2^2 – эмпирические дисперсии.

Критические значения для критерия Крамера-Уэлча зависят только от уровня значимости α . При $T_{\text{эмп}} < \Phi(1-\alpha/2)$ гипотеза принимается. Если $\alpha = 0,05$, то $\Phi(1-\alpha/2) = 1,96$. То есть, если $T_{\text{эмп}} < 1,96$, то характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0,05.

Наиболее достоверными считаем результаты, полученные по критерию Крамера-Уэлча, так как данный критерий, являясь непараметрическим, не требует подчинения выборки какому-либо закону распределения, а также не требует равенства (неразличимости) дисперсий.

Таблицы, содержащие данные, необходимые для проверки гипотезы о статистической неразличимости средних арифметических значений среднесуточных температур по г. Каменка и г. Рыбница, а также результаты расчетов приведены ниже. В таблицах обозначены: \bar{O} – среднее арифметическое значение выборки температур, S_j^2 – эмпирическая дисперсия, S^2 – средневзвешенная дисперсия.

Таблица 1. Средние арифметические значения среднесуточных температур и дисперсий по г. Каменка и г. Рыбница

район	параметр	год	месяц												год
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Каменка	\bar{O}	2014	-2,50	-1,15	7,29	10,98	16,62	18,58	21,82	21,83	16,87	8,48	3,38	-0,71	10,19
		2015	-0,39	-0,05	5,05	10,01	17,04	21,22	23,18	24,12	19,46	9,07	5,64	1,76	11,41
		2016	-3,96	3,89	5,77	13,44	15,35	20,58	22,02	21,21	17,54	7,20	2,83	-1,12	10,40
		2017	-4,96	-1,86	7,49	10,27	15,72	20,73	21,69	22,77	17,53	10,01	4,67	2,67	10,63
		2018	-1,74	-2,20	-0,10	14,76	18,65	20,71	21,31	23,10	16,96	11,70	1,63	-1,34	10,35
	S_j^2	2014	44,07	31,67	9,60	17,26	13,07	7,28	4,07	13,11	18,13	32,26	20,35	22,39	18,79
		2015	24,62	14,81	5,18	23,95	9,73	4,89	13,86	9,76	22,00	15,17	16,04	14,27	14,06
		2016	29,67	8,45	8,63	10,76	6,49	17,69	7,85	7,92	21,61	17,79	12,37	14,07	13,20
		2017	19,24	26,36	6,50	14,88	10,30	6,88	7,56	21,11	16,86	12,49	11,43	9,34	13,08
		2018	24,60	20,58	37,52	9,37	6,52	6,26	4,11	1,76	20,64	7,82	30,94	7,31	14,27
Рыбница	\bar{O}	2014	-2,28	-1,61	7,52	10,76	16,16	18,66	22,05	22,17	16,84	8,13	3,25	-0,53	10,16
		2015	-0,23	0,22	4,93	9,97	16,98	21,02	23,52	23,57	19,58	9,02	5,90	1,91	11,43
		2016	-4,04	3,84	5,83	13,13	15,38	20,97	22,40	21,55	17,35	7,32	3,04	-0,83	10,50
		2017	-4,92	-1,30	7,45	10,13	15,89	21,25	21,81	22,56	17,80	9,92	4,82	3,01	10,77
		2018	-1,85	-1,91	0,12	14,60	18,73	21,08	21,70	23,28	16,95	11,41	1,39	-0,96	10,44
	S_j^2	2014	45,54	37,43	8,20	14,79	13,04	7,03	2,67	12,61	17,07	26,76	18,23	22,21	18,13
		2015	25,40	13,98	4,69	21,67	7,22	3,92	11,30	8,32	20,55	15,62	16,95	14,62	13,25
		2016	31,49	7,98	8,22	10,65	5,71	16,83	6,91	7,55	16,56	18,44	12,29	16,63	12,89
		2017	19,20	25,03	7,02	12,34	8,52	5,79	5,86	16,84	16,69	10,76	12,56	9,43	12,03
		2018	25,92	18,03	36,58	8,48	5,54	6,73	3,99	2,10	19,48	5,59	24,62	8,10	13,30
S^2	2014	44,8064	34,5479	8,9015	16,0259	13,0536	7,1569	3,3685	12,8614	17,6002	29,5090	19,2937	22,2991	18,4588	
	Каменка-Рыбница	25,0099	14,3943	4,9357	22,8075	8,4770	4,4023	12,5783	9,0369	21,2749	15,3947	16,4954	14,4458	13,6522	
	2015	30,5791	8,2121	8,4261	10,7027	6,0987	17,2617	7,3760	7,7355	19,0860	18,1189	12,3285	15,3529	13,0481	
	2016	19,2161	25,6949	6,7611	13,6081	9,4139	6,3345	6,7088	18,9757	16,7737	11,6267	11,9983	9,3864	12,5526	
	2017	25,2588	19,3014	37,0516	8,9283	6,0324	6,4946	4,0486	1,9328	20,0597	6,7049	27,7801	7,7041	13,7850	

Выводы, сделанные на основе таблиц 1 и 2:

1) для всех рассчитанных значений критерия Стьюдента $t < t_{\text{табл}}$ в таблице 1, значит гипотеза о неразличимости средних арифметических значений среднесуточных температур за каждый месяц и за каждый год исследуемого периода по Каменке и Рыбнице подтверждается;

2) сопоставление найденных доверительных интервалов (метод Тьюки) в таблице 2 с данными таблицы 1 позволяет заключить, что средние арифметические значения среднесуточных температур за каждый месяц и за каждый год исследуемого периода по Каменке и Рыбнице статистически неразличимы;

3) все рассчитанные значения критерия Крамера-Уэлча T за каждый месяц и год меньше критического $T_{\text{кр}} = 1,96$, что подтверждает статистическую неразличимость средних арифметических значений среднесуточных температур по Каменке и Рыбнице.

Установлено, что в каждом из пяти лет исследованного периода средние арифметические значения среднесуточных температур по г. Каменка и г. Рыбница являются статистически неразличимыми. Таким образом, статистически доказана обоснованность объединения Каменского и Рыбницкого района в одну агроклиматическую северную зону Приднестровья. Поэтому в дальнейших расчетах в рамках исследования можно использовать данные о среднесуточных температурах г. Каменки, делая выводы для всей северной зоны Приднестровья (Каменский и Рыбницкий районы).

Ниже приведены результаты аналогичных расчетов для проверки гипотезы о неразличимости средних арифметических значений среднесуточных температур по городам Каменка и Рыбница – северная зона, Дубоссары – центральная зона и Тирасполь – южная зона. Аналогичные таблицы составлены для указанных выше пар городов, выполнены расчеты, на основе которых сделаны следующие выводы:

1) для всех рассчитанных значений критерия Стьюдента $t > t_{\text{табл}}$ в таблицах 5 и 6, значит гипотеза о неразличимости средних арифметических среднесуточных температур за каждый год исследуемого периода по Каменскому и Дубоссарскому району не подтверждается; равно как и по Рыбницкому и Дубоссарскому району;

Таблица 2. Статистические критерии по г. Каменка и г. Рыбница

Критерий	год	месяц												год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Табличное значение критерия		2,0003	2,0049	2,0003	2,0017	2,0003	2,0017	2,0003	2,0003	2,0017	2,0003	2,0017	2,0003	1,9632
критерий Стьюдента	2014	0,1271	0,2978	0,2980	0,2161	0,4991	0,1206	0,4913	0,3789	0,0277	0,2525	0,1176	0,1452	0,0887
	2015	0,1270	0,2677	0,2172	0,0351	0,0785	0,3569	0,3760	0,7182	0,0952	0,0453	0,2448	0,1537	0,0771
	2016	0,0551	0,0641	0,0788	0,3670	0,0566	0,3667	0,5565	0,4840	0,1714	0,1044	0,2390	0,2885	0,3806
	2017	0,0348	0,4165	0,0635	0,1435	0,2194	0,8002	0,1912	0,1866	0,2585	0,1043	0,1752	0,4435	0,5307
	2018	0,0910	0,2433	0,1440	0,2074	0,1241	0,5522	0,7574	0,5116	0,0086	0,4365	0,1739	0,5308	0,3260
Доверительный интервал критерия Тьюки	2014	3,4011	3,1521	1,5159	2,0698	1,8358	1,3832	0,9325	1,8222	2,1691	2,7601	2,2710	2,3994	0,6234
	2015	2,5410	2,0346	1,1288	2,4692	1,4794	1,0848	1,8020	1,5274	2,3848	1,9936	2,0999	1,9312	0,5361
	2016	2,8097	1,5101	1,4749	1,6915	1,2548	2,1481	1,3799	1,4132	2,2588	2,1628	1,8154	1,9909	0,5234
	2017	2,2273	2,7184	1,3212	1,9073	1,5590	1,3013	1,3161	2,2134	2,1175	1,7325	1,7909	1,5567	0,5141
	2018	2,5536	2,3560	3,0928	1,5449	1,2479	1,3176	1,0224	0,7064	2,3157	1,3157	2,7251	1,4103	0,5387
критерий Крамера-Уэлча	2014	0,1271	0,2978	0,2980	0,2161	0,4991	0,1206	0,4913	0,3789	0,0277	0,2525	0,1176	0,1452	0,0887
	2015	0,1270	0,2677	0,2172	0,0351	0,0785	0,3569	0,3760	0,7182	0,0952	0,0453	0,2448	0,1537	0,0771
	2016	0,0551	0,0641	0,0788	0,3670	0,0566	0,3667	0,5565	0,4840	0,1714	0,1044	0,2390	0,2885	0,3806
	2017	0,0348	0,4165	0,0635	0,1435	0,2194	0,8002	0,1912	0,1866	0,2585	0,1043	0,1752	0,4435	0,5307
	2018	0,0910	0,2433	0,1440	0,2074	0,1241	0,5522	0,7574	0,5116	0,0086	0,4365	0,1739	0,5308	0,3260

2) сопоставление найденных доверительных интервалов (метод Тьюки) таблиц 5 и 6 с данными таблиц 1 и 3 позволяет заключить, что гипотеза о неразличимости средних арифметических значений среднесуточных температур за каждый год исследуемого периода по Каменскому и Дубоссарскому району не подтверждается; равно как по Рыбницкому и Дубоссарскому району;

3) все рассчитанные значения критерия Крамера-Уэлча T в таблицах 5 и 6 за каждый год больше критического $T_{кр} = 1,96$, что опровергает гипотезу о статистической неразличимости средних арифметических значений среднесуточных температур по Каменскому и Дубоссарскому району, а также по Рыбницкому и Дубоссарскому району;

4) для всего исследуемого периода, кроме 2015 года, рассчитанные значения критерия Стьюдента $t < t_{табл}$ (табл. 7), значит гипотеза о неразличимости средних арифметических среднесуточных температур за каждый год исследуемого периода по г. Тирасполь и г. Дубоссары подтверждается;

5) сопоставление найденных доверительных интервалов (метод Тьюки) таблицы 7 с данными таблицы 3 позволяет заключить, что гипотеза о неразличимости средних арифметических значений среднесуточных температур за каждый год исследуемого периода по г. Тирасполь и г. Дубоссары подтверждается;

6) все рассчитанные значения критерия Крамера-Уэлча T в таблице 7 за каждый год меньше критического $T_{кр} = 1,96$, что подтверждает гипотезу о статистической неразличимости средних арифметических значений среднесуточных температур по г. Тирасполь и г. Дубоссары.

Полученные выводы подтверждаются графиками зависимости среднего арифметического значения среднесуточных температур за каждый год в течение пятилетнего периода 01.01.2014-31.12.2018 гг. (табл. 3, рис. 2).

На основании таблицы 3, построены графики зависимости среднего арифметического значения среднесуточных температур за год в течение указанного периода. Графики подтверждают результаты, полученные при проверке гипотез о статистической неразличимости среднего арифметического значения среднесуточных температур пар городов: Каменка-Рыбница – значение неразлично, Дубоссары-Тирасполь – неразлично, Каменка-Дубоссары - различимо, Рыбница-Дубоссары - различимо.

Таблица 3. Среднее арифметическое значение среднесуточных температур за год в течение пятилетнего периода 01.01.2014-31.12.2018 гг.

	2014	2015	2016	2017	2018	5 лет
Каменка	10,19	11,41	10,40	10,63	10,35	10,60
Рыбница	10,16	11,43	10,50	10,77	10,44	10,66
Дубоссары	11,30	12,29	11,56	11,61	11,44	11,64
Тирасполь	11,07	11,71	11,20	11,34	11,28	11,32

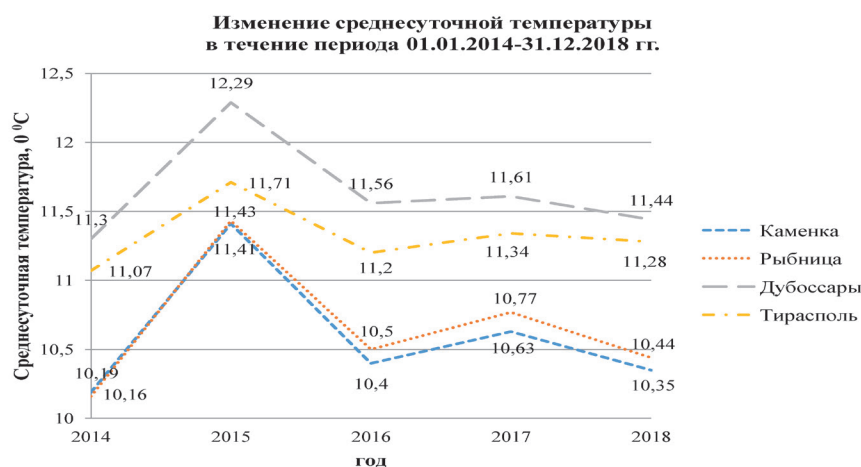


Рисунок 1. Графики зависимости среднего арифметического значения среднесуточных температур за год в течение пятилетнего периода 01.01.2014-31.12.2018 гг.

На основании проведенного исследования можно утверждать, что:

1. В каждом из пяти лет исследованного периода 01.01.2014-31.12.2018 г. средние арифметические значения среднесуточных значений температур по Каменскому и Дубоссарскому районам являются статистически различимыми.

2. В каждом из пяти лет исследованного периода средние арифметические значения среднесуточных значений температур по Рыбницкому и Дубоссарскому районам являются статистически различимыми.

3. В каждом из пяти лет (за исключением 2015 г.) исследованного периода средние арифметические значения среднесуточных значений температур по г. Тирасполь и Дубоссары являются статистически неразличимыми.

В завершении были проанализированы географические координаты городов Приднестровья (табл. 4).

Таблица 4. Географические координаты городов Приднестровья

город	широта			долгота		
	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды
Каменка	48	01	55	28	41	52
Рыбница	47	45	59	29	00	04
Дубоссары	47	16	00	29	09	23
Григориополь	47	9	13	29	17	47
Тирасполь	46	50	25	29	38	36
Бендеры	46	49	50	29	28	16
Слободзея	46	43	31	29	42	28

Найдено расстояние между параллелями, на которых располагаются города (табл. 5). В таблице в указанных парах городов на первом месте стоит название города, находящегося севернее.

Таблица 5. Угловые и линейные расстояния между городами Приднестровья (по параллелям)

города	Расстояние в угловых единицах	Расстояние в километрах
Каменка-Рыбница	0°15'56"	29,5 км
Рыбница-Дубоссары	0°29'59"	55,6 км
Дубоссары-Григориополь	0°06'47"	12,6 км
Григориополь-Тирасполь	0°18'48"	34,8 км
Тирасполь-Бендеры	0°00'35"	1,1 км
Тирасполь-Слободзея	0°06'54"	12,8 км
Дубоссары-Тирасполь	0°25'35"	47,4 км

При анализе данных таблицы 5, получено подтверждение найденного деления Приднестровья на две зоны.

ВЫВОДЫ

Статистически доказана обоснованность выделения Каменского и Рыбницкого района в одну агроклиматическую северную зону Приднестровья, а Дубоссарского и Григориопольского района – в другую.

Статистически не подтверждена обоснованность выделения Дубоссарского и Григориопольского района – в центральную агроклиматическую зону Приднестровья, а Тирасполя – в южную.

Таким образом, в дальнейших расчетах в рамках исследования по расчету параметров продолжительности использования установок естественного холода (аккумуляторов с водой) для хранения фруктов и овощей на территории Приднестровья, а также при расчетах продолжительности намораживания льда в льдохранилище, необходимо использовать данные о среднесуточных температурах двух регионов Приднестровья. Первый – северная зона, второй – центральная и южная, делая выводы для каждого региона Приднестровья самостоятельно. Значит, в дальнейшем исследовании будем использовать две

выборки среднесуточных температур – по г. Каменка и г. Тирасполь, считая в последствии результаты, полученные для г. Каменка справедливыми для г. Рыбница, а результаты, полученные для г. Тирасполь, справедливыми для г. Бендеры и для Дубоссарского, Григориопольского и Слободзейского районов.

В качестве продолжения исследования планируется выполнение аналогичной работы для различных районов Приднестровья по проверки гипотезы о статистической неразличимости среднесуточного значения скорости ветра за этот же пятилетний период.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДОЛГОВ, Ю. (2011). Статистическое моделирование. Тирасполь. 352 с. ISBN 9975-9630-1-3.
2. ДОЛГОВ, Ю. (2015). Случайные числа. Тирасполь. 692 с. ISBN 978-9975-3010-2-2.
3. ВОЛКОНОВИЧ, Л., ЧЕРНЕЙ, М., ВОЛКОНОВИЧ, А. и др. (2019). Применение холода для охлаждения молока и хранения плодоовощной продукции. Кишинев. 228 с. ISBN 978-9975-56-625-4.
4. СЫРГИ, К. (2002). Энергосберегающие, экологические системы естественного холода для хранения пищевых продуктов. Кишинев. 334 с. ISBN 9975-62-078-7.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

КИРСАНОВА АЛА*

кандидат педагогических наук, Государственный Аграрный Университет Молдовы
E-mail: avki@mail.ru

ВОЛКОНОВИЧ ОНОРИН

докторант, Государственный Аграрный Университет Молдовы
E-mail: onorin.volconovici@gmail.com

**Corresponding author: avki@mail.ru*

Received: 2 October 2019

Accepted: 6 November 2019