

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.854.78:631.527.5

DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-40-43

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Е. С. Лепешко¹, аналитик лаборатории создания исходного материала, ORCID ID: 0000-0001-6558-7939;
Л. М. Костылева², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии
и селекции сельскохозяйственных культур, ORCID ID: 0000-0003-3078-2296;
Т. В. Усатенко¹, старший научный сотрудник, зав. лабораторией селекции и иммунитета подсолнечника,
ORCID ID: 0000-0003-2757-7646

¹Донская опытная станция им. Л. А. Жданова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК,
346754, Ростовская обл., Азовский р-н, пос. Опорный, ул. Жданова, 2; e-mail: gnudos@mail.ru;

²Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»,
347740, г. Зерноград, ул. Ленина, 21; e-mail: achgaa@achgaa.ru

Для успешного создания конкурентоспособных гибридов подсолнечника необходимо иметь достаточное количество родительских линий, обладающих селекционно ценными признаками и высокой комбинационной способностью. В зоне недостаточного увлажнения Ростовской области проведены исследования с целью определения общей (ОКС) и специфической (СКС) комбинационной способности линий подсолнечника, созданных на Донской опытной станции (филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК). Для оценки ОКС и СКС использован метод топкросса, который позволяет довольно точно оценить по любому ценному признаку большой набор линий. Объектом исследований являлись ЦМС-линии (ВДГ 2563 А, ВДГ 127 А, ВДГ 130 А и ВДГ 121 А). В качестве тестеров использованы RF-линии – восстановители фертильности пыльцы: ЭД 110 RF, ЭД 155 RF, ЭД 788 RF. В статье приведены данные анализа урожайности тест-гибридов, полученные в результате топкроссных скрещиваний. Оценка по хозяйственно ценным признакам проводили на полях селекционного севооборота станции. Делянки – пятирядковые, повторность – трехкратная. Общая площадь делянки – 22,05 м²; учетная – 13,23 м². Цель работы – оценить эффекты ОКС и СКС новых родительских линий по результатам изучения урожайности тест-гибридов, полученных при топкроссных скрещиваниях. В результате трехлетнего изучения тест-гибридов подсолнечника оценены эффекты ОКС линий и тестеров, константы СКС гибридов и варианты СКС линий и тестеров. Выделены лучшие по комбинационной способности линии и тестеры: ВДГ 121 А, ВДГ 2563 А, ВДГ 130 А; ЭД 155 RF и ЭД 788 RF, рекомендованные для селекционной работы по получению перспективных гибридов.

Ключевые слова: тест-гибрид, RF-линия, ЦМС-линия, тестер, общая комбинационная способность (ОКС), специфическая комбинационная способность (СКС).

Для цитирования: Лепешко Е. С., Костылева Л. М., Усатенко Т. В. Оценка комбинационной способности линий подсолнечника // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 40–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-40-43.



THE ESTIMATION OF THE COMBINING ABILITY OF SUNFLOWER LINES

E. S. Lepeshko¹, analyst of the laboratory for initial material development, ORCID ID: 0000-0001-6558-7939;
L. M. Kostyleva², Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of grain crop agronomy
and breeding, ORCID ID: 0000-0003-3078-2296;
T. V. Usatenko¹, senior researcher, head of the laboratory for sunflower breeding and immunity,
ORCID ID: 0000-0003-2757-7646

¹Donskaya experimental station named after L. A. Zhdanov a branch of the FSBSI FRC ARRIMK,
346754, Rostov region, Azov district, v. of Oporny, Zhdanov Str., 2; e-mail: gnudos@mail.ru;

²Azov-Blacksea Engineering Institute Donskoy SAU,
347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 21; e-mail: achgaa@achgaa.ru

For the successful development of competitive sunflower hybrids, it is necessary to have a sufficient number of parental lines with valuable breeding traits and high combining ability. In the zone of insufficient moisture of the Rostov region, there were studied the plants to determine the general (GCA) and specific (SCA) combining ability of sunflower lines developed at the Donskaya experimental station named after L. A. Zhdanov (a branch of the FSBSI FRC ARRIMK). To estimate the GCA and SCA, there was used topcross hybridization, which allowed assessing fairly accurate a large set of lines according to any valuable trait. The objects of the study were the CMS lines ("VDG 2563 A", "VDG 127 A", "VDG 130 A" and "VDG 121 A"). As testers there were used the pollen fertility restorers (RF-lines) "ED 110 RF", "ED 155 RF", "ED 788 RF". The current paper has presented the analysis of the productivity of the test-hybrids, obtained as a result of topcross hybridization. The estimation of the lines according to the economically valuable traits was carried out in the fields of the station's selection crop rotation. The test plots were five-row with three-fold repetition. The total area of the plot was 22.05 m², the accounting area was 13.23 m². The purpose of the current work was to evaluate the effects of GCA and SCA of the new parental lines based on the results of studying the productivity of test hybrids obtained by topcross hybridization. As a result of a three-year study of test-hybrids of sunflower, there were estimated the effects of GSA of lines and testers, SCA constants of hybrids and SCA variance of lines and testers. There have been identified the best lines and testers with the best combining ability "VDG 121 A", "VDG 2563 A", "VDG 130 A", "ED 155 RF" and "ED 788 RF" and they have been recommended for breeding work to obtain promising hybrids.

Keywords: test-hybrid, RF line, CMS line, tester, general combining ability (GCA), specific combining ability (SCA).

Введение. Подсолнечник – основная высокомасличная культура в России. В 2019 г. подсолнечник выращивали на площади 8,5 млн га, из них в Ростовской области – 717,4 тыс. га (Посевные площади основных

сельскохозяйственных культур под урожай 2019 года в Ростовской области).

В любой программе гибридизации подбор наилучшей комбинации двух (или более) родительских генотипов для получения высокогетерозисных гибридов или максимальных отличий в пределах гибридных популяций, в которых могут выщепиться трансгрессивные формы, является наиболее критической проблемой для селекционеров (Fasahat et al., 2016).

Для создания гибридов подсолнечника необходимо иметь набор родительских линий с широкой генетической основой. Важнейшей характеристикой линий является их комбинационная способность, от уровня которой в значительной степени зависит эффективность практической селекции. Для определения комбинационной способности существует несколько методов. В своих исследованиях мы использовали самый приемлемый и простой метод топкросса, который позволяет довольно точно оценить по этому признаку большой набор линий. С его помощью можно также предварительно изучить и СКС линий (Пикалова и др., 2010).

Изучению комбинационной способности линий подсолнечника на станции уделялось и уделяется большое внимание, начиная с момента перехода станции на программу по гетерозисной селекции подсолнечника. Первые работы по этой теме были посвящены изучению комбинационной способности низкорослых форм (Горбаченко и др., 1979).

Целью работы была оценка эффектов ОКС и СКС новых родительских линий по результатам изучения урожайности тест-гибридов, полученных при топкроссных скрещиваниях.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены в 2017–2019 гг. на экспериментальных полях селекционного севооборота Донской опытной станции им. Л. А. Жданова – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК согласно методикам проведения агротехнических опытов с масличными культурами (Лукомец, 2010). Объектом исследования были 12 тест-гибридов, семена которых были получены методом топкросса от скрещивания четырех ЦМС-линий (ВДГ 2563 А, ВДГ 127 А, ВДГ 130 А и ВДГ 121 А) с тремя тестерами линиями-восстановителями фертильности пыльцы (ЭД 110 RF, ЭД 155 RF, ЭД 788 RF). В качестве стандарта был использован гибрид Патриот (2012). Посев осуществляли в апреле – мае ручной сеялкой СП-1. Гибриды высевали в трех повторениях на пятирядковых делянках. Общая площадь делянки – 22,05 м²; учетная – 13,23 м². В течение периода вегетации проводили все необходимые полевые оценки и учеты. После созревания все растения на учетной площади делянок убрали вручную, семена очищали и взвешивали.

Математическую обработку полученных экспериментальных данных проводили согласно методике Б. А. Доспехова (2011). Расчет эффектов ОКС констант и вариантов СКС осуществляли согласно методике, разработанной Украинским НИИ растениеводства и селекции им. В. Я. Юрьева (Вольф и др., 1980), при помощи программы Full Top Cross v 1.1.

Результаты и их обсуждение. Урожайность – показатель, который зависит от многих факторов, в том числе и погодных. В связи с особенностями погодных условий, сложившимися в годы проведенных нами исследований, урожайность тест-гибридов подсолнечника была различной (табл. 1).

1. Урожайность семян тест-гибридов подсолнечника (2017–2019 гг.)
1. Productivity of sunflower test-hybrids seeds (2017–2019)

Гибрид	Урожайность, т/га			Средняя
	2017	2018	2019	
Патриот, ст.	2,49	2,46	2,6	2,52
ВДГ 2563/110	3,55	2,26	2,57	2,79
ВДГ 2563/155	3,66	2,85	3,25	3,25
ВДГ 2563/788	3,53	2,0	2,44	2,66
ВДГ 127/110	2,82	2,53	2,8	2,72
ВДГ 127/155	2,86	2,17	2,5	2,51
ВДГ 127/788	2,69	2,01	2,35	2,35
ВДГ 130/110	3,03	2,45	2,88	2,79
ВДГ 130/155	3,27	2,5	2,95	2,91
ВДГ 130/788	2,73	2,4	2,74	2,62
ВДГ 121/110	2,64	2,18	2,49	2,44
ВДГ 121/155	2,97	2,32	2,65	2,65
ВДГ 121/788	3,06	2,64	3,12	2,94
$\bar{x}$	3,02	2,37	2,72	2,70
σ	0,38	0,24	0,27	0,24
V, %	12,45	10,34	9,99	8,87
НСР ₀₅	0,41	0,19	0,23	0,42

В 2017 г., когда условия были достаточно благоприятными для роста и развития растений подсолнечника, урожайность гибридов подсолнечника варьировала от 2,49 до 3,66 т/га. Самым урожайным был гибрид ВДГ 2563/155 (3,66 т/га), что на 1,17 т/га выше, чем у стандарта гибрида Патриот (2,49 т/га). Достоверно превысили стандарт гибридные комбинации ВДГ 2563/110 (3,55 т/га), ВДГ 2563/788 (3,53 т/га), ВДГ 130/110 (3,03 т/га), ВДГ 130/155 (3,27 т/га), ВДГ 121/155 (2,97 т/га) и ВДГ 121/788 (3,06 т/га) при НСР₀₅ = 0,41 т/га.

В 2018 г. показатели урожайности были ниже и находились в пределах от 2,46 до 2,85 т/га.

Достоверное преимущество по урожайности семян, как и в 2017 г., было у гибрида ВДГ 2563/155 (2,85 т/га) при НСР₀₅ = 0,19 т/га.

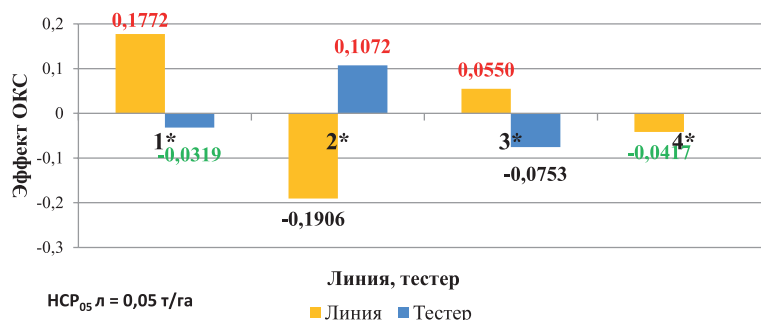
В 2019 г. существенную прибавку в сравнении со стандартом показали гибриды ВДГ 2563/155 (+0,65 т/га), ВДГ 130/110 (+0,28 т/га), ВДГ 130/155 (+0,35 т/га) и ВДГ 121/788 (+0,52 т/га) при НСР₀₅ = 0,23 т/га.

Изменчивость средней урожайности за три года была небольшой – 2,44–3,25 т/га, при этом степень варьирования составила V = ±8,87%.

Анализ существенных различий гибридов по урожайности позволил провести оценку комбинационной способности их родительских линий.

В результате оценки эффектов ОКС по урожайности в 2017–2019 гг. выделены ЦМС-линии ВДГ 2563 А, ВДГ 130 А и линия-тестер ЭД 155 RF с высокой ОКС,

достоверно превысившие $HCP_{05} \mu = 0,05$ т/га по линиям и $HCP_{05} \tau = 0,04$ т/га по тестерам (см. рис.).



Примечание*: 1 – ВДГ 2563 А (+0,1772), ВД 110 RF (–0,0319); 2 – ВДГ 127 А (–0,1906), ЭД 155 RF (+0,1072); 3 – ВДГ 130 А (+0,0550), ЭД 788 RF (–0,0753); 4 – ВДГ 121 А (–0,0417).

Рис. Оценка эффектов ОКС линий (gi) и тестеров (gj) подсолнечника по урожайности, т/га (2017–2019 гг.)
Fig. Estimation of the effects of GCA lines (gi) and testers (gj) of sunflower according to productivity, t/ha (2017–2019)

Топкросные скрещивания позволяют определить и специфическую комбинационную способность (СКС). Если величина гетерозиса в гибридной комбинации линии с тестером значительно выше, чем это можно было предполагать на основании общей комбинационной способности линии, то можно судить о высокой специфической комбинационной способности (Морозов и др., 1989). Однако высокие эффекты СКС можно получить при скрещивании линий не только с высокой, но и с низкой ОКС (Гончаренко и др., 2016).

Оценку СКС проводили посредством определения константы и дисперсии СКС при сравнении со средней популяционной.

По СКС в 2017 г. лучшими были линии ВДГ 130 А ($\sigma_{S_i}^2 = 0,026$) и ВДГ 121 А ($\sigma_{S_i}^2 = 0,046$), дисперсии которых выше средней популяционной ($\bar{\sigma}_{S_i}^2 = 0,016$), а из тестеров существенно высокую дисперсию СКС показала линия ЭД 788 RF, а именно $\sigma_{S_j}^2 = 0,024$ ($\bar{\sigma}_{S_j}^2 = 0,011$) (табл. 2).

Гибрид ВДГ 121/788 характеризовался высокой константой СКС $S_{ij} = +0,247$ т/га при $HCP_{05} = 0,24$ т/га.

2. Константы СКС (S_{ij}) гибридов и дисперсии СКС линий и тестеров подсолнечника по урожайности (2017 г.)

2. SCA constants (S_{ij}) of hybrids and SCA variances of sunflower lines and testers according to productivity (2017)

Линия	Тестер			$\sum S_{ij}^2$	Варианса линии, $\sigma_{S_i}^2$
	ВД 110 RF	ЭД 155 RF	ЭД 788 RF		
ВДГ 2563 А	+0,086	–0,074	–0,011	0,013	–0,0016
ВДГ 127 А	+0,069	–0,041	–0,028	0,0072	–0,0045
ВДГ 130 А	+0,059	+0,149	–0,208	0,069	0,026
ВДГ 121 А	–0,213	–0,033	+0,247	0,107	0,046
$\sum S_{ij}$	0	0	0	–	$\sum \sigma_{S_i}^2 = 0,066$
$\sum S_{ij}^2$	0,061	0,031	0,105	–	$\bar{\sigma}_{S_i}^2 = 0,016$
Варианса тестера, $\sigma_{S_j}^2$	0,0095	–0,0007	0,024	$\sum \sigma_{S_j}^2 = 0,033; \bar{\sigma}_{S_j}^2 = 0,011$	
				$HCP_{05} = 0,24$ т/га	

В условиях 2018 г. высокие показатели дисперсии СКС выявлены у ЦМС-линий ВДГ 2563

А и ВДГ 121 А и тестера ВД 110 RF, превысивших соответствующие средние дисперсии (табл. 3).

3. Константы СКС (S_{ij}) гибридов и дисперсии СКС линий и тестеров подсолнечника по урожайности (2018 г.)

3. SCA constants (S_{ij}) of hybrids and SCA variances of sunflower lines and testers according to productivity (2018)

Линия	Тестер			$\sum S_{ij}^2$	Варианса линии, $\sigma_{S_i}^2$
	ВД 110 RF	ЭД 155 RF	ЭД 788 RF		
ВДГ 2563 А	–0,084	+0,351	–0,267	0,201	0,099
ВДГ 127 А	+0,290	–0,158	–0,132	0,127	0,061
ВДГ 130 А	–0,0031	–0,041	+0,044	0,0037	0
ВДГ 121 А	–0,203	–0,151	+0,354	0,190	0,093
$\sum S_{ij}$	0	0	0	–	$\sum \sigma_{S_i}^2 = 0,253$
$\sum S_{ij}^2$	0,133	0,173	0,216	–	$\bar{\sigma}_{S_i}^2 = 0,063$
Варианса тестера, $\sigma_{S_j}^2$	0,042	0,056	0,070	$\sum \sigma_{S_j}^2 = 0,167; \bar{\sigma}_{S_j}^2 = 0,055$	
				$HCP_{05} = 0,12$ т/га	

Достоверный положительный эффект СКС по урожайности семян отмечен у гибридов ВДГ 121/788

(+0,354 т/га), ВДГ 2563/155 (+0,351 т/га) и ВДГ 127/110 (+0,290 т/га) при $HCP_{05} = 0,12$ т/га.

В 2019 г. по данному показателю высокие варианты СКС были отмечены у линий ВДГ 2563 А ($\sigma^2 = 0,112$), ВДГ 121 А ($\sigma^2 = 0,136$) и тестеров ЭД 155 RF ($\sigma^2 = 0,070$), ЭД 788 RF ($\sigma^2 = 0,086$) (табл. 4).

Гетерозисные гибриды ВДГ 2563/155 ($S_{ij} = +0,387$ т/га), ВДГ 127/110 ($S_{ij} = +0,293$ т/га) и ВДГ 121/788 ($S_{ij} = +0,431$ т/га) показали достоверный максимальный эффект СКС при $HCP_{05} = 0,14$ т/га.

4. Константы СКС (S_{ij}) гибридов и варианты СКС линий и тестеров подсолнечника по урожайности (2019 г.) 4. SCA constants (S_{ij}) of hybrids and SCA variances of sunflower lines and testers according to productivity (2019)

Линия	Тестер			$\sum S_{ij}^2$	Варианса линии, $\sigma_{S_i}^2$
	ВД 110 RF	ЭД 155 RF	ЭД 788 RF		
ВДГ 2563 А	-0,138	+0,387	-0,248	0,230	0,112
ВДГ 127 А	+0,293	-0,159	-0,134	0,129	0,062
ВДГ 130 А	+0,065	-0,017	-0,048	0,0068	0,0008
ВДГ 121 А	-0,219	-0,211	+0,431	0,278	0,136
$\sum S_{ij}$	0	0	0	–	$\sum \sigma_{S_i}^2 = 0,311$
$\sum S_{ij}^2$	0,157	0,220	0,267	–	$\bar{\sigma}_{S_i}^2 = 0,078$
Варианса тестера, $\sigma_{S_j}^2$	0,049	0,070	0,086	$\sum \sigma_{S_j}^2 = 0,204; \bar{\sigma}_{S_j}^2 = 0,068$	
				$HCP_{05} = 0,14$ т/га	

Выводы

1. В среднем за три года по урожайности семян выделены гибриды ВДГ 2563/155 (3,25 т/га) и ВДГ 121/788 (2,94 т/га), достоверно превысившие стандартный гибрид Патриот (2,52 т/га).

2. Существенно высокая ОКС в 2017–2019 гг. выявлена у линий ВДГ 2563 А, ВДГ 130 А и тестера ЭД 155 RF.

3. Высокий эффект СКС по трем годам имели ЦМС-линия ВДГ 121 А и тестер ЭД 788 RF.

4. Выделены гибридные комбинации, показавшие достоверный положительный эффект СКС, которые могут быть рекомендованы для селекционной работы по получению перспективных гибридов: 2017 г. – ВДГ 121/788; 2018 и 2019 гг. – ВДГ 127/110, ВДГ 2563/155 и ВДГ 121/788.

Библиографические ссылки

- Гончаренко А. А., Ермаков С. А., Макаров А. В., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Крахмалева О. А. Оценка комбинационной способности инбредных линий озимой ржи в топкроссных скрещиваниях // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 9. С. 19–22.
- Горбаченко Ф. И., Алексеев А. П., Воскобойник Л. К. Комбинационная ценность низкорослых форм подсолнечника // Селекция и семеноводство. 1979. № 4. С. 7–9.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стереотип. М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
- Морозов Е. И., Тарасевич Е. И., Анохина В. С. Генетика в вопросах и ответах. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Университетское, 1989. 288 с.
- Пикалова Н. А., Берестнева Н. Д., Гончаров С. В. Оценка комбинационной способности линий подсолнечника по основным признакам урожайности // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2010. № 2. С. 13–16.
- Посевные площади основных сельскохозяйственных культур под урожай 2019 года в Ростовской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rostov.old.gks.ru>.
- Fasahat P., Rajabi A., Rad J. M., Derera J. Principles and utilization of combining ability in plant breeding // Biom Biostat Int J. 2016. No. 4(1). Pp. 1–22. DOI: 10.15406/bbij.2016.04.00085.

References

- Goncharenko A. A., Ermakov S. A., Makarov A. V., Semenova T. V., Tochilin V. N., Krahmaleva O. A. Ocenka kombinacionnoj sposobnosti inbrednyh linij ozimoy rzi v topkrossnyh skreshchivaniyah [Estimation of the combining ability of inbred winter rye lines in the topcross hybridization] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30, № 9. S. 19–22.
- Gorbachenko F. I., Alekseev A. P., Voskoboynik L. K. Kombinacionnaya cennost' nizkoroslyh form podsolnechnika [Combination value of low-growing forms of sunflower] // Selekcija i semenovodstvo. 1979. № 4. S. 7–9.
- Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]. 6-e izd., stereotip. M.: ID Al'yans, 2011. 352 s.
- Morozov E. I., Tarasevich E. I., Anohina V. S. Genetika v voprosah i otvetah [Genetics in questions and answers]. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Universitetskoe, 1989. 288 s.
- Pikalova N. A., Berestneva N. D., Goncharov S. V. Ocenka kombinacionnoj sposobnosti linij podsolnechnika po osnovnym priznakam urozhajnosti [Estimation of the combining ability of sunflower lines according to the main yield traits] // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij byulleten' VNIIMK. 2010. № 2. S. 13–16.
- Posevnye ploshchadi osnovnyh sel'skhozajstvennyh kul'tur pod urozhaj 2019 goda v Rostovskoj oblasti [Elektronnyj resurs] [Sown area of the major agricultural crops for the 2019 harvest in the Rostov region]. Rezhim dostupa: <http://rostov.old.gks.ru>.
- Fasahat P., Rajabi A., Rad J. M., Derera J. Principles and utilization of combining ability in plant breeding // Biom Biostat Int J. 2016. No. 4(1). Pp. 1–22. DOI: 10.15406/bbij.2016.04.00085.

Поступила: 13.06.20; принята к публикации: 07.07.20.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылева Л. М. – концептуализация исследования; Лепешко Е. С., Усатенко Т. В. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.