

DOI: 10.15593/2224-9400/2017.3.01

УДК 631.8; 633

**И.М. Суханова, И.А. Яппаров, Р.Р. Газизов,
Л.М. Яппарова, И.С. Садеретдинова, Г.Х. Нуртдинова**

Татарский научно-исследовательский институт агрохимии
и почвоведения, Республика Татарстан, Казань, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ И ИХ НАНОАНАЛОГОВ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГРЕЧИХИ И СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ

Сохранение и повышение плодородия почв, получение высоких урожаев является основной проблемой современного земледелия. Высокие цены на производство органо-минеральных удобрений, низкие объемы их применения, экспортные поставки за границу приводят к необходимости использования местных природных нерудных минералов (агроминералов) и их активированных аналогов.

Применение агроминералов – сапропеля, глауконита и биогумуса в растениеводстве в качестве мелиорантов, удобрений и стимуляторов роста обусловлено наличием биогенных макро- и микроэлементов, высокими ионообменными, сорбционными и каталитическими свойствами.

Использование природных удобрений и их нанокмполитов в качестве дополнения к основным фоновым удобрениям для повышения продуктивности и улучшения качества сельскохозяйственных культур является актуальной темой исследований.

В работе проведены исследования влияния предпосевной обработки семян водными суспензиями глауконита, сапропеля и биогумуса и аналогичными наносуспензиями на морфометрические показатели гречихи и содержание белка в зерне.

Пропитка семенного материала нанобиогумусом увеличила длину стебля гречихи относительно фона на 20,9 %, прирост к обработке макросуспензией составил 15,6 %. Продуктивность гречихи по варианту также была максимальной 12,27 г/сосуд, прибавка к обработке суспензией биогумуса составила 6,14 %. Содержание белка в зерне гречихи с использованием нанокмполитного органического удобрения также было высоким и составило 12,5 %, что на 14,6 % выше, чем в варианте с макроаналогом. Обработка ультрадисперсной наносуспензией сапропеля увеличила вес корней и растений культуры, превысив показатели варианта с чистым сапропелем на 25,5 и 29 % соответственно.

Ключевые слова: наносуспензии, агроминералы, глауконит, сапропель, биогумус, обработка семян, морфометрические параметры, белок, качество.

**I.M. Sukhanova, I.A. Yapparov, R.R. Gazizov,
L.M. Yapparova, I.S. Saderetdinova, G.Kh. Nurtdinova**

Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry
and Soil Science, Republic of Tatarstan, Kazan, Russian Federation

EVALUATION OF INFLUENCE OF ORGANOMINERAL SUSPENSIONS AND THEIR NANOANALOGUES ON MORPHOMETRIC PARAMETERS GREEKHI AND PROTECTION OF PROTEIN IN GRAIN

Preservation and improvement of soil fertility, obtaining high yields, is the main problem of modern agriculture. High prices for the production of organo-mineral fertilizers, low volumes of their use, export supplies abroad lead to the need to use local natural non-metallic minerals (agromineral) and their activated analogues.

The use of agrominerals – sapropel, glauconite and biohumus in plant growing as meliorants, fertilizers and growth stimulators is caused by the presence of biogenic macro- and microelements, high ion-exchange, sorption and catalytic properties.

The use of natural fertilizers and their nanocomposites as a supplement to basic background fertilizers to increase productivity and improve the quality of crops is an urgent research topic.

In the work, studies were conducted on the effect of presowing seed treatment with aqueous suspensions of glauconite, sapropel and biohumus and similar nanosuspensions on the morphometric characteristics of buckwheat and the protein content in the grain.

Impregnation of the seed material with nanobiobium has increased the length of the buckwheat stalk relative to the background by 20.9 %, the increment to the macrosuspension treatment was 15.6 %. The buckwheat productivity according to the variant was also maximal and amounted to 12.27 g / vessel, the increment to processing with a vermicompost suspension was 6.14 %. The protein content of the buckwheat grains using nanocomposite organic fertilizer was also high and amounted to 12.5 %, which is 14.6 % higher than in the macroanalogue version. The treatment with sapropel with a nanodispersed nanosuspension increased the weight of roots and plant cultures, exceeding the parameters of the variant with pure sapropel by 25.5 and 29 %, respectively.

Keywords: *nanosuspensions, agromineral, glauconite, sapropel, biohumus, seed treatment, morphometric parameters, protein, quality.*

Республика Татарстан (РТ) обладает большими запасами полезных ископаемых: карбонатов, цеолитов, бентонитов, фосфоритов, глауконитов, сапропелей, торфа и др. Использование данного сырья

в качестве природных удобрений позволит повысить объемы производства сельскохозяйственной продукции с одновременным улучшением ее качества и биологической полноценности [1, 2].

Видами природного и экологически безопасного удобрения являются биогумус, сапропель и глауконит. Биогумус (вермикомпост) – продукт биоконверсии отходов животноводства с помощью технологических червей. Он содержит в сбалансированном природой виде комплекс питательных веществ и микроэлементов, биологически активные ферменты, антибиотики, витамины, гормоны роста и развития растений, большое количество гуминовых веществ [3]. Сапропель применяется на всех типах почв для увеличения содержания органического вещества, макро- и микроэлементов, улучшения водно-физических свойств почвы и нейтрализации кислотности. Глауконит (от греч. *glaukos* – голубовато-зеленый) – это сложный калийсодержащий минерал из группы гидрослюд с высоким содержанием окисных форм железа, тонкорассеянного фосфатного вещества и микроэлементов [4]. Состав агроминералов позволяет применять их в сельскохозяйственном производстве в качестве удобрений и в этом ключе особую значимость имеет использование для обработки семян экологических природных материалов с органо-минеральными составляющими и их наноаналогов для роста и развития растений, повышения урожайности и качества продукции.

Изучены различные дозы внесения глауконита, сапропеля и биогумуса в почву, но данные по применению наноструктурных их составляющих для предпосевной обработки семян, т.е. локальному использованию в зоне роста растений, отсутствуют. Предпосевная обработка семян имеет неоспоримое преимущество, так как правильно и качественно подготовленные к посеву семена – одно из главных условий формирования оптимальной структуры урожайности. Молекулярные структуры, находящиеся в наноразмерном состоянии, лучше усваиваются клетками растений, что существенно повышает все их биометрические показатели [5].

Экспериментальная часть

На базе института в условиях вегетационного опыта был проведен эксперимент с гречихой Чатыр-Тау. Используются сосуды Вагнера с весом почвы 5 кг. Повторность трехкратная.

Почва – серая лесная среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса –2,48 %; P_2O_5 –132,0 мг/кг;

K_2O – 114,0 мг/кг; сумма поглощенных оснований – 17,7 мг-экв./100 г почвы; гидролитическая кислотность – 3,05 мг-экв./100 г почвы, pH_{KCl} – 5,5.

Схема опыта:

- 1) контроль (без удобрений);
- 2) фон $N_{60}P_{60}K_{60}$;
- 3) фон + обработка семян суспензией глауконита 1,5 кг/т;
- 4) фон + обработка семян суспензией сапропеля 1,5 кг/т;
- 5) фон + обработка семян суспензией биогумуса 1,5 кг/т;
- 6) фон + обработка семян суспензией наноглауконита 1,5 кг/т;
- 7) фон + обработка семян суспензией наносапропеля 1,5 кг/т;
- 8) фон + обработка семян суспензией нанобиогумуса 1,5 кг/т.

Для оценки содержания белка в зерне гречихи фон с использованием минеральных удобрений рассматривали как контроль.

Использован сапропель озера Белое Тукаевского района РТ, глауконит Сюдюковского месторождения Тетюшского района РТ и биогумус производства Владимирской области (г. Ковров). Качественные характеристики удобрений отражены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав агроминералов, %

Элементы	Сапропель	Глауконит	Биогумус
Органическое вещество	22–40	–	24,6–50
N общ.	0,9–1,2	–	1,0–2,07
pH	7,3	–	7,1–7,4
FeO	0,17–4,66	7,3	0,6–2,5
CaO	11,7–26,0	28,5	1,03
K_2O	1,03	1,8	1,0–3,66
P_2O_5	0,5–0,7	9,7	1,0–2,56

Водные суспензии агроминералов и их наноструктурных суспензий приготовлены из расчета 1:4. Для получения наноструктурных агроминералов использован метод ультразвукового воздействия. Исходный порошкообразный минерал помещали в деионизированную воду. Полученную суспензию подвергали ультразвуковому диспергированию, в результате чего получали взвесь равномерно распределенных частиц агроминерала наноразмерного диапазона в деионизированной воде [4].

В вегетационном опыте проведены: агрохимический анализ почвы на содержание органического вещества (ГОСТ 26213–91), P_2O_5 и K_2O по Кирсанову (ГОСТ Р 54650–2011), определение гидролитической кислотности H_T (ГОСТ 26212–91), pH_{KCl} (ГОСТ 26483–85) и сум-

мы поглощенных оснований (ГОСТ 27821–88); химический анализ зерна на содержание белка (ГОСТ 10846–91); в течение всего вегетационного периода проводились наблюдения за динамикой роста и развития растений. Данные исследований статистически обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием компьютерных программ [6].

Результаты и их обсуждение

Период вегетации гречихи длился 88 дней. Благоприятные погодные условия и регулярный полив сосудов способствовали благоприятному развитию растений.

Варианты с обработкой семян наносуспензией биогумуса отличались от других вариантов нарастанием вегетативной массы растений и длиной стебля до 92,5 см (табл. 2). Биогумус, содержащий в своем составе комплекс питательных веществ, гормоны роста и развития в наноструктурном виде, обеспечивал максимальное проникновение в поры

Таблица 2

Морфометрические параметры гречихи Чатыр-Тау

Вариант	Высота растений, см	Вес растений	Вес корней	Вес зерна
		сухая биомасса, г/сосуд		
1. Контроль (без удобрений)	59,0	4,85	0,36	3,20
2. Фон N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	76,5	10,8	0,90	10,95
3. Фон + обработка семян суспензией глауконита	77,0	11,3	0,94	11,0
4. Фон + обработка семян суспензией сапропеля	80,5	12,4	0,90	11,02
5. Фон + обработка семян суспензией биогумуса	80,0	14,7	0,98	11,56
6. Фон + обработка семян суспензией наноглауконита	83,5	13,0	0,81	11,55
7. Фон + обработка семян суспензией наносапропеля	83,5	16,0	1,13	11,83
8. Фон + обработка семян суспензией нанобиогумуса	92,5	15,0	1,10	12,27
НСР ₀₅	5,67	0,7	0,1	0,75

семян, способствовал пролонгированному выделению действующих веществ, обладающих биологической активностью. Увеличение высоты растений относительно макросуспензии составило 15,6 %. Наносуспензии сапропеля и глауконита способствовали приросту высоты растений

относительно макроаналогов в меньшей степени – на 3,7 и 8,4 %. Растения гречихи в вариантах с использованием наноструктурных суспензий глауконита и сапропеля по развитию и высоте стебля были практически равноценны.

Диффузная пропитка семян макросуспензиями также была эффективна по сравнению с фоновым и контрольным вариантами. Прибавка длины стебля гречихи в варианте с использованием сапропеля составила 5,2 % относительно фонового варианта.

По показателям веса растений и корней у культур наилучший результат получен в варианте с предпосевной обработкой наноструктурной суспензией сапропеля. Прослеживалась корреляция надземной и подземной вегетативной массы. Прирост биомассы корней и растений к варианту с предпосевной обработкой суспензией сапропеля составил 25,6 и 29,0 %. Масса корней и растений в варианте с обработкой наноструктурным биогумусом также была ощутима и составила 1,10 и 15,0 г/сосуд, что отразилось на продуктивности культуры. Благодаря высокой усваивающей способности корневой системы, потребление питательных веществ у гречихи идет значительно быстрее, чем у злаковых растений, в результате за короткий промежуток времени растение формирует большую вегетативную массу и урожай [7].

Выделение из органических и органо-минеральных удобрений в раствор гуминовых веществ и микроэлементов способствовало повышению усваивания питательных веществ; активному развитию корневой системы; усвоению азота без образования нитратов; ускорению синтеза хлорофилла, сахаров, витаминов, аминокислот. Структура обычных и наноструктурных агроминералов значительно отличается, несмотря на близкий химический и минеральный состав. Наноструктурные агроминералы отличаются тонким измельчением частиц (менее 100 нм). Минимальные размеры значительно увеличивают активную поверхность частиц удобрений, повышается растворение в слабых кислотах почвенного раствора, улучшается усвоение комплекса питательных веществ растениями и повышается урожайность сельскохозяйственных культур в дальнейшем [8, 9].

Рассматривая показатели массы зерна у гречихи, стоит выделить варианты с использованием ультрадисперсных суспензий сапропеля и биогумуса. Превышение относительно макросуспензий составило 7,4 и 6,2 %, прирост к фоновым показателям – 8,0 и 12,1 % соответственно.

По содержанию белка и незаменимых аминокислот в зерне гречиха превосходит большинство зерновых культур. Биологическую ценность белка этой культуры определяют 8 незаменимых (не синтезируемых организмом человека) аминокислот. Наиболее высокое содержание в зерне гречихи лизина, метионина, триптофана, треонина и условно незаменимой аминокислоты аргинина. Слабое формирование фотосинтезирующего листового и стеблевого аппарата вследствие дефицита азота, в свою очередь, ограничивает образование органов плодоношения и ведет к снижению урожая и уменьшению количества белка в продукции [10]. Размеры растений и вес надземной биомассы гречихи в вариантах с предпосевной обработкой семян нанокompозитами глауконита и биогумуса повлияли в конечном итоге на содержание белка в зерне, которое было максимальным и составило 11,9–12,53 % соответственно (рисунок). Варианты с использованием суспензий в виде натуральной формы уступили по содержанию белка аналогичным наноструктурированным суспензиям на 2,81–4,46 %.

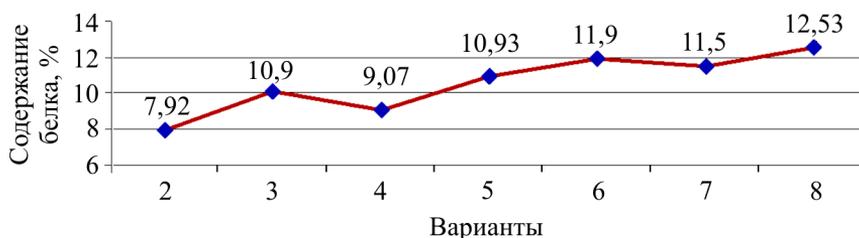


Рис. Содержание белка в зерне гречихи

Таким образом, для развития гречихи, формирования урожая и качества зерна в вегетационных сосудах с использованием природных агроминералов складывались благоприятные условия. По нашему мнению, нановещества, обладая большой удельной площадью поверхности, обеспечили более быстрое всасывание и усвоение культурой микро- и макроэлементов, входящих в состав агроминерала, что положительно отразилось на развитии, продуктивности культуры и качестве зерна. В варианте с использованием наноструктурной суспензии биогумуса для предпосевной обработки семян получен наибольший выход зерна гречихи с высоким показателем белка. Также использование нанокompозита способствовало максимальному росту вегетативной массы растений, длины соломины, что может не только послужить рекомендацией для выращивания зерновых культур, но и быть полезной для кормопроизводства. На морфометрические параметры веса корней и растений культур положительно сказалось использование наносапропеля.

Список литературы

1. Агроминеральные ресурсы Татарстана и перспективы их использования / Р.Х. Абузяров, Ф.Г. Ахметов, П.А. Аблямитов [и др.]; под ред. А.В. Якимова. – Казань: ФЭн, 2002. – 272 с.
2. Технологические приемы эффективного использования местных агроминералов в земледелии Республики Татарстан / Т.Х. Ишкаев, А.Х. Яппаров, Ш.А. Алиев. – Казань: Центр инновационных технологий, 2010. – 112 с.
3. Суханова И.М. Агроэкологическая роль биогумуса на серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан: дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2004. – 164 с.
4. Научное обоснование получения наноструктурных и нанокompозитных материалов и технологии их использования в сельском хозяйстве: моногр. / А.Х. Яппаров, Ш.А. Алиев, И.А. Яппаров, А.М. Ежкова, И.А. Дегтярева, В.О. Ежков [и др.]. – Казань, 2014. – 304 с.
5. Дrajирование семян льна-долгунца с использованием электротехнологий и наноудобрений / А.Б. Спиридонов, В.В. Касаткин, П.В. Дородов // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 92(08). – С. 447–456.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Кадырова Ф.З. Возделывание гречихи в Республике Татарстан / Татар. науч.-исслед. ин-т сел. х-ва. – Казань, 2001. – 32 с.
8. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2007. – 416 с.
9. Изучение наноструктуры почек норок методом прерывисто-контактной атомно-силовой микроскопии / В.О. Ежков [и др.] // NANOTECH'2012: материалы IV междунар. Казан. иннов. нанотехнол. форума (Казань, 27–29 ноября 2012 г.). – Казань: Изд-во ГУП РТ «Татарстанский ЦНТИ», 2012. – С. 327–331.
10. Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрохимия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 304 с.

References

1. Abuziarov R.Kh., Akhmetov F.G., Abliamitov P.A. et al. Agromineral'nye resursy Tatarstana i perspektivy ikh ispol'zovaniia [Agromineral resources of Tatarstan and prospects for their use]. Ed. A.V. Yakimova. Kazan, Feng, 2002, 272 p.

2. Ishkaev T.Kh., Iapparov A.Kh., Aliev Sh.A. Tekhnologicheskie priemy effektivnogo ispol'zovaniia mestnykh agromineralov v zemledelii Respubliki Tatarstan [Technological methods of effective use of local agronomineral in agriculture of the Republic of Tatarstan]. Kazan, Center for Innovative Technologies, 2010, 112 p.

3. Sukhanova I.M. Agroekologicheskaiia rol' biogumusa na serykh lesnykh pochvakh Predkam'ia Respubliki Tatarstan [Agroecological role of biohumus on gray forest soils of the Precambrian Republic of the Republic of Tatarstan]. Ph. D. thesis. Kazan, 2004, 164 p.

4. Iapparov A.Kh., Aliev Sh.A., Iapparov I.A., Ezhkova A.M., Degtiareva I.A., Ezhkov V.O. et al. Nauchnoe obosnovanie polucheniia nanotrukturnykh i nanokompozitnykh materialov i tekhnologii ikh ispol'zovaniia v sel'skom khoziaistve [Scientific substantiation of obtaining nanostructural and nanocomposite materials and technology of their use in agriculture]. Kazan, 2014, 304 p.

5. Spiridonov, A.B., Kasatkin V.V., Dorodov P.V. Drazhirovanie semian l'na-dolguntsa s ispol'zovaniem elektrotekhnologii i nanoudobrenii [Draining of seeds of flax-dolguntsa with the use of electrotechnologies and nanofertilizers]. *Scientific Journal of KubSAU*, 2013, no. 92 (08), pp. 447-456.

6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniia) [Method of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. 5th ed. Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p.

7. Kadyrova F.Z. Vozdelyvanie grechikhi v Respublike Tatarstan [Buckwheat cultivation in the Republic of Tatarstan]. Kazan: Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, 2001, 32 p.

8. Gusev A.I. Nanomaterialy, nanostruktury, nanotekhnologii [Nanomaterials, nanostructures, nanotechnologies]. Moscow, FIZMATLIT, 2007, 416 p.

9. Ezhkov V.O. Izuchenie nanostruktury pochek norok metodom preryvисто-kontaktnoi atomno-silovoi mikroskopii [The study of the nanostructure of the kidneys of burrows by the method of intermittent-contact atomic force microscopy]. *NANOTECH'2012*, 27-29 November, Kazan, 2012, Publishing house of the State Unitary Enterprise of the Republic of Tatarstan "Tatarstan Central Scientific and Technical Center", 2012, pp. 327-331.

10. Smirnov P.M., Muravin E.A. Agrokhimiiia [Agrochemistry]. 2nd ed. Moscow, Kolos, 1984, 304 p.

Получено 16.08.2017

Об авторах

Суханова Ирина Михайловна (Казань, Россия) – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения (420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 20 а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Яппаров Ильдар Ахтамович (Казань, Россия) – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения (420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 20 а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Газизов Расим Рашидович (Казань, Россия) – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения (420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 20 а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Яппарова Лилия Мусовна (Казань, Россия) – младший научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения (420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 20 а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Садеретдинова Илюза Сафуановна (Казань, Россия) – младший научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения, (420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 20 а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Нуртдинова Гузаль Хасановна (Казань, Россия) – младший научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения (420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 20 а, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

About the authors

Irina M. Sukhanova (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. of Biological Sciences, Leading Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science (20a, Orenburg tract, 420059, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Ildar A. Yapparov (Kazan, Russian Federation) – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science (20a, Orenburg tract, 420059, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Rasim R. Gazizov (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. of agricultural sciences, Leading Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science (20a, Orenburg tract, 420059, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail: niiaxp2 @ Mail.ru).

Liliya M. Yapparova (Kazan, Russian Federation) – Junior Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science (20a, Orenburg tract, 420059, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Ilyuza S. Sadeterdinova (Kazan, Russian Federation) – Junior Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science (20a, Orenburg tract, 420059, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail: niiaxp2@mail.ru).

Guzal K. Nurtdinova (Kazan, Russian Federation) – Junior Researcher, Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science (20a, Orenburg tract, 420059, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail: niiaxp2@mail.ru).