

Е.А. Прищепенко,
К.Р. Гарафутдинова, ✉
Р.П. Ибатуллина,
А.А. Коршунов

Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение, Казань, Российская Федерация

✉ amiliamilka24@gmail.com

Поступила в редакцию:
19.05.2022

Одобрена после рецензирования:
15.09.2022

Принята к публикации:
30.09.2022

Elena A. Prishchipenko,
Kamila R. Garafutdinova,
Rimma P. Ibatullina,
Alexander A. Korshunov

Tatar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science — a separate structural unit, Kazan, Russian Federation

✉ amiliamilka24@gmail.com

Received by the editorial office:
19.05.2022

Accepted in revised:
29.08.2022

Accepted for publication:
15.09.2022

Применение агрохимиката «Татфармат (марка А)» на картофеле

РЕЗЮМЕ

Актуальность. С повышением интереса сельхозтоваропроизводителей к биологическому земледелию возникает необходимость обеспечения аграриев доступными и эффективными биологическими препаратами. В нынешних реалиях, в условиях санкций, особое внимание должно уделяться отечественным производителям биопрепаратов.

Методы. Оценивалась эффективность применения нового микробиологического удобрения «Татфармат (марка А)» для предпосевной обработки клубней картофеля сорта Сальса отечественной селекции. Опыт проводили на серой лесной почве. Исследовались такие показатели, как урожайность картофеля, количество клубней (с 1 куста и с 1 м²), средняя масса товарных клубней (с 1 куста и с 1 м²), фракционный состав клубней (в %) и содержание в клубнях крахмала и витамина С.

Результаты. Выявлено положительное действие биопрепарата «Татфармат (марка А)» на количественные и качественные показатели картофеля. Урожайность в вариантах с применением микробиологического удобрения по сравнению с контролем увеличилась на 4,9–14,8%, количество клубней (с 1 м²) — на 7,8–46,9%, средняя масса товарных клубней (с 1 м²) — на 11,4–33%. Увеличилась доля семенной и продовольственной фракций клубней на 0,5–3,6% и 1,5–3,1% соответственно. Наблюдалось увеличение содержания крахмала в сухом веществе на 0,7–4,7%. Содержание витамина С в клубнях повысилось на 9–19%.

Ключевые слова: агрохимикат, микробиологическое удобрение, картофель, урожайность, качественные показатели урожая

Для цитирования: Прищепенко Е.А., Гарафутдинова К.Р., Ибатуллина Р.П., Коршунов А.А. Применение нового агрохимиката «Татфармат (марка А)» на картофеле. Аграрная наука. 2022; 363 (10): 111–114. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-111-114>

© Прищепенко Е.А., Гарафутдинова К.Р., Ибатуллина Р.П., Коршунов А.А.

Application of the agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on potatoes

ABSTRACT

Relevance. With the increasing interest of agricultural producers in biological farming, there is a need to provide farmers with affordable and effective biological preparations. In the current realities, under the conditions of sanctions, special attention should be paid to domestic manufacturers of biological products.

Methods. The effectiveness of the use of a new microbiological fertilizer "Tatfarmat (marka A)" for pre-sowing treatment of potato tubers of the Salsa variety of domestic selection was evaluated. The experiment was carried out on gray forest soil. We studied such indicators as potato yield, the number of tubers (from 1 bush and from 1 m²), the average mass of marketable tubers (from 1 bush and from 1 m²), the fractional composition of tubers (in %) and the content of starch and vitamin C in tubers.

Results. The positive effect of the biopreparation "Tatfarmat (marka A)" on the quantitative and qualitative indicators of potatoes was revealed. The yield in the variants with the use of microbiological fertilizer increased by 4.9–14.8% compared to the control, the number of tubers (from 1 m²) — by 7.8–46.9%, the average mass of marketable tubers (from 1 m²) — by 11.4–33%. The share of seed and food fractions of tubers increased by 0.5–3.6% and 1.5–3.1%, respectively. There was an increase in the content of starch in dry matter by 0.7–4.7%. The content of vitamin C in tubers increased by 9–19%.

Key words: agrochemical, microbiological fertilizer, potato, productivity, crop quality indicators.

For citation: Prishchipenko E.A., Garafutdinova K.R., Ibatullina R.P., Korshunov A.A. Application of the agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on potatoes. Agrarian science. 2022; 363 (10): 111–114. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-111-114> (In Russian).

© Prishchipenko E.A., Garafutdinova K.R., Ibatullina R.P., Korshunov A.A.

Введение/ Introduction

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из базовых продовольственных культур в Российской Федерации (РФ). РФ входит в число мировых лидеров по производству картофеля, занимая третье место по площади посадки после Китая и Индии. Однако на протяжении последнего времени в стране наблюдается уменьшение посевных площадей этой культуры — по данным Росстата, в 2010 г. площади посева картофеля составили 1,95 млн га, тогда как в 2021 г. — 1,13 млн га. Вместе с этим показатели урожайности в РФ крайне невысоки — в 2020 г. с 1 га было собрано в среднем 16,6 т/га, тогда как в Нидерландах — 46,6 т/га. Причинами получения низких урожаев служат некачественный посадочный материал, низкое естественное плодородие почв, недостаточное минеральное питание, нарушение технологии выращивания и неэффективные севообороты [1–5].

Актуальной тенденцией последних десятилетий является биологизация земледелия, предполагающая использование биопрепаратов в системах защиты и удобрения растений. Биологические средства защиты растений начали применяться в развитых странах с 90-х гг. XX в. Использование биотехнологий в земледелии позволяет увеличить показатели эффективности, а также сократить экологический ущерб от производства продукции. Значительным преимуществом биологических препаратов является их способность к избирательному поражению вредоносных организмов. Основными поставщиками биопрепаратов на мировой рынок являются США, там же отмечаются наибольший объем продаж (более 120 млн ам. долл. в год) и широкий ассортимент предоставляемой продукции. Другие крупные потребители — страны Западной Европы, интенсивное развитие направления наблюдается в странах Латинской Америки и Азии [6–9].

В России рынок биопрепаратов находится на стадии бурного роста. За период 2009–2014 гг. объем рынка в натуральном выражении увеличился в 2 раза. Основными регионами сбыта являются Краснодарский край, Ставропольский край, Воронежская область и другие регионы Черноземья [10, 11].

Расширение доли применения биологических средств защиты растений и микробиологических препаратов позволит увеличить урожайность культур и рентабельность производства, при этом значительно снизив пестицидную и химическую нагрузку на почву.

В связи с этим важной задачей становится разработка и последующая регистрация новых биологи-

ческих препаратов, а также внедрение их в систему земледелия. Одним из подобных препаратов является «Татфармат (марка А)», содержащий комплекс из групп азотфиксирующих и фосфатомобилизующих бактерий, а также микроорганизмов биофунгицидного действия.

Материалы и методы исследований/ Materials and methods

Регистрационные испытания проводили на опытном поле Татарского НИИСХ в с. Большие Кабаны Лаишевского района Республики Татарстан (РТ) в 2020 г. Почва опытного участка — серая лесная среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика: содержание гумуса — 3,2%, pH солевой вытяжки — 6,8 ед., гидролитическая кислотность — 0,68 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований — 23,2 мг-экв./100 г почвы, содержание щелочно-гидролизующего азота — 84,0 мг/кг, подвижного фосфора — 143,0 мг/кг и обменного калия — 107 мг/кг.

Объектами исследования стали микробиологическое удобрение «Татфармат (марка А)» производства ООО «НПИ Биопрепараты» и районированный среднеранний столовый картофель сорта Сальса селекции Татарского НИИСХ (товарная урожайность — 168–398 ц/га).

Состав микробиологического удобрения «Татфармат (марка А)»: *Rhizobium* — клубеньковые бактерии, *Arthrobacter mysorens* 7, *Flavobacterium* sp. L. 30, *Agrobacterium radiobacter* 10, *Agrobacterium radiobacter* 204, *Bacillus subtilis* *Pseudomonas chlororaphis* 2137, *Azospirillum lipoferum* 137. Титр — не менее 2,5 млрд. Препаративная форма — порошок.

Схема опыта:

1. Контроль — $N_{60}P_{60}K_{80}$.
2. $N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т.
3. $N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т.
4. $N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т.

Площадь опытных делянок составила 100 м², площадь учетных делянок — 50 м²; повторность — четырехкратная.

Статистическая обработка данных была проведена по Б.А. Доспехову с помощью программы «Microsoft Office Excel 2016» [12].

Таблица 1. Влияние агрохимиката «Татфармат (марка А)» на урожайность картофеля сорта Сальса

Table 1. Influence of agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on the yield of Salsa potato variety

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%
1	Контроль — $N_{60}P_{60}K_{80}$	212,7	—	—
2	$N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	232,6	19,9	9,4
3	$N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	244,1	31,4	14,8
4	$N_{60}P_{60}K_{80}$ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	223,2	10,5	4,9
	HCP ₉₅	7,0	—	—

Таблица 2. Влияние агрохимиката «Татфармат (марка А)» на структуру урожая картофеля сорта Сальса

Table 2. Influence of the agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on the structure of the Salsa potato variety

№ п/п	Вариант	Количество клубней, шт.		Средняя масса товарных клубней, кг		% фракции по массе клубней		
		с одного куста	с 1 м ²	с одного куста	с 1 м ²	мелкая	семенная	продовольственная
1	Контроль — N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀	6,5	32,1	0,374	1,85	6,7	46,0	47,3
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	7,5	34,6	0,423	2,18	2,4	48,2	50,4
3	N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	9,5	46,9	0,499	2,46	1,4	49,6	49,0
4	N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	8,0	39,5	0,408	2,06	4,7	46,5	48,8
	HCP ₉₅	0,6	1,9	0,008	0,09	0,52	0,91	1,09

Результаты и обсуждение/ Results and discussion

Урожайность культуры является основным критерием оценки эффективности различных препаратов. Применение «Татфармат (марка А)» на фоне минеральных удобрений достоверно повысило урожайность картофеля. Наибольшая прибавка урожая получена в варианте с расходом 2,0 л/т клубней — 244,1 ц/га, прибавка по отношению к контролю составила 31,4 ц/га, или 14,8% (табл. 1).

Увеличение расхода агрохимиката до 3,0 л/т клубней снизило урожайность по сравнению с другими вариантами с применением микробиологического удобрения — на 9,4 т/га (4%) по отношению к варианту с расходом 1,5 л/т клубней и на 20,9 т/га (8,6%) — к варианту с расходом агрохимиката 2,0 л/т клубней.

Оценивалось также влияние «Татфармат (марка А)» на структуру урожая картофеля. Выявлено значительное увеличение количества клубней как с одного куста, так и с 1 м² во всех опытных вариантах (табл. 2).

Средняя масса товарных клубней варьировала по вариантам опыта от 0,374 кг в контроле до 0,499 кг (вариант с расходом агрохимиката 2,0 л/т). Средняя масса клубней с 1 м² также была наивысшей в варианте с расходом препарата 2,0 л/т клубней и составила 2,46 кг, что выше контроля на 0,61 кг.

Предпосевная обработка клубней «Татфармат (марка А)» позволила увеличить долю семенной и продовольственного картофеля по отношению к контролю. В контрольном варианте доля семенного картофеля составила 46,0%, продовольственного — 47,3%. Наибольшее увеличение доли семенной фракции наблюдалось

в варианте с расходом препарата 2,0 л/т, фракции столового картофеля — при предпосевной обработке с расходом 1,5 л/т клубней.

В ходе исследований было изучено влияние предпосевной обработки «Татфармат (марка А)» на качественные показатели картофеля. Применение микробиологического удобрения незначительно повысило содержание крахмала в натуральном веществе (табл. 3).

Процентное содержание крахмала в сухом веществе клубней достоверно повысилось во всех вариантах опыта и варьировало от 58,7% (контроль) до 63,4% (расход агрохимиката 1,5 л/т).

Содержание витамина С в контрольном варианте и при применении «Татфармат (марка А)» с расходом 1,5 л/т составило 15%. Увеличение показателя наблюдалось в вариантах с расходом агрохимиката 2,0 л/т и 3,0 л/т — 24 и 34% соответственно.

Выводы/ Conclusion

Таким образом, предпосевная обработка клубней новым микробиологическим удобрением «Татфармат (марка А)» способствовала повышению урожайности картофеля, увеличению семенной и продовольственной фракций по сравнению с контролем и повышению качества получаемой сельскохозяйственной продукции. По совокупности исследуемых показателей наиболее эффективной оказалась предпосевная обработка клубней микробиологическим удобрением «Татфармат (марка А)» с расходом агрохимиката 2,0 л/т.

Таблица 3. Влияние агрохимиката «Татфармат (марка А)» на качество клубней

Table 3. Influence of agrochemical "Tatfarmat (marka A)" on the quality of tubers

№ п/п	Вариант	Крахмал, %		Витамин С, %
		в натуральном веществе	в сухом веществе	
1	Контроль — N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀	12,7	58,7	15
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 1,5 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	12,8	63,4	15
3	N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 2,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	13,1	59,4	24
4	N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀ + «Татфармат (марка А)». Предпосевная обработка клубней, расход агрохимиката — 3,0 л/т семян, расход рабочего раствора — 10 л/т	12,7	62,0	34
	HCP ₉₅	0,49	0,56	4,13

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена в рамках Государственного задания № FMEG-2021-0003, регистрационный номер 121021600147-1.

FUNDING:

The work was carried out within the framework of State Assignment No. FMEG-2021-0003, registration number 121021600147-1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Картофелеводство России: состояние и перспективы в новых условиях. Е.А. Симаков, Б.В. Анисимов, С.В. Жевора. Картофель и овощи. 2022; 4: 3-6. DOI 10.25630/PAV.2022.80.38.001.
2. Лобырев, И. С. Картофелеводство в России и Брянской области, современное состояние, проблемы и перспективы развития. *Вестник Брянского государственного университета*. 2012; 3-2: 46-50.
3. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб. Росстат М., 2021; 100 с. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf [Дата обращения 09.05.2022].
4. С. В. Жевора, Б. В. Анисимов, Е. А. Симаков [и др.] Состояние и актуальные проблемы картофелеводства в России *Агро-инновации*. 2019; 1(1): 4-14. DOI 10.35244/11-01
5. Average potato production per hectare in the Netherlands from 2012 to 2021. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/753103/average-potato-production-per-hectare-in-the-netherlands/> [Дата обращения 04.05.2022]
6. Н. Г. Захарова, З. Ю. Сираева, И. П. Демидова, С. Ю. Егоров Создание биопрепаратов, перспективных для сельского хозяйства. *Ученые записки Казанского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2006. 148(2): 102-111.
7. Бизюкова, О. В. Обзор мирового рынка микробиопрепаратов. Защита и карантин растений. 2012;3: 9-12.
8. Монастырский, О. А. Биопрепараты: типы, рынки в России и в других странах. *Агрохимия*. 2019;11: 86-90. DOI 10.1134/S0002188119110085.
9. Азизбекян, Р. Р. Биологические препараты для защиты сельскохозяйственных растений (Обзор) *Биотехнология*. 2018. 34(5); 37-47. DOI 10.21519/0234-2758-2018-34-5-37-47.
10. Зыков, С. А. Биопрепараты в современной земледелии АгроФорум. 2019; 3: 21-27.
11. Обзор рынка биотехнологий в России и оценка перспектив его развития. — Frost&Sullivan. 2014. 70 с. Режим доступа: https://media.rbcn.ru/media/reports/_20141020_Russia_Biotechnology_Market_fin.pdf [Дата обращения 11.05.2022].
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 351 с.

REFERENCES

1. Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevor S.V. [et al.] Potato growing in Russia: current state and prospects under new conditions. *Kartofel' i ovoshchi*. 2022; 4: 3-6 (In Russian). DOI 10.25630/PAV.2022.80.38.001.
2. Lobyrev I.S. Potato growing in Russia and the Bryansk region, a current state, problems and development prospects. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012; 3-2: 46-50 (In Russian).
3. Agriculture in Russia. 2021. Statistical compendium. *Rosstat*. M., 2021. 100 p. Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf [Accessed May 09, 2022] (In Russian)
4. Zhevor S.V., Anisimov B.V., Simakov E.A. [et al.] Status and actual problems of potato-growing in Russia. *Agro-innovacii*. 2019; 1(1): 4-14 (In Russian)]. DOI 10.35244/11-01.
5. Average potato production per hectare in the Netherlands from 2012 to 2021. Available from: <https://www.statista.com/statistics/753103/average-potato-production-per-hectare-in-the-netherlands/> [Accessed May 04, 2022].
6. Zakharova N.G., Sirayeva Z.Yu., Demidova I.P., Yegorov S.Yu. Perspective for agriculture biopreparations. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Estestvennye nauki*. 2006; 148(2): 102-111 (In Russian).
7. Bizyukova O.V. World microbiological preparations market survey. *Zashchita i karantin rastenij*. 2012;3: 9-12 (In Russian)
8. Monastyrskii O.A. Biologics: types, markets in Russia and in other countries. *Agrokhimija*. 2019;11: 86-90 (In Russian)]. DOI 10.1134/S0002188119110085.
9. Azizbekyan, R. R. Biological Preparations for Agricultural Plants Protection. *Biotechnology in Russia*. 2018. 34(5); 37-47. DOI 10.21519/0234-2758-2018-34-5-37-47.
10. Zikov S.A. Biological preparations in modern agriculture. *AgroForum*. 2019; 3: 21-27 (In Russian)
11. Overview of the biotechnology market in Russia and assessment of its development prospects. Frost&Sullivan. 2014: 70p. Available from: https://media.rbcn.ru/media/reports/_20141020_Russia_Biotechnology_Market_fin.pdf [Accessed May 11, 2022] (In Russian)]
12. Dospikhov B.A. Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results). M.: Kolos. 1985. 351 p. (In Russian)

ОБ АВТОРАХ:

Елена Александровна Прищепенко

кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель института Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-9068-3014>

Камила Рустемовна Гарифутдинова

научный сотрудник лаборатории агрохимического и биохимического анализов Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: amiliamilka24@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-6943-0779>

Римма Петровна Ибатуллина

кандидат биологических наук, руководитель НПО «Биопрепараты». Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр РАН, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9888-4841>

Коршунов Александр Андреевич

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и регуляторов роста ФГБНУ «Институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Казанский научный центр, ул. Оренбургский тракт 20 А, Казань, 420059, Российская Федерация E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1392-4133>

ABOUT THE AUTHORS:

Elena Alexandrovna Prishchepenko

candidate of Agricultural Sciences, Head of the Institute Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-9068-3014>

Kamila Rustemovna Garafutdinova

researcher of the laboratory of agrochemical and biochemical analysis Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: amiliamilka24@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-6943-0779>

Rimma Petrovna Ibatullina

candidate of Biological Sciences, Head of the research and production association "Biopreparaty". Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9888-4841>

Korshunov Alexander Andreevich

candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for testing elements of agrotechnologies, agrochemicals and growth regulators of the Pryanishnikov Institute of Agrochemistry. Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Kazan Scientific Center of RAS. 20 A Orenburgski trakt, Kazan, 420059, Russian Federation E-mail: niiaxp2@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1392-4133>