

---

# КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

---

**И. Е. Никитюк<sup>1</sup>, М. С. Никитин<sup>2</sup>, Е. Л. Кононова<sup>1</sup>, К. А. Афоничев<sup>2</sup>**

ФГБУ «Научно-исследовательский детский институт имени Г. И. Турнера», Санкт-Петербург;

<sup>1</sup> Лаборатория физиологических и биомеханических исследований;

<sup>2</sup> Отделение последствий травмы, ревматоидного артрита и комбустиологии

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОПОРНОЙ ФУНКЦИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДЕТЕЙ С ПОСЛЕОЖГОВЫМИ РУБЦОВЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ТЫЛА СТОПЫ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ**

УДК 617.586-089-053.2:617-001.17

---

Проведенный анализ плантографических характеристик у детей с односторонним ожогом тыла стопы выявил нарушение опорной функции пораженной стопы и снижение рессорной функции (ригидность поперечного и продольных сводов) обеих стоп. После хирургического лечения у пациентов наблюдались восстановление опорной функции пораженной стопы и тенденция к нормализации опорной стратегии сводчатого аппарата стоп как пораженной, так и интактной сторон, что свидетельствует о признаках восстановления их рессорной функции.

*Ключевые слова: ожоги, стопа, компьютерная плантография, дети.*

---

***I. E. Nikityuk, M. S. Nikitin, E. L. Kononova, K. A. Afonichev***

## **RESTORATION OF THE SUPPORT FUNCTION OF LOWER LIMBS IN CHILDREN WITH POSTBURN SCAR DEFORMITIES OF DORSAL FOOT AFTER SURGICAL TREATMENT**

---

The analysis of plantographic characteristics in children with unilateral burns of the dorsal foot revealed a disorder of support function in the affected foot and a decrease in the spring function (rigidity of the transverse and longitudinal arches) of both feet. After surgical treatment, patients had a recovery of the support function of the affected foot, and the tendency to normalize the support strategy of the vault of the foot of both the affected and intact sides was observed, which indicates the signs of recovery of their spring function.

*Key words: burns, foot, computer plantography, children.*

---

Ожоги стоп у детей являются одной из наиболее частых локализаций, достигая по данным некоторых авторов, 52 % [8].

Несмотря на многочисленные методы лечения при ожогах тыла стопы в острой фазе, ожоговые рубцы и контрактуры не всегда удается предотвратить [11]. Доля деформаций стопы составляет от 5 до 7 % по отношению ко всем послеожоговым деформациям [1], что приводит к нарушению функции стопы и инвалидизации ребенка [7].

Количественная оценка нарушения опорности пораженной конечности чрезвычайно важна в процессе ортопедического лечения и реабилитации ожогового больного. Известно, что существенным элементом в оценке отклонений в состоянии опорно-двигательного ап-

парата является морфофункциональная диагностика состояния стоп [9]. Так как важнейшей конструктивной особенностью стопы человека является ее сводчатое строение [3], исследование параметров сводов дает представление о нагрузочных подошвенных характеристиках и о локомоторной функции опорно-двигательного аппарата у пациентов с поражением нижних конечностей [10].

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Оценить опороспособность нижних конечностей у детей с односторонними послеожоговыми рубцовыми деформациями тыла стопы до и после реконструктивного лечения на основе изучения плантографических характеристик.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для диагностики опороспособности нижних конечностей использовали метод компьютерной плантографии, который позволяет регистрировать линейные параметры нагрузочного контура стопы и выявлять распределение подошвенной нагрузки по ее отделам. Исследование проводили на программно-аппаратном комплексе «Подоскан» (ООО НМФ «МБН», Россия), усовершенствовав методику определения плантографических характеристик стоп [5].

Для оценки функционирования стоп в динамике использовали биомеханические те-

сты с различной весовой нагрузкой на стопу: нагрузка половиной веса тела на каждую стопу (плантография двуопорная) и весом всего тела на каждую стопу (плантография одноопорная).

Плантографические характеристики стоп были определены у 18 пациентов в возрасте от 5 до 16 лет [средний возраст  $(9,1 \pm 0,87)$  лет] с послеожоговыми рубцовыми деформациями тыла стопы. Для сравнения были определены нормативные значения плантографических характеристик у 12 здоровых детей той же возрастной группы (рис. 1).

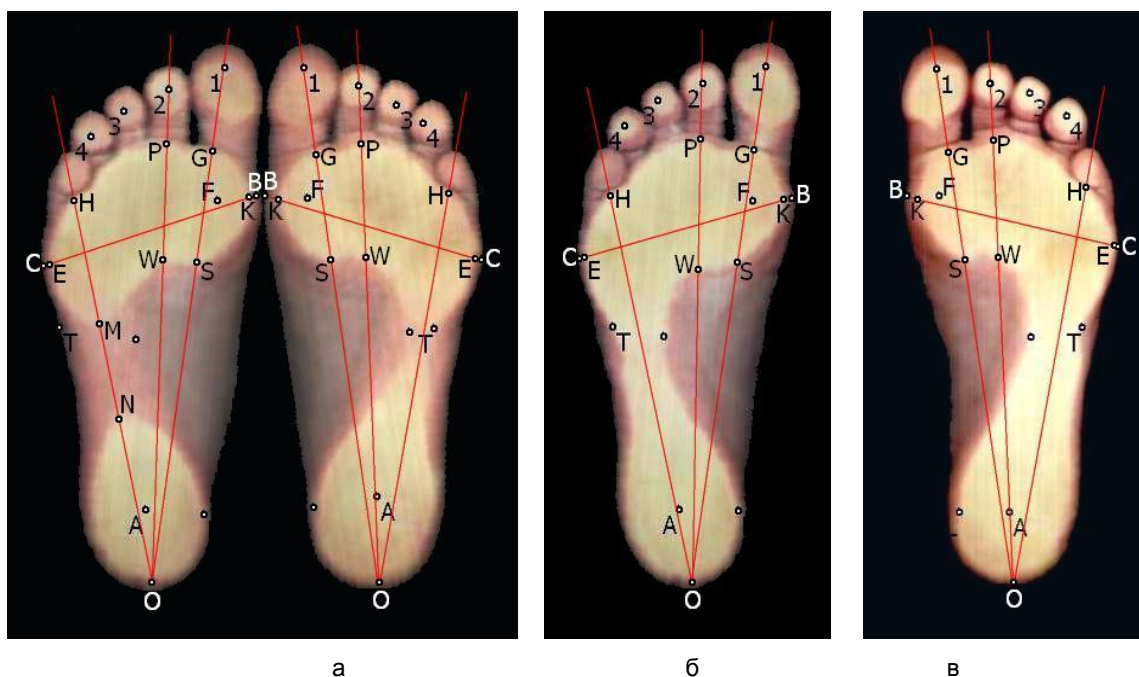


Рис. 1. Идентификационные точки плантограмм здорового ребёнка Б., 12 лет:

- а – плантограмма при двуопорной нагрузке;  
б – плантограмма левой стопы при одноопорной нагрузке;  
в – плантограмма правой стопы при одноопорной нагрузке

На плантограммах расставляли идентификационные точки и соединяли их линиями для расчета индексов опоры стоп: переднего,  $t = KE/BC$ , медиального,  $m = GS/GO$ , срединного,  $s = PW/PO$  и латерального,  $l = MN/NO$ .

Описательный статистический анализ данных проводили с использованием программы Microsoft Excel.

Для исследования линейной взаимосвязи между сводами стопы применяли корреляционный анализ с помощью компьютерных программ SPSS 12.0 и Statgraphics Centurion 16.2 с использованием коэффициента Спирмена  $r_s$ . Корреляция считалась сильной при  $r_s \geq 0,7$ , средней – при  $0,3 < r_s < 0,7$ , слабой – при  $r_s \leq 0,3$  [2].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При поступлении в стационар у 13 (72,2 %) больных с односторонним ожогом тыла стопы при плантографии выявлена ее гипоплазия, уменьшение длины пораженной стопы по сравнению со здоровой стороной составило от 1 до 5 % [в среднем  $(4,3 \pm 0,75)$  %]. Дефицит опорности пальцев стопы на стороне поражения наблюдался у 11 (61,1 %) пациентов, составляя от 1 до 5 пальцев на стопу: в среднем  $(2,4 \pm 0,37)$  пальцев на стопу (рис. 2 а). Такой дефект вызывает значительные нарушения биомеханики стопы, так как пальцы выполняют функцию временных подпорок при балансировке тела, особенно во время ходьбы [4].

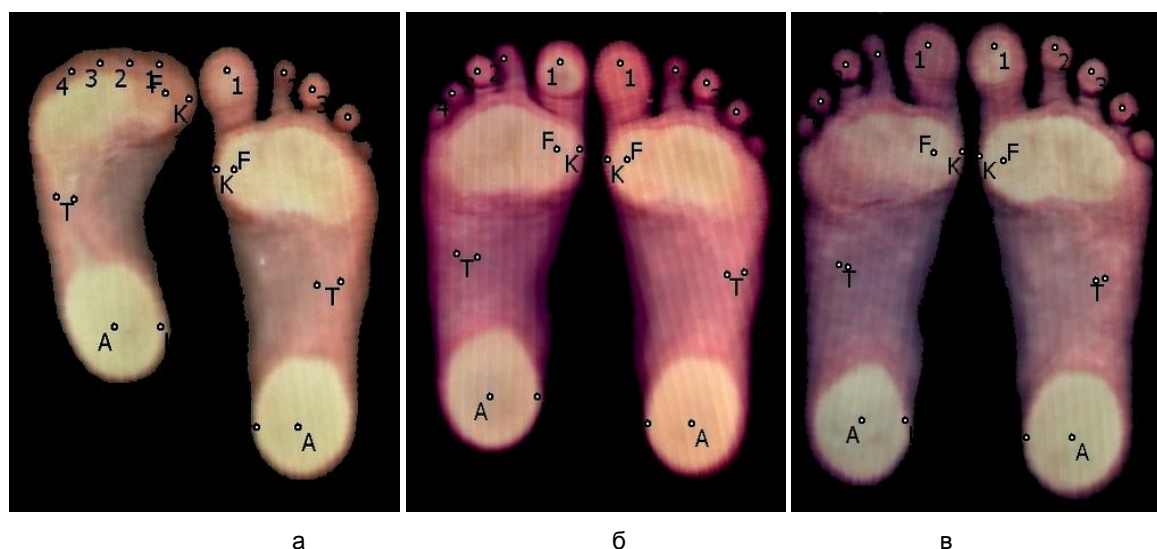


Рис. 2. Плантограммы стоп пациентки М., 6 лет с односторонним ожогом тыла левой стопы:  
 а – до операции (отсутствует опорность I–V пальцев левой стопы, гипоплазия стопы);  
 б – через 2 года после операции (восстановилась опорность I–V пальцев левой стопы;  
 в – через 3 года после операции (уменьшилось отставание в росте левой стопы)

Анализ индексов опоры показал следующее: у здоровых детей при переходе от двуопорной к одноопорной нагрузке происходило значимое изменение индексов опоры: увеличение *t*, *m*, *s* при уменьшении индекса *l*, что свидетельствует об эластичности структур нормальной стопы. У пациентов с односторонним ожогом стопы наблюдалась иная картина: при двуопорной плантографии было выявлено достоверное снижение, по сравнению со здоровыми детьми, средних величин передних индексов опоры *t* и тенденция к нарастанию индекса *l*, что было характерно как для интактной, так и пораженной стороны. Однако на стороне поражения отклонения в указанных индексах

были более выраженные, что указывает на ригидность поперечного и наружного продольного сводов обеих стоп у пациентов, соответственно, на нарушение их рессорной функции, в большей степени – на пораженной стопе.

При одноопорной плантографии у ожоговых больных, в отличие от здоровых детей, показатели большинства индексов опоры контралатеральных стоп значимо отличались от нормы, что свидетельствует о двустороннем нарушении рессорной функции поперечного и продольных сводов стоп у пациентов с односторонним ожогом стопы и указывает на функциональную несостоятельность соответствующих сводов стоп (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная оценка плантографических характеристик стоп здоровых детей и пациентов с послеожоговой рубцовой деформацией тыла стопы до и после лечения**

Категория детей (стопы)		Плантографические индексы ( $\times 10^2$ )								
		Двуопорная плантография (M $\pm$ m)				Одноопорная плантография (M $\pm$ m)				
		<i>t</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>l</i>	
Здоровые (n = 24)		93,6 $\pm$ 0,5	21,8 $\pm$ 0,32	24,0 $\pm$ 0,38	13,3 $\pm$ 2,45	96,2 $\pm$ 0,34*	25,2 $\pm$ 0,3*	26,3 $\pm$ 0,39*	1,7 $\pm$ 1,19*	
Пациенты с послеожоговой рубцовой деформацией тыла стопы (n = 36)	Интактная сторона (n = 18)	до	{88,9 $\pm$ 0,73}	{23,4 $\pm$ 0,77}	{24,7 $\pm$ 1,05}	{17,3 $\pm$ 4,59}	{88,1 $\pm$ 1,09}	{22,9 $\pm$ 0,66}	{24,0 $\pm$ 1,01}	{13,9 $\pm$ 3,42}
		после	{88,7 $\pm$ 0,79}	{22,7 $\pm$ 0,68}	{23,5 $\pm$ 1,11}	{16,7 $\pm$ 5,19}	{89,8 $\pm$ 1,28}	{21,7 $\pm$ 0,35}	{24,3 $\pm$ 0,96}	{10,8 $\pm$ 3,41}
	Пораженная сторона (n = 18)	до	{82,5 $\pm$ 4,05}	{20,8 $\pm$ 2,12}	{21,0 $\pm$ 2,21}	{24,0 $\pm$ 5,07}	{86,5 $\pm$ 1,50}	{23,0 $\pm$ 1,53}	{22,8 $\pm$ 1,33}	{19,3 $\pm$ 4,84}
		после	{78,3 $\pm$ 4,92}	{19,6 $\pm$ 1,08}	{22,1 $\pm$ 1,32}	{26,2 $\pm$ 6,13}	{86,8 $\pm$ 1,48}	{20,4 $\pm$ 1,74}	{22,4 $\pm$ 1,28}	{21,8 $\pm$ 4,83}

\*Достоверно изменяющиеся показатели одноопорной плантографии по сравнению с аналогичными показателями двуопорной с достоверностью не менее  $p < 0,05$ ;

{} показатели, отличающиеся от аналогичных в норме с достоверностью не менее  $p < 0,05$ .

Проведенный корреляционный анализ плантографических индексов позволил изучить линейную взаимозависимость медиального и срединного индексов опоры  $m$  и  $s$ , а также их связь с передним индексом опоры  $t$  (табл. 2).

Корреляционный анализ выявил, что в группе здоровых детей при двуопорной нагрузке на стопы связь между индексами опоры слабая (рис. 3, а). Из этого следует, что при опоре на обе стопы (в статичном положении) поперечный и продольные своды у здоровых детей нагружаются независимо друг от друга. Это согласуется с эффектом разнонаправленного изменении размеров стоп, когда происходит равномерное их распластывание по фронтальной и сагиттальной осям [6].

Таким образом, в норме при опоре на обе конечности распределение нагрузки между сводами стопы является произвольным, что

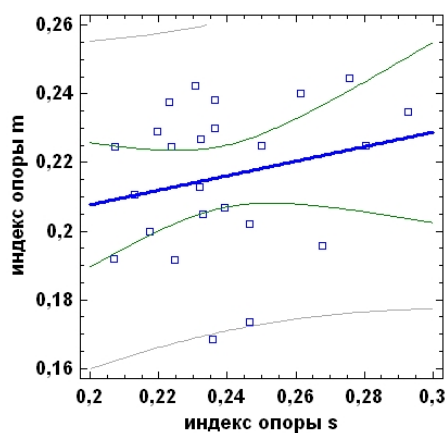
адекватно для состоятельной рессорной функции поперечного и продольных сводов. В нагрузочных тестах с попеременным переносом веса тела на каждую из стоп у здоровых детей происходят, хотя и не выраженные, однако, однонаправленные изменения соотношений между плантографическими индексами. В большей мере повышается связь между продольными сводами, при этом показатель коэффициента корреляции  $r_s$  достигает умеренной величины (рис. 3 б).

В группе пациентов с односторонним ожогом тыла стопы взаимосвязь между сводами стоп носит иной характер: в тестах с дву- и одноопорной нагрузкой выявлена сильная связь между внутренним и срединным продольными сводами контралатеральных стоп, наиболее выраженная на пораженной стороне (рис. 4 а).

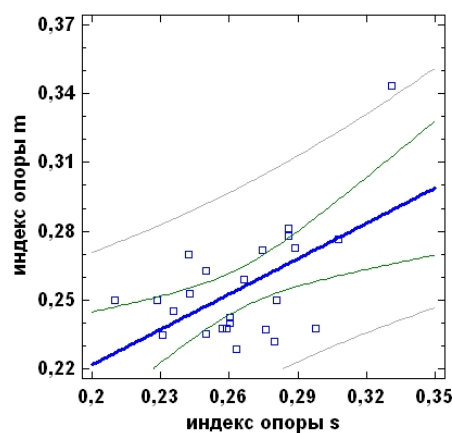
Таблица 2

**Корреляционная связь между индексами опоры стоп у здоровых детей и пациентов с послеожоговой рубцовой деформацией тыла стопы до и после лечения**

Категория детей (стопы)			Коэффициент корреляции $r_s$					
			Двуопорная плантография ( $M \pm m$ )			Одноопорная плантография ( $M \pm m$ )		
			$m \sim t$	$s \sim t$	$m \sim s$	$m \sim t$	$s \sim t$	$m \sim s$
Здоровые ( $n = 24$ )			0,12	0,11	0,23	0,13	0,34	0,57
Пациенты с послеожоговой рубцовой деформацией тыла стопы ( $n = 36$ )	Интakтная сторона ( $n = 18$ )	до	0,31	0,36	0,88	0,21	0,22	0,88
		после	0,30	0,21	0,77	0,23	0,24	0,81
	Пораженная сторона ( $n = 18$ )	до	0,56	0,58	0,95	0,51	0,45	0,91
		после	0,42	0,54	0,35	0,75	0,56	0,82



а



б

Рис. 3. Линия регрессии (жирная) и ее доверительный интервал (тонкие линии) для зависимости медиального индекса опоры  $m$  от срединного индекса опоры  $s$  у здоровых детей: а – при двуопорной нагрузке; б – при одноопорной нагрузке

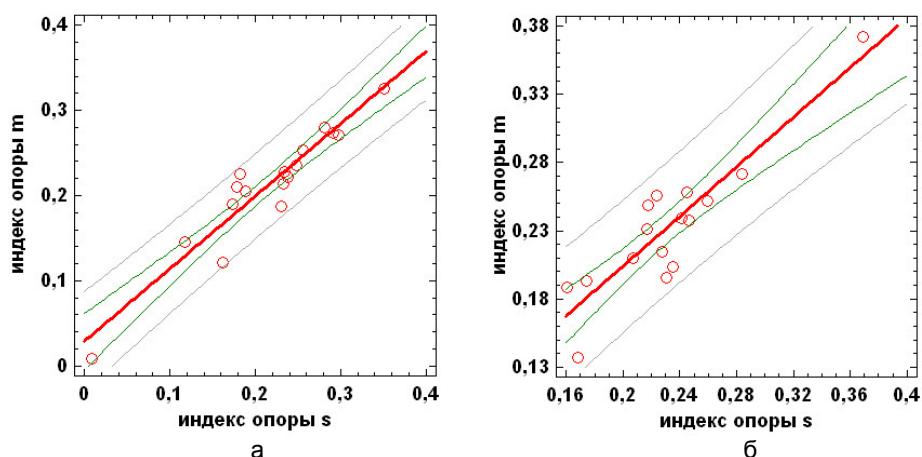


Рис. 4. Линия регрессии (жирная) и ее доверительный интервал (тонкие линии) для зависимости медиального индекса опоры  $m$  от срединного индекса опоры  $s$  пораженной стопы у ожоговых больных до лечения: а – при двуопорной нагрузке; б – при одноопорной нагрузке

Такая опорная стратегия стоп интактной и пораженной сторон может объясняться ригидностью их сводов, патологическая синхронизация работы которых усугубляет снижение амортизационной функции стопы.

После реконструктивного лечения ожоговых больных асимметрия роста стоп уменьшилась с  $(4,3 \pm 0,75) \%$  до  $(1,8 \pm 0,69) \%$  (рис. 2 в). При этом, средний показатель дефицита опорности пальцев на пораженной стопе значительно снизился с  $(2,4 \pm 0,37)$  до  $(0,06 \pm 0,075)$  пальцев на стопу (рис. 2 б).

Таким образом, анализ данных описательной статистики показал, что после лечения у пациентов не наблюдалось какой-либо отрицательной динамики в состоянии сводчатого аппарата контралатеральных стоп. При этом корреляционный анализ выявил нормализацию вновь сформированной опорной стратегии стоп, на что указывает возрастание коэффициента корреляции  $r_s$  в соотношении индексов  $m \sim s$  при переходе от двуопорной нагрузки к одноопорной, что характерно для здоровых детей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение плантографических характеристик у детей с односторонними послеожоговыми рубцовыми деформациями тыла стопы свидетельствуют об отклонениях в опороспособности обеих стоп. При этом на стороне поражения наблюдается нарушение опорной и рессорной функций стопы, на интактной стороне – рессорной функции, что обусловлено патологическим усилением функциональной взаимосвязи между внутренним и срединным продольными сводами стопы. После реконструктивного лечения ожоговых больных отмечены восстановление опорной функции пораженных стоп и тенденция к нормализации опорной стратегии сводчатого аппарата как пораженной, так и интактной сторон, что свидетель-

ствует о признаках восстановления рессорной функции обеих стоп, обеспечивающей адекватную статическую и динамическую опороспособность нижних конечностей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов, С. Б. Хирургические аспекты лечения детей с глубокими ожогами тыльной поверхности кистей и стоп / С. Б. Богданов, Р. Г. Бабичев // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. – 2016. – Т. VI, № 1. – С. 57–62.
2. Зайцев, В. М. Прикладная медицинская статистика / В. М. Зайцев, В. Г. Лифляндский, В. И. Маринкин. – СПб.: Фолиант, 2003. – 428 с.
3. К вопросу о формировании продольного свода стопы у детей / А. И. Перепелкин [и др.] // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2016. – № 1. – С. 32–36.
4. Мицкевич, В. А. Подиатрия [Электронный ресурс] / В. А. Мицкевич, А. О. Арсеньев. – 2-е изд., испр. (эл.). — М.: Лаборатория знаний, 2016. – 140 с.
5. Никитюк, И. Е. Особенности опорной функции стоп у детей с аномалиями развития и приобретенными деформациями челюстных костей / И. Е. Никитюк, Е. Л. Кононова, М. Г. Семенов // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 5. – С. 39–46.
6. Перепелкин, А. И. Исследование упругих свойств стопы человека / А. И. Перепелкин, С. И. Калужский, В. Б. Мандриков // Российский журнал биомеханики. – 2014. – Т. 18, № 3. – С. 381–388.
7. Послеожоговые рубцовые деформации стоп у детей: особенности клиники и лечения / К. А. Афоничев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 2 (56). – С. 32–38.
8. A review of campfire burns in children: The QLD experience / O. Okon [et al.] // Burns. – 2018. – Vol. 44, № 5. – P. 1317–1321.
9. Cousins S. D., Morrison S. C., Drechsler W. I. // J. Foot Ankle Res. – 2012. – Vol. 5, № 1. – P. 8.
10. Normal foot loading parameters and repeatability of the Footscan® platform system / C. Xu [et al.] // J. Foot Ankle Res. – 2017. – Vol. 17, № 10. – P. 30.
11. Sönmez Ergün S. A New Splint for Dorsal Foot Burns / S. Sönmez Ergün // J. Burn Care Res. – 2018. – Vol. 39, № 2. – P. 308–310.