

Р.В. Кулян, кандидат сельскохозяйственных наук  
 О.Г. Белоус, доктор биологических наук  
 Н.Б. Платонова, научный сотрудник  
 ФИЦ «Субтропический научный центр Российской академии наук»  
 РФ, 354002, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28  
 E-mail: supk-kulyan@vniisubtrop.ru

УДК 634.324:631.52

DOI:10.30850/vrsn/2021/5/29-32

## АССИМИЛЯЦИОННЫЙ АППАРАТ ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ ЦИТРУСОВЫХ, КАК ЭЛЕМЕНТ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УСТОЙЧИВОСТИ\*

Влажные субтропики Краснодарского края – зона рискованного цитрусоводства. Это связано с понижениями температуры в зимний период. Критическая температура (минус 7 – минус 12°C) приводит к повреждению или гибели растений и снижению урожайности. Поэтому создание отдаленных гибридов и выделение наиболее адаптивных генотипов к условиям выращивания – важный элемент селекционного процесса. Проведены скрещивания: опылитель – дикий сородич цитрусовых *P. trifoliata*, материнские формы – *Fortunella Sw.* и *Citrus sinensis Valencia*. Выделено пять перспективных гибридов: 19; 019-1; 019-2; 019-A; 019-A-1. В результате физиолого-биохимических и анатомо-морфологических исследований данных гибридных форм и их родителей выявлены наиболее устойчивые к гидротермическим факторам образцы (19; 019-1; 019-2 и 019-A-1) – носители признаков адаптивности и представляющие ценный материал для практической селекции. Степень адаптивности растений к условиям выращивания зависит от содержания хлорофиллов и каротиноидов. В течение периода вегетации, содержание суммы хлорофиллов колебалось от минимума в феврале (1,47 мг/г у *Citrus sinensis Valencia*) до максимума в октябре – 4,29 мг/г у формы 019-1 (*Fortunella* × *C. trifoliata*). С февраля по октябрь наблюдали активный синтез зеленых пигментов у гибридной формы 019-A. Наибольшее количество хлорофилла к осеннему периоду (октябрь) накопили формы 019-A-1 и 019-2, значительное снижение его уровня было в июне у форм 19 и 019-1, характеризующихся сочетанием признаков *Fortunella* – *C. trifoliata*, из чего можно предположить, что они устойчивы к гидротермическим стрессам. С помощью анализа динамики отношения  $\Sigma$  хлор. /  $\Sigma$  кар. выделены формы 019-A и 019-A-1 с высокими показателями 5,31–4,64 мг/г сырой массы, что предполагает их устойчивость к высоким летним температурам.

**Ключевые слова:** цитрусовые, отдаленные гибриды, хлорофилл, каротиноиды, адаптивность.

R.V. Kulyan, PhD in Agricultural sciences  
 O.G. Belous, Grand PhD in Biological sciences  
 N.B. Platonova, researcher  
 FRC «Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences»  
 RF, 354002, g. Sochi, ul. Yana Fabritsiusa, 2/28  
 E-mail: supk-kulyan@vniisubtrop.ru

## A DISTANT CITRUS HYBRIDS ASSIMILATORY APPARATUS AS A NONSPECIFIC RESISTANCE MECHANISM ELEMENT

The humid subtropics of the Krasnodar Territory are a zone of risky citrus growing, which is associated with lower temperatures in winter. Critical temperatures (from minus 7 to – 12°C) lead to damage or death of plants, as well as high summer temperatures that affect productivity. Therefore, the creation of distant hybrids and the selection of the most adaptive genotypes to growing conditions is an important element of the breeding process. The most resistant relative of citrus crops is *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., were carry physiological-biochemical and anatomical-morphological researches of these hybrid forms and their parents and were identified the most resistant to hydrothermal factors (19; 019-1; 019-2 and 019-A-1), which are carriers of adaptability signs and represent valuable material for practical selection. The degree of plant adaptability to growing conditions is closely connected with the content of chlorophylls and carotenoids, which are a nonspecific plant defense mechanism against abiotic stressors. During the vegetational season, the total chlorophyll content varied from minimum in February (1.47 mg/g in *Citrus sinensis* 'Valencia') to maximum in October (4.29 mg/g in interspecific hybrid 019-1 from a combination of crossing *Fortunella* × *C. trifoliata*). From February till October, observed an active synthesis of green pigments in the hybrid form 019-A; accumulation of the amount of chlorophyll marked in the autumn period (October) by forms 019-A-1 and 019-2, a significant decrease in the level of chlorophyll observed in June in forms 19; 019-1 these forms in the accumulation of the green group of pigments are manifested to a greater extent by the combination of the features of *Fortunella* – *C. trifoliata*, from these it can be proposed that they are resistant to hydrothermal conditions during the period. Analysis of the dynamics of  $\Sigma$  chlorophyll /  $\Sigma$  carotenoids allowed to mark forms 019-A and 019-A-1 with high rates of 5.31–4.64 mg/g wet weight, which suggests their resistance to high summer temperatures.

**Key words:** citrus fruits, distant hybrids, chlorophyll, carotenoids, adaptability.

Согласно статистике ФАО, мировые площади под цитрусовыми в 2019 году составили 9,73 млн га с урожаем более 146,15 млн т, большая часть которого была получена в Бразилии, Китае, США, Индии,

Мексике, Египте, Аргентине и странах Европейского союза. [11]

Культивирование цитрусовых сопряжено с множеством неблагоприятных факторов окружающей

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ СШЦ РАН № 0492-2021-0009; № 0492-2021-0007/ The work was carried out within the framework of the state assignment of FRC SSC RAS № 0492-2021-0009; № 0492-2021-0007.

среды, включая биотические и абиотические стрессы. Способы защиты многообразны – морфологические, физиологические, биохимические и другие. Негативное воздействие окружающей среды помогают преодолевать приобретенные свойства. [1, 8, 10, 13] Холод – один из основных факторов, отрицательно влияющих на выживание, рост и развитие цитрусовых растений. Влажные субтропики Краснодарского края – зона рискованного цитрусоводства, что обусловлено частыми понижениями температуры в зимний период. Критические температуры ведут к повреждению и гибели растений, снижению продуктивности, что делает актуальной селекцию на зимостойкость. Цитрусовые культуры, имея субтропическое происхождение, при воздействии низких температур переживают состояние стресса, в связи с чем, повышение устойчивости к холоду – важная цель селекционной программы. Самый морозоустойчивый сородич цитрусовых культур, выдерживающий понижение температуры до минус 25°C, – *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. [5, 13] Но его широкое использование в целенаправленной гибридизации существенно затруднено из-за уникальных репродуктивных характеристик цитрусовых, включая полиэмбрионию, длительный ювенильный период, высокую степень гетерозиготности, а также мужскую и женскую стерильность. [4, 15]

Создание отдаленных гибридов и выделение на ранних этапах развития наиболее адаптивных к условиям выращивания генотипов – важный элемент селекционного процесса.

Устойчивость к регулярно проявляющимся неблагоприятным факторам внешней среды – обязательный признак для районированных сельскохозяйственных культур.

Цель работы – изучение анатомической структуры листового аппарата и динамики содержания фотосинтетических пигментов в листьях гибридных и исходных форм цитрусовых.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на базе коллекции цитрусовых культур в лаборатории селекции отдела генетических ресурсов растений и лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СЦ РАН.

Изучали восемь форм цитрусовых – три исходные (*Citrus trifoliata*, *Fortunella Sw.*, *Citrus sinensis*) и пять ранее выделенных перспективных гибридов (19, 019-1, 019-2, 019-A и 019-A-1), полученных от отдаленных скрещиваний с участием в качестве

опылителя *Poncirus trifoliata*. Для растений были созданы неконтролируемые условия (неотапливаемая теплица), в зимнее время температура воздуха понижалась в среднем до 10°C. В июле и августе температура достигала 31°C, при этом, растения притеняли нетканым материалом плотностью 15 г/м<sup>2</sup>.

От каждой формы с двухлетних побегов отбирали по 10 листьев, из которых извлекали пигменты 96%-м этанолом. Их концентрацию в экстракте зеленых листьев определяли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ при длине волны для хлорофилла а – 665 нм, b – 649, суммы каротиноидов – 440,5 нм. Количество пигментов находили по формулам Смита и Бенитеза в пересчете на сырую массу. [9]

Анатомические особенности образцов изучали по толщине листовой пластинки, длине междоузлий, наличию колючек и т. д. [3]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Изменение климата влияет на адаптивность многих сортов цитрусовых культур, в том числе засухоустойчивость и зимостойкость.

В результате отдаленных скрещиваний с использованием в качестве отцовской формы *Poncirus trifoliata* получены гибридные растения и выделены наиболее перспективные для их дальнейшего применения. У гибридных форм обнаружен целый ряд измененных фенотипических характеристик и других отклонений, растения унаследовали спектр потенциальных приспособлений для борьбы с неблагоприятными условиями (листопадность, колючесть, короткие междоузлия). В процессе анатомо-морфологических исследований листовой пластинки были обнаружены новые свойства, позволяющие уже на ранних этапах развития определить более адаптивные формы (табл. 1).

Максимальная толщина (0,312 мм) листовой пластинки отмечена у гибрида 019-2 от комбинации скрещивания *Fortunella P. trifoliata*. Толстая и более грубая текстура листьев говорит об их долготелии и большой устойчивости к воздействию биотических агентов. Тонкие листья (0,254...0,262 мм) были у гибридов с участием в качестве материнской формы *Valensia*. Наличие колючек на побегах у полулистопадных форм 19, 019-1 и 019-2 предполагает их зимостойкость и засухоустойчивость.

Ростовые и репродуктивные процессы зависят от физиолого-биохимических характеристик ассимилирующих органов, которые чувствительны к изме-

Таблица 1.

Анатомо-морфологические показатели отдаленных гибридов по сравнению с исходными формами

Форма	Происхождение	Листовая пластинка	Толщина, мм	Листопадность	Длина междоузлий, см	Наличие колючек
<i>Citrus trifoliata</i>	<i>Poncirus trifoliata</i>	Трехлистная	0,119±0,006	+	4,8±0,5	+
<i>Fortunella Sw</i>	<i>F. margarita</i>	Однолистная	0,301±0,006	–	2,6±0,3	–
<i>Citrus sinensis</i>	cv. <i>Valensia</i>	То же	0,270±0,007	–	5,2±0,5	+
19		Двух-трехлистная	0,308±0,008	Частично	3,6±0,3	+
019-1	<i>Fortunella</i> × <i>P.trifoliata</i>	То же	0,305±0,008	Частично	3,64±0,5	+
019-2		–...–	0,312±0,007	Частично	2,6±0,3	+
019-A	cv. <i>Valensia</i>	–...–	0,254±0,008	–	7,6±0,6	–
019-A-1	× <i>P.trifoliata</i>	–...–	0,262±0,005	Частично	6,6±0,4	–

нениям окружающей среды и служат индикатором при ранней диагностике состояния растений. [1, 7]

Степень адаптивности растений к условиям выращивания тесно связана с содержанием хлорофиллов и каротиноидов. [6, 10] Сумма хлорофиллов в листьях — индикатор оптимального состояния растений. [14, 15] Отношение хлорофилла *a/b* — показатель теневыносливости растений, а суммы хлорофиллов к каротиноидам — физиологического состояния. Количество каротиноидов увеличивается у растений, перенесших стресс или устойчивых к нему. [2, 10, 12]

Содержание хлорофилла по мере физиологического развития листа растет, а затем уменьшается в процессе его старения. В течение периода вегетации сумма хлорофиллов изменялась от минимума в феврале (1,47 мг/г у *Citrus sinensis* Valencia) до максимума в октябре (4,29 мг/г у межвидового гибрида 019-1 от комбинации скрещивания *Fortunella* × *C. trifoliata*) (рис. 1, 3-я стр. обл.).

Так как лист цитрусовых, как у всех вечнозеленых растений, живет длительное время (около 3 лет), нам не удалось зафиксировать снижение роста, связанное со старением листа. Дальнейшие наблюдения дадут возможность проследить полный цикл изменений количества зеленых пигментов у изучаемых растений.

Все растения по накоплению хлорофилла можно разделить на три группы: в первой активный синтез зеленых пигментов отмечен с февраля по октябрь; второй — к осеннему периоду (октябрь); третьей — уровень хлорофилла значительно снижается в июне. По результатам анализа генотипических характеристик у растений из третьей группы в накоплении зеленых пигментов в большей степени проявляется сочетание особенностей *Fortunella* — *C. trifoliata*, что приостанавливает синтез хлорофиллов в стрессовый по гидротермическим условиям период.

Каротиноиды — одна из составляющих многокомпонентной антиоксидантной системы. Они играют важную роль в защите фотосинтетического аппарата, обеспечивая толерантность растений к различным стрессовым факторам. [6, 8] Показатель содержания каротиноидов в листьях используют в селекционной практике как тест для характеристики адаптационных реакций растений при эколого-биохимическом мониторинге фито- и агроценозов. [7]

Количество каротиноидов в листьях родительских форм за вегетацию колебалось незначительно (0,46...0,53 мг/г), в зимнее время его рост отмечен у *P. trifoliata* до 0,81 мг/г, что связано с генетически обусловленными адаптивными способностями (рис. 2, 3-я стр. обл.).

Реакция генотипа гибридов 19, 019-1, 019-2 и 019-A-1 проявляется в сходном ответе растений на условия вегетации — более высокий синтез каротиноидов в листьях.

Один из информативных показателей, характеризующий работу фотосинтетического аппарата — отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* (*Ca/Cb*). У всех форм он в пределах нормы (2,2...3,0), несколько ниже — у 019-1, менее стабилен у *Citrus sinensis* (*V* = 28 %), что предполагает пластичность данной формы в отношении факторов среды. Не-высокая вариабельность (*V* = 1...10 %) у 019-2,

Таблица 2.  
Характеристика фотосинтетического аппарата отдаленных гибридов по сравнению с исходными формами

Форма	Ca/Cb, мг/г сырой массы	V, %	Σ хлор./Σ кар., мг/г сырой массы	V, %
<i>P. trifoliata</i>	2,39±0,24	10	4,39±0,95	22
<i>Fortunella Sw.</i>	2,49±0,06	2	4,93±0,16	3
<i>Citrus sinensis</i>	3,04±0,84	28	4,56±0,53	12
19	2,06±0,30	14	4,01±0,78	19
019-1	1,94±0,16	8	4,55±0,59	13
019-2	2,13±0,01	1	4,23±0,58	14
019-A	2,37±0,27	12	5,31±1,14	21
019-A-1	2,44±0,17	7	4,64±0,70	15
HCP <sub>0,05</sub>	0,59	—	0,91	—

*Fortunella Sw.*, 019-A-1, 019-1 и *C. trifoliata* указывает на их достаточную адаптивность (табл. 2).

Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам (Σ хлор./Σ кар.) играет не менее важную роль при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Нами установлено, что это соотношение очень чутко реагирует на изменения гидротермических факторов (*V* = 12...22 %). В зимний период (февраль) показатель уменьшается, что свидетельствует о снижении светособирающей функции пигментного комплекса под воздействием термических стрессоров. У форм 019-A и 019-A-1 соотношение хлор./кар. — 5,31...4,64 мг/г сырой массы, что предполагает большую устойчивость к высоким летним температурам.

Таким образом, проведенные физиолого-биохимические и анатомо-морфологические исследования отдаленных гибридных форм и их родителей выявили наиболее устойчивые к гидротермическим факторам образцы. Для практической селекции в качестве носителей признаков адаптивности рекомендованы полулистопадные формы 19, 019-1, 019-2 и 019-A-1, у которых в большей степени проявляется генотип *P. trifoliata*. Поскольку содержание пигментов и их состояние в листьях связаны с продуктивностью и устойчивостью растений к стрессовым воздействиям, исследование пигментного комплекса — необходимый компонент оценки селекционного материала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белоус, О.Г. Устойчивость пигментов листьев чая к дефициту влаги и повышенным температурам / О.Г. Белоус // Вестник РАСХН. — 2008. — № 5. — С. 44–46.
2. Гетко, Н.В. Пигментный фонд листьев *Citrus* × *aurantium* L. в оранжерейной культуре / Н.В. Гетко, Е.В. Агесленко, Т.С. Бачище, Л.Ф. Кабашникова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2019. — № 8-1 (86). — С. 57–61.
3. Киселева, Г.К. Анатомо-морфологическая оценка адаптивного потенциала сортов плодовых культур и винограда / Г.К. Киселева // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. — Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. — С. 199–205.
4. Кулян, Р.В. Генетическое разнообразие цитрусовых растений по селекционно-значимым признакам / Р.В. Кулян // Вестник российской сельскохозяйствен-

- ной науки. – 2020. – № 3. – С. 47–51. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/47-51>.
- Кулян, Р.В. Перспективы использования отдаленных скрещиваний в селекции цитрусовых культур / Р.В. Кулян // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 4. – С. 46–49. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/46-49>.
  - Ладыгин, В.Г. Современные представления о функциональной роли каротиноидов в хлоропластах эукариот / В.Г. Ладыгин, Г.Н. Ширшикова // Журнал общей биологии. – 2006. – Т. 67. – С. 163–189.
  - Платонова, Н.Б. Фотосинтетические пигменты, как элемент формирования адаптивности растений чая / Н.Б. Платонова, О.Г. Белоус // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5. – № 3.
  - Таран, Н.Ю. Каротиноиды фотосинтетических тканей в условиях засухи / Н.Ю. Таран // Физиология и биохимия культурных растений. – 1999. – № 6. – С. 415–422.
  - Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. В кн.: Биохимические методы в физиологии растений / А.А. Шлык. – М.: Наука, 1971. – С. 154–170.
  - Chen, C. (2015) Pigments in Citrus. In: Chen C. (eds) Pigments in Fruits and Vegetables. / C. Chen, A. Lo Piero, F. Gmitter // Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2356-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2356-4_8).
  - FAO. Faostat: Citrus fruits, oranges, lemon, total, production quantity (tons) – for all countries. – 2020. [Electronic resource]. – Mode access: <http://faostat.fao.org> – Дата доступа 20.04.2020.
  - Sahin-çevik, M. Identification and expression analysis of early cold-induced genes from cold-hardy citrus relative *Poncirus trifoliata* / M. Sahin-çevik // Raf. Gene. 2013. – 512(2):536-45. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2012.09.084>.
  - Santini, J. Physiological and biochemical response to photo-oxidative stress of the fundamental citrus species / J. Santini, J. Giannettini, S. Herbette et al. // Scientia Horticulturae. – 2012. – 147. – P. 126–135.
  - Xu, Q. The draft genome of sweet orange (*Citrus sinensis*) / Q. Xu, LL. Chen, X. Ruan, et al. // Nat Genet. – 2013. – № 45. – С. 59–66 <https://doi.org/10.1038/ng.2472>.
  - Zhong, Z.F. Effects of leaf colorness, pigment contents and allelochemicals on the orientation of the Asian citrus psyllid among four Rutaceae host plants / Z.F. Zhong, X.J. Zhou, J.B. Lin et al. // BMC Plant Biol. – 2019. – № 19. – С. 254. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1818-7>.
  - Kiseleva, G.K. Anatomico-morfologicheskaya ocenka adaptivnogo potenciala sortov plodovykh kul'tur i vinograda / G.K. Kiseleva // Sovremennye metodologicheskie aspekty organizatsii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve. – Krasnodar: SKZNIISiV, 2012. – С. 199–205.
  - Kulyan, R.V. Geneticheskoe raznoobrazie citrusovykh rastenij po selekcionno-znachimym priznakam / R.V. Kulyan // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2020. – № 3. – С. 47–51. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/47-51>.
  - Kulyan, R.V. Perspektivy ispol'zovaniya otdalennykh skreshchivaniy v selekcii citrusovykh kul'tur / R.V. Kulyan // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2019. – № 4. – С. 46–49. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/46-49>.
  - Ladygin, V.G. Sovremennye predstavleniya o funkcional'noj roli karotinoidov v hloroplastah eukariot / V.G. Ladygin, G.N. Shirshikova // Zhurnal obshchej biologii. – 2006. – Т. 67. – С. 163–189.
  - Platonova, N.B. Fotosinteticheskie pigmenty, kak element formirovaniya adaptivnosti rastenij chaya / N.B. Platonova, O.G. Belous // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni VI Vernad'skogo. Biologiya. Himiya. – 2019. – Т. 5. – № 3.
  - Taran, N.Yu. Karotinoidy fotosinteticheskikh tkanej v usloviyah zasuhi / N.Yu. Taran // Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenij. – 1999. – № 6. – С. 415–422.
  - Shlyk, A. A. Opredelenie hlorofillov i karotinoidov v ekstraktah zelenykh list'ev. V kn.: Biokhicheskie metody v fiziologii rastenij / A.A. Shlyk. – М.: Nauka, 1971. – С. 154–170.
  - Chen, C. (2015) Pigments in Citrus. In: Chen C. (eds) Pigments in Fruits and Vegetables. / C. Chen, A. Lo Piero, F. Gmitter // Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2356-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2356-4_8).
  - FAO. Faostat: Citrus fruits, oranges, lemon, total, production quantity (tons) – for all countries. – 2020. [Electronic resource]. – Mode access: <http://faostat.fao.org> – Data dostupa 20.04.2020.
  - Sahin-çevik, M. Identification and expression analysis of early cold-induced genes from cold-hardy citrus relative *Poncirus trifoliata* / M. Sahin-çevik // Raf. Gene. 2013. – 512(2):536-45. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2012.09.084>.
  - Santini, J. Physiological and biochemical response to photo-oxidative stress of the fundamental citrus species / J. Santini, J. Giannettini, S. Herbette et al. // Scientia Horticulturae. – 2012. – 147. – P. 126–135.
  - Xu, Q. The draft genome of sweet orange (*Citrus sinensis*) / Q. Xu, LL. Chen, X. Ruan, et al. // Nat Genet. – 2013. – № 45. – С. 59–66. <https://doi.org/10.1038/ng.2472>.
  - Zhong, Z.F. Effects of leaf colorness, pigment contents and allelochemicals on the orientation of the Asian citrus psyllid among four Rutaceae host plants / Z.F. Zhong, X.J. Zhou, J.B. Lin, et al. // BMC Plant Biol. – 2019. – № 19. – С. 254. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1818-7>.

#### LIST OF SOURCES

- Belous, O.G. Ustojchivost' pigmentov list'ev chaya k deficitu vlagi i povyshennym temperaturam / O.G. Belous // Vestnik RASKHN. – 2008. – № 5. – С. 44–46.
- Getko, N.V. Pigmentnyj fond list'ev Citrus × aurantium L. v oranzherejnoj kul'ture / N.V. Getko, E.V. Ateslenko, T.S. Bachishche, L.F. Kabashnikova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2019. – № 8-1 (86). – С. 57–61.