

# *Вестник*

---

**Т. 20 № 22**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**HERALD OF TECHNOLOGICAL  
UNIVERSITY**



**2017**

УДК 60  
ББК 30-1  
В 38

В 38 Вестник технологического университета : Т. 20. № 22; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 144 с.

ISSN 1998-7072

Журнал зарегистрирован в Комитете Российской Федерации по печати 14.11.97 № 016789, размещен в открытом, бесплатном доступе в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ). Договор № 11-12/08а от 11.12.2008

Адрес в сети Интернет: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).

Подписной индекс № 20812. Информация размещена в каталоге «Газеты. Журналы» ОАО «Роспечать».

Журнал входит в перечень ВАК Российской Федерации для публикации научных исследований.

*Главный редактор* С.В. Юшко

*Заместители главного редактора* А.Ф. Дресвянников; О.В. Михайлов

*Редакционный совет*

*В.П. Барабанов* – д.т.н., проф. КНИТУ; *Р.Я. Дебердеев* – д.т.н., проф. КНИТУ; *С.Г. Дьяконов* – д.т.н., проф. КНИТУ; *В.И. Елизаров* – д.т.н., проф. КНИТУ; *В.Г. Иванов* – д.п.н., проф. КНИТУ; *А.В. Фафурин* – д.т.н., проф. КНИТУ; *Х.Э. Харлампович* – д.х.н., проф. КНИТУ.

*Редакционная коллегия*

*Ф.К. Ахметзянова* – д.б.н., проф. КГАВМ им. Н.Э.Баумана; *А.А. Берлин* – акад. РАН, Институт химической физики им. Н.Н.Семенова; *D. Balkose* – проф., Технологический Институт Измира, Турция; *Н.Ю. Башкирцева* – д.т.н., проф. КНИТУ; *А.В. Бурмистров* – д.т.н., проф. КНИТУ; *С.И. Вольфсон* – д.т.н., проф. КНИТУ; *Артур Валенте* – проф., Университет Коимбры, Португалия; *Ю.Г. Галяметдинов* – д.х.н., проф. КНИТУ; *Ф.М. Гумеров* – д.т.н., проф. КНИТУ; *А.Ф. Дресвянников* – д.х.н., проф. КНИТУ; *В.Г. Дебабов* – член-корр. РАН, Институт молекулярной генетики РАН; *Г.О. Ежкова* – д.б.н., проф. КНИТУ; *А.М. Ежкова* – д.б.н., вед.н.с., ФГНУ Татарии АХП РАН; *Л.А. Зенитова* – д.т.н., проф. КНИТУ; *Н.Н. Зиятдинов* – д.т.н., проф. КНИТУ; *Р.А. Кайдриков* – д.х.н., проф. КНИТУ; *А.В. Канаев* – проф., Университет Париж-Норд, Франция; *Chefi Ketata* – проф., Далласский университет; *А.П. Кирпичников* – д.физ.-мат.н., проф. КНИТУ; *А.В. Клинов* – д.т.н., проф. КНИТУ; *А.В. Косточко* – д.т.н., проф. КНИТУ; *А.М. Кузнецов* – д.х.н., проф. КНИТУ; *О.В. Михайлов* – д.х.н., проф. КНИТУ; *И.А. Новиков* – акад. РАН, Волгоградский государственный технический университет; *А.С. Носков* – д.т.н., проф., Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск; *В.Н. Пармон* – акад. РАН, КНИТУ; *Е.А. Петров* – д.т.н., проф., Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Бийск; *Richard A. Pethrick* – Emeritus Professor of Physical Chemistry; *С.И. Поникаров* – д.т.н., проф. КНИТУ; *А.С. Сироткин* – д.т.н., проф. КНИТУ; *О.Г. Синяшин* – акад. РАН, КНИТУ; *О.В. Стоянов* – д.т.н., проф. КНИТУ; *В.А. Сысоев* – д.т.н., проф. КНИТУ; *А.К. Хаджи* – проф., Канада; *Bob A. Howell* – проф. Мичиганский ун-т; *В.В. Хамматова* – д.т.н., проф. КНИТУ; *А.Р. Черкасов* – проф., Университет Британской Колумбии, Ванкувер, Канада; *Charles A. Wilkie* – проф., Marquette University

*Ответственный секретарь* С.М. Горюнова

*Editor-in-Chief:* S.V. Jushko

*Deputy editor-in-Chief:* A.F. Dresvyannikov, O.V. Mikhailov

*Editorial Advisory Panel:*

*V.P. Barabanov*, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; *R.Ya. Deberdeyev*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *S.G. Diakonov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *V.I. Elizarov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *V.G. Ivanov*, Dr. Sci. (Pedag.), Prof., KNRTU; *A.V. Fafurin*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *Kh.F. Kharlampidi*, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU.

*Editorial Board:*

*F.K. Ahmetzyanova*, Dr. Sci. (Biol.), Prof., KSVM name N.E.Baumana; *N. Yu. Bashkirtseva*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A.A. Berlin*, Academician of RAS, N.N. Semenov Institute of Chemical Physics; *D. Balkose* – Prof., Izmir Institute of Technology; *A. V. Burmistrov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *S.I. Volfson*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *Artur Valente*, Prof., University of Coimbra, Portugal; *Yu.G. Galyametdinov*, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; *F.M. Gumerov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A.F. Dresvyannikov*, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; *V.G. Debabov*, Corresponding Member of RAS, Institute of Molecular Genetics, RAS; *G.O. Ezhkova*, Dr. Sci. (Biol.), Prof., KNRTU; *A.M. Ezhkova*, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Tat SRI AChP of RAS; *L.A. Zenitova*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *R.A. Kaidrikov*, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; *N.N. Ziyatdinov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A. V. Kanaev*, Prof., University of Paris Nord, France; *Chefi Ketata*, Prof., Dalhousie University; *A. P. Kirpichnikov*, Dr. Sci. (Phys.-math.), Prof., KNRTU; *A. V. Klinov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A. V. Kostochko*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A.M. Kuznetsov*, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; *O.V. Mikhailov*, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; *I. A. Novikov*, Academician of RAS, Volgograd State Technical University; *A.S. Noskov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., G.K. Borekov Institute of Catalysis, Siberian Division of RAS, Novosibirsk; *V.N. Parmon*, Academician of RAS, G.K. Borekov Institute of Catalysis, Siberian Division of RAS, Novosibirsk; *E.A. Petrov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., I.I. Polzunov Altai State Technical University, Bийск; *Richard A. Pethrick*, Emeritus Professor of Physical Chemistry; *S.I. Pjnikarov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A.S. Sirotkin*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *O.G. Sinyashin*, Academician of RAS, KNRTU; *O.V. Stoyanov*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *V.A. Sysyoyev*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A.K. Haghi*, Prof., Canada; *Bob A. Howell*, Prof., Michigan University; *V.V. Hammatova*, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; *A.R. Cherkasov*, Prof., University of British Columbia, Vancouver, Canada; *Charles A. Wilkie*, Prof., Marquette University.

*Executive Secretary:* S.M. Goryunova

УДК 60  
ББК 30-1

ISSN 1998-7072

© Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017

Мушнин А.В., Елизаров В.И., Елизаров В.В., Галеев Э.Р., Мерзляков С.А. Разработка SCADA-подобного интерфейса в компьютерном тренажере	92
Мухутдинов А.Р., Ефимов М.Г., Александров В.Н., Мефодьев А.В. Определение надежности защитного ограждения с использованием компьютерного моделирования	94
Староверова Н.А., Зацаринная Ю.Н., Герке А.Р., Лира А.В., Шубина С.К. Исследование динамических характеристик регуляторов путем создания математической модели в среде Visual Modeler	97
Темников А.Н. Компьютерное исследование эффективности поглощения волн вязкоупругим слоем с заданным пространственным распределением коэффициента вязкости	100

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Ольшанская Л.Н., Политаева Н.А., Арефьева О.А., Яковлева Е.А. Воздействие электромагнитного излучения на селективное извлечение и ионный транспорт металлов через клеточные мембраны растений	103
Мишакова Е.А., Шлычков А.П., Шайхиев И.Г. Основные тенденции сезонной динамики биогенных веществ Куйбышевского водохранилища	107
Дроздов Д.Н., Цветкова Е. А., Чеховский А. Л., Владынцева Ю. А. Генотоксическое действие ЭМИ диапазона мобильной связи на клетки красного костного мозга млекопитающих	113
Степанова С.В. Применение комплексных реагентов из растительных отходов для очистки вод от ионов цинка	117
Хрундин Д.В., Ежкова Г.О. Изучение изменений некоторых свойств пектинов под действием замораживания	122
Тыртыгин В.Н., Денисковец А.А., Политаева Н.А., Шайхиев И.Г. Линейная регрессионная модель зависимости белизны каолина от содержания в нем оксидов железа и титана	124
Куликов С.Н., Хайруллин Р.З. Ферментативная деполимеризация хитозана гидрохлорида и антимикотическая активность продуктов его гидролиза	127
Старовойтова О.В., Мухаметзянова Е.Ю., Решетник О.А. Глюкозно-фруктозный сироп в производстве мучного кондитерского изделия	131
<b>Правила для авторов</b>	135

УДК 66.086.4:622.778.3

В. Н. Тыртыгин, А. А. Денисковец, Н.А. Политаева,  
И. Г. Шайхиев**ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ БЕЛИЗНЫ КАОЛИНА  
ОТ СОДЕРЖАНИЯ В НЕМ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА И ТИТАНА***Ключевые слова: каолин, магнитное обогащение, белизна, многомерная линейная регрессия.**Построены линейные регрессионные зависимости белизны каолина от содержания в нем парамагнитных оксидов железа и титана по результатам мокрого магнитного обогащения каолинов Глуховецкого, Алексеевского и Чалгановского месторождений.**Keywords: kaolin, magnetic separation, white, multivariate linear regression.**A linear regression depending on the brightness of kaolin contained iron and titanium oxides as a result of the paramagnetic wet magnetic separation of kaolin Glukhovts, Alekseevsk and Chalganovsk fields.*

Обогащенный каолин широко используется как наполнитель при производстве бумаги, керамики, огнеупоров, цемента, в резинотехнической промышленности и других отраслях экономики. Одним из экологически чистых и эффективных способов обогащения каолина является метод высокоградиентной магнитной сепарации (ВГМС).

Построение и анализ многомерной регрессионной модели белизны каолина от содержания в нем оксидов железа и титана на основе результатов магнитного обогащения методом ВГМС каолинов Глуховецкого (Украина), Алексеевского (Казахстан), Чалгановского (Россия) месторождений при использовании его в качестве наполнителя для бумажной и керамической промышленности.

Для решения поставленной задачи использовались методы регрессионного анализа с применением пакета статистических программ табличного процессора Excel (см., например, [1]).

В таблице 1 приведены средние значения  $\bar{x}$  и их стандартные ошибки  $s_{\bar{x}}$ , соответственно, по белиз-

не, содержанию оксида железа  $Fe_2O_3$  и диоксида титана  $TiO_2$  (в %) по данным химического анализа необогащенных и обогащенных каолинов методом ВГМС Глуховецкого, Алексеевского и Чалгановского месторождений [2]. В работах [3, 4] нами было показано, что различия между средними значениями результатов выше названных продуктов каолинов в необогащенном (исходном) и обогащенном методом ВГМС (немагнитном) являются существенными с уровнем значимости  $\alpha = 0,01$ . Там же были построены эмпирические линейные функции прогноза результатов магнитного обогащения на основе результатов химического анализа по белизне и содержанию оксидов в исходном продукте. Кроме того, в работе [4] с целью выбора «лучшего» уравнения регрессии, наиболее адекватной эмпирическим данным, были построены линейная и некоторые виды нелинейных моделей, а также аргументирован приоритет выбору линейной функции.

**Таблица 1 - Описательная статистика белизны каолинов, содержания  $Fe_2O_3$  и  $TiO_2$  (в %) по результатам химических анализов продуктов обогащения каолинов ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ )**

Название месторождения	Количество обработок	белизна		$Fe_2O_3$		$TiO_2$	
		Исходное	Немагнитное	Исходное	Немагнитное	Исходное	Немагнитное
Глуховецкое	однократная	72,37 ± 1,04	75,72 ± 0,86	1,11 ± 0,077	0,80 ± 0,049	1,01 ± 0,027	0,61 ± 0,016
	двукратная	75,75 ± 0,92	80,29 ± 0,65	0,87 ± 0,058	0,63 ± 0,043	1,05 ± 0,036	0,62 ± 0,034
Алексеевское	двукратная	78,62 ± 1,94	84,11 ± 1,38	0,94 ± 0,072	0,70 ± 0,054	0,54 ± 0,026	0,29 ± 0,026
Чалгановское	двукратная	73,60 ± 0,63	76,74 ± 0,32	0,91 ± 0,015	0,77 ± 0,014	0,48 ± 0,005	0,34 ± 0,006

Поскольку белизна каолина зависит, в основном, от содержания в нем оксидов железа и титана, то построение и изучение множественной (в нашем случае двумерной) линейной регрессионной модели зависимости результативного признака  $Y$  (белизны) от факторных признаков  $X_1$  (оксида железа) и  $X_2$  (диоксида титана) является исследованием настоящей работы. В этой связи с помощью статистических программ табличного процессора Excel по эм-

пирическим данным химического анализа каолинов для всех выше названных месторождений были построены линейные функции:

$$Y = a + b X_1 + c X_2, \quad (1)$$

коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  которых, а также их стандартные ошибки  $s_a$ ,  $s_b$ ,  $s_c$ , приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры регрессионных зависимостей (1)

Название месторождения	Количество обработок	$a + s_a$		$b + s_b$		$c + s_c$	
		Исходное	Немагнитное	Исходное	Немагнитное	Исходное	Немагнитное
Глуховецкое	однократная	93,33 ± 4,16 *	82,22 ± 3,11 *	-12,69 ± 1,34 *	-14,80 ± 1,49 *	-6,68 ± 3,82 ***	8,81 ± 4,51 ***
	двукратная	100,98 ± 3,51 *	89,18 ± 2,23 *	-12,92 ± 1,71 *	-11,57 ± 2,55 *	-13,85 ± 2,91 ***	-2,55 ± 3,06 ***
Алексеевское	двукратная	94,99 ± 13,09 **	96,38 ± 4,00 *	-20,30 ± 11,08 **	-6,59 ± 9,42 **	5,03 ± 31,92 ***	-6,19 ± 19,75 ***
Чалгановское	двукратная	–	89,29 ± 5,00 *	–	-14,19 ± 5,27 **	–	-4,71 ± 11,98 ***

\*Значимы с уровнем значимости  $\alpha = 0,001$ . \*\*Значимы с уровнем значимости  $\alpha = 0,01$ . \*\*\* Незначимы

Статистический анализ полученных результатов по значимости коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  множественных линейных регрессий (см. таблица 2) показал, что у всех построенных моделей коэффициент  $c$  является незначимым, что говорит о незначительном влиянии диоксида титана на белизну в исходном и немагнитном продукте. Это позволяет нам исключить из рассмотрения факторный признак  $X_2$  (диоксид титана) в многомерной регрессии (1) и построить одномерные линейные функции зависимо-

сти результативного признака  $Y$  (белизны каолина) лишь от одного факторного признака  $X_1$  (оксида железа):

$$Y = p + q X_1. \quad (2)$$

Коэффициенты  $p$ ,  $q$  регрессии (2) и их стандартные ошибки  $s_p$ ,  $s_q$  приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Параметры регрессионных зависимостей (2)

Название месторождения	Количество обработок	$p \pm s_p$		$q \pm s_q$	
		Исходное	Немагнитное	Исходное	Немагнитное
Глуховецкое	однократная	86,53 ± 1,77	87,77 ± 1,32	-12,70 ± 1,48	-14,98 ± 1,54
	двукратная	85,98 ± 3,15	87,94 ± 1,64	-12,34 ± 3,45	-12,06 ± 2,46
Алексеевское	двукратная	96,62 ± 7,21	95,76 ± 4,11	-19,16 ± 7,57	-16,73 ± 5,69
Чалгановское	двукратная	–	88,08 ± 3,80	–	-14,71 ± 4,92

Отметим, что все построенные уравнения линейных регрессионных зависимостей (1) и (2) по эмпирическим данным наблюдений Глуховецкого, Алексеевского и Чалгановского месторождений достоверны с уровнем значимости  $\alpha = 0,001$ ,  $\alpha = 0,01$  и  $\alpha = 0,05$ , соответственно.

Исключая факторный признак  $X_2$  из двумерной регрессии (1) естественно возникает вопрос: существенно ли ухудшилось качество описания переменной  $Y$ . Чтобы ответить на него, необходимо проверить нулевую гипотезу  $H_0$  о равенстве коэффициентов детерминации  $R_1^2$  двумерной (1) и  $R_2^2$  одномерной (2) линейных регрессий, т.е.  $H_0 : R_1^2 - R_2^2 = 0$ . Проверку гипотезы  $H_0$  проводили с помощью  $F$ -критерия Фишера. При этом гипотеза  $H_0$  отвергается, если выполняется неравенство  $F_R > F(\alpha, l, n - m - 1)$ , где  $n$  – число наблюдений,  $m$  – число коэффициентов многомерной регрессии,  $l$  – число факторных переменных, исключаемых из многомерной регрессии,  $\alpha$  – уровень значимости,

$$F_p = \frac{R_1^2 - R_2^2}{1 - R_1^2} \cdot \frac{n - m - 1}{l} - \text{наблюдаемое значение}$$

критерия,  $F(\alpha, l, n - m - 1)$  – табличное значение  $F$ -критерия с числами степеней свободы  $\nu_1 = l$  и  $\nu_2 = n - m - 1$ . В этом случае исключение переменной  $X_2$  некорректно, ибо  $R_1^2$  значительно превышает  $R_2^2$ , а значит, общее качество уравнения (1) лучше качества уравнения (2). В нашем случае для всех месторождений гипотеза  $H_0$  принимается при уровне значимости  $\alpha = 0,01$ , в чем легко убедиться, сравнив расчетные значения  $F_R$  критерия с табличными (см. таблицу 4).

Тот факт, что модель (2) по качеству не хуже, чем модель (1), показывает близость значений функций регрессии. Например, вычислим значения результативного признака по средним значениям факторных признаков  $X_1 = 0,87$  и  $X_2 = 1,05$  исходного продукта Глуховецкого месторождения (двукратная обработка). В результате находим:

$$Y = 100,98 - 12,92 \cdot 0,87 - 13,85 \cdot 1,05 = 75,20,$$

$$Y = 85,98 - 12,34 \cdot 0,87 = 75,24.$$

Как видно значения результативного признака  $Y$  (белизны) вычисленные соответственно по формулам (1) и (2), отличаются незначительно (все-го лишь на 0,04). Это еще раз говорит о незначи-

тельном влиянии факторного признака  $X_2$  (диоксида титана) на результирующий признак. Однако, этот факторный признак мы не можем не учитывать, ибо, как было замечено [5], при высоких температурах в

печах обжига по производству керамики диоксид титана придает конечному изделию серый оттенок, что не всегда желательно. Поэтому целесообразнее пользоваться моделью (1).

**Таблица 4 - Значения коэффициентов детерминации  $R_1^2$ ,  $R_2^2$  регрессионных моделей (1) и (2), соответственно, и расчетные значения  $F_R$  критерия Фишера**

Название месторождения	Количество обработок	$R_1^2$		$R_2^2$		$F_R$		Наблюдения, $n$	
		Исх.	Нем.	Исх.	Нем.	Исх.	Нем.	Исх.	Нем.
Глуховецкое	однократная	0,9118	0,7621	0,8810	0,7346	2,79	3,70	12	36
	двукратная	0,9261	0,6028	0,8469	0,5858	5,35	0,64	9	19
Алксеевское	двукратная	0,5647	0,5236	0,5620	0,4398	0,02	1,58	7	13
Чалгановское	двукратная	-	0,4351	-	0,4271	-	0,14	3	14

В заключение отметим, что построенные регрессионные зависимости (2) позволяют определить максимальный процент  $X_{\max}$  оксида железа по минимальному проценту белизны каолина  $Y_{\min}$ . Так, например, по ГОСТ 19285-73 для каолина марки КН-80 наименьшее значение  $Y_{\min} = 79$  (%), следовательно, в исходном продукте Глуховецкого месторождения при однократной обработке процент оксида железа в продукте должен не превышать

$$X_{\max} = \frac{p - Y_{\min}}{q} = \frac{86,53 - 79}{12,7} = 0,60 (\%),$$

а при двукратной обработке – не более

$$X_{\max} = \frac{p - Y_{\min}}{q} = \frac{85,98 - 79}{12,34} = 0,57 (\%).$$

### Литература

1. Ю. Е. Воскобойников, Эконометрика в Excel. Часть 1 (парный и множественный регрессионный анализ), ПГАСУ, Новосибирск, 2005. 154с.
2. А. П. Нуязин, Провести исследования по оценке возможности получения высококачественных продуктов для бумажной и других отраслей промышленности из каолинов Глуховецкого, Алксеевского, Кыштымского и Чалгановского месторождений специальными методами обогащения на основе магнитной сепарации с использованием отходов обогащения: отчет о НИР (закл.). 14.НТЗ.14.25, ВНИИНеруд; рук. А. П. Нуязин; исполн.: В. Н. Тыртыгин и [др]., Тольятти, 1986. – 81 с. – № ГР 01.85.0017790.
3. В. Н. Тыртыгин, А. А. Денисковец, Н. А. Собгайда, И. Г. Шайхiev, Вестник технологического университета, 19, 6, 67-70 (2016).
4. В. Н. Тыртыгин, А. А. Денисковец, Н. А. Политасва, И. Г. Шайхiev, Вестник технологического университета, 19, 21, 161-164 (2016).
5. А.И. Августинник, Керамика, М., 1957. 483с.

© **В. Н. Тыртыгин** – к.т.н., доцент кафедры технического обеспечения производства и переработки продукции животноводства УО «Гродненский государственный аграрный университет», Республика Беларусь, тел. (+375 29) 285 85 59; E-mail: v-n-tyrtygin@rambler.ru; **А. А. Денисковец** – к.ф.м. н., доцент кафедры технической механики и материаловедения УО «Гродненский государственный аграрный университет», Республика Беларусь, тел. моб. (+375)29 511-97-66; **Н. А. Политасва** – д.т.н., профессор Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, тел. сот: 8-906-152-34-42. E-mail: conata07@list.ru; **И. Г. Шайхiev** – д.т.н., заведующий кафедрой Инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета.

© **V. N. Tyrtygin** - Ph.D., associate professor of technical support livestock production and processing of EE "Grodno State Agrarian University". Republic of Belarus, tel. (+375) 292858559; E-mail: v-n-tyrtygin@rambler.ru; **A. A. Deniskovets** – Ph.D., Associate Professor. Department of Technical Mechanics and Materials EE "Grodno State Agrarian University", Republic of Belarus, tel. mob (+375) 295119766; **N. A. Politayeva** – Ph.D., professor Graduate School of Biotechnology and Food Technology in Saint Petersburg State Polytechnic University, tel.: 8-906-152-34-42; E-mail: conata07@list.ru; **I. G. Shaikhiev** - PhD. Head of Department of Environmental Engineering of Kazan National Research Technological University.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ВЕСТНИК  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**Т. 20**

**№ 22**

**2017**

Ответственный за выпуск и оригинал-макет – С.М. Горюнова

Подписано в печать 25.12.2017

Бумага офсетная

Печать ризографическая

18,0 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз.

Формат 60×84 1/8

16,74 усл. печ. л.

Заказ 294

Издательство Казанского национального исследовательского  
технологического университета

Офсетная лаборатория Казанского национального  
исследовательского технологического университета

Адрес редакции и издательства: 420015, Казань, К. Маркса, 68