

УДК 004.942

**А.В. Затонский<sup>1</sup>, И.Н. Гераскина<sup>2</sup>, В.В. Стерхова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Санкт-Петербург, Россия

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЩЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МНОГОФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ**

Определены основные проблемы истощения водных ресурсов. Обоснована актуальность исследования влияния факторов на истощение водных ресурсов. Рассмотрены динамика истощения водных ресурсов и влияние на нее следующих факторов: объемы использования свежей воды, объемы оборотной воды, объемы сбрасываемых загрязненных вод, объемы внутренних возобновляемых вод и процент морских охраняемых территорий. Построены факторные и бесфакторные модели динамики водных ресурсов: линейная многофакторная модель, модель в пространстве состояний, авторегрессионные модели. Ряды факторов линейной многофакторной модели исследованы с точки зрения их взаимной корреляции. Коэффициенты моделей найдены методом наименьших квадратов. Выбор модели произведен на основе анализа аппроксимации исходных данных и качества постпрогноза. Показано, что линейная многофакторная модель имеет наилучшее качество постпрогноза при приемлемой погрешности аппроксимации. Обоснованы управляемые и неуправляемые факторы, на значения которых не могут повлиять лица, принимающие решения. Сделан прогноз развития динамики водных ресурсов при сохраняющихся тенденциях факторов. Показано, что если не предпринимать усилий, истощение водных ресурсов будет нарастать. В зависимости от изменения неуправляемых факторов произведен анализ возможных ситуаций в будущем. Определено наихудшее сочетание изменений неуправляемых факторов, приводящее к наибольшему истощению водных ресурсов. Исследованы возможности лиц, принимающих решения, по исправлению негативных влияний окружающей среды путем изменения значений управляемых факторов. Показано, что хотя существуют негативные тенденции динамики водных ресурсов, воздействия внешней среды могут их еще ухудшить, существуют способы эффективно им противодействовать.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, прогнозирование, истощение водных ресурсов, экология.

**A.V. Zatonsky<sup>1</sup>, I.N. Geraskina<sup>2</sup>, V.V. Sterkhova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Perm National Research Polytechnical University, Perm, Russian Federation

<sup>2</sup>Saint Petersburg State Architectural And Construction University,  
Saint Petersburg, Russian Federation

## **INVESTIGATION OF DEPLETION OF WATER RESOURCES IN THE BASIS OF MATHEMATICAL MODELS**

This article is about basic problems from water resources depletion. An actuality of impact of some factors on water resource depletion research is shown. A dynamics of the depletion is considered in a link with follow: volumes of fresh water use, volumes of recycled water, volumes of polluted water discharged, volumes of internal renewable water and percentage of marine protected areas. Factor and non-factor models of the depletion are built: linear multi-factor model, model in the state space, auto-regressive models. Annual value series of factors are researched to pair correlation. Coefficients of models are determined by a least square method. A choice of the model is based on quality of approximation of source data and quality of post-forecast. The linear multi-factor model is the best in post-forecast and has satisfactory quality of the approximation. Controlled and independent from decision makers factors are substantiated. A forecast of water resources depletion with a persistence of factor trends is made. An increasing of the depletion is shown in conditions of the persistence. An analysis of possible situations in depend of uncontrolled factors is made for the nearest future. A worst combination of the independent factors is determined. It leads to the maximum depletion. Possibilities of decision makers are investigated for improving the situation by changing of controlled factors. It is shown that, although there are negative tendencies in the dynamics of water resources, and the effects of the external environment can worsen them, there are ways to effectively counteract them.

**Keywords:** mathematical modeling, forecasting, depletion of water resources, ecology.

С каждым годом экологическое состояние планеты ухудшается, одним из составляющих факторов является истощение водных ресурсов. Каждое поколение потребляет все больше ресурсов, и, как следствие, их становится меньше. Если проблему не решать, это может привести к дефициту воды во всех странах, а не только в Африке, Ближнем и Среднем Востоке, проблемам в сельском хозяйстве по всему миру. Чем раньше начать решать эту проблему, тем лучше для планеты и для людей всего мира.

Использование свежей воды по состоянию на 2013 г. оценивалось в среднем 53 млн м<sup>3</sup>. При этом объем оборотной и последовательно используемой воды составляет 138 млн м<sup>3</sup>. Сброс загрязненных вод в поверхностные воды составляет 15 млн м<sup>3</sup>, внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды – 431 млн м<sup>3</sup>, а процент охраняемых территорий – 11,5 (табл. 1).

«Зелёные», или Партия зелёных, или Партия экологов – формально созданная политическая партия, основанная на принципах зелёной политики [1] (зелёная политика – политическая идеология, на-

правленная на создание экологически устойчивого общества [2]), постоянно исследующая этот объект в целях его изменения и улучшения состояния планеты. И не только эта группа людей, но и многие другие пишут статьи, исследуя эту сферу.

Таблица 1

Значения критерия и факторов

Год	Использование свежей воды, м <sup>3</sup>	Оборотная и последовательно используемая вода, м <sup>3</sup>	Сброс загрязненных сточных вод, м <sup>3</sup>	Внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды, м <sup>3</sup>	Морские охраняемые территории, %
2007	61 537	134 954	18 534	431 200	10,81
2008	61 335	135 463	17 727	4 312 000	10,81
2009	62 153	142 597	17 489	4 312 000	10,81
2010	62 506	144 386	17 176	4 312 000	10,81
2011	62 921	14 504	17 119	4 312 000	10,81
2012	57 677	136 753	15 854	4 313 000	10,81
2013	59 455	140 713	16 516	4 313 000	11,63
2014	59 544	141 627	15 966	4 313 000	11,63
2015	56 684	142 314	15 678	4 312 000	11,63
2016	53 551	138 545	15 189	4 313 000	11,5

Правительство Российской Федерации также обращает внимание на многие аспекты, например, внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды [3, 4], и приветствует нововведения в целях сохранения водных ресурсов.

Целью данной работы является исследование возможностей для уменьшения процесса истощения водных ресурсов. Один из методов этого – применение математических моделей объекта и их использование для прогнозирования и поддержки принятия решений. Для моделирования социально-экономических систем традиционно используются линейные многофакторные модели, авторегрессионные модели, модели пространства состояний, трендовые модели и др.

Перейдем к выбору вида и построению модели истощения водных ресурсов. В качестве критерия разумно выбрать объемы использования воды, данные о которых есть в открытом доступе [5]. Из числа общедоступных годовых рядов выберем управляемые и неуправляемые факторы, оказывающие влияние на водные ресурсы, а именно: использование свежей воды, оборотная и последовательно используемая вода, сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды, морские охраняемые территории (% от площади территориальных вод).

Выбранные факторы согласованы со здравым смыслом, например, возобновляемые ресурсы пресной воды напрямую связаны с увеличением повторно оборотной воды и уменьшением ее истощения.

Традиционным является анализ предварительно выбранных факторов с точки зрения их взаимной корреляции. Факторы с высокой взаимной корреляцией подлежат исключению из большинства моделей. Парная корреляция рядов рассчитывается по формуле [7]:

$$r_{xy} = \frac{\sum((x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}},$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение фактора,  $\bar{y}$  – среднее значение критерия.

Анализ показал, что нельзя исключать факторы из числа выбранных, так как ни одна пара факторов не имеет корреляцию, по модулю близкую к единице.

Как изложено выше, распространенной для применения в подобных системах является линейная многофакторная модель вида

$$Y(x) = a + \sum_{i=1}^n (b_i \cdot x_i).$$

Найдем коэффициенты с использованием мастера «поиск решения» MS Excel. Получили  $a = -0,06299$ ,  $b_1 = 0,4711$ ,  $b_2 = 0,9933$ ,  $b_3 = 0,1636$ ,  $b_4 = -0,1425$  и квадратичную погрешность аппроксимации  $S = 0,075$ . Полученные коэффициенты являются вполне объяснимыми, поскольку при увеличении фактора  $x_1$  (использование свежей воды) увеличивается истощение водных ресурсов, а при увеличении фактора  $x_2$  (объем оборотной и последовательно используемой воды) – уменьшается. Это логично, так, в связи с ростом использования свежей воды ( $x_1$ ) уменьшается ее количество [8], а объем оборотной и последовательно используемой воды, напротив, положительно влияет на количество водных ресурсов. На рис. 1 обозначено: Исх. – исходная модель, ЛММ – линейная многофакторная модель, ЛММ (1) – линейная многофакторная модель с постпрогнозом на 1 год, ЛММ (2) – линейная многофакторная модель с постпрогнозом на 2 года, ЛММ (3) – линейная многофакторная модель с постпрогнозом на 3 года. Как видно на рис. 1, линейная многофакторная модель хорошо аппроксимирует статистические данные.

Очевидно, что линейная многофакторная модель имеет наименьшую погрешность постпрогноза, приемлемую для ее применения с целью прогнозирования. Наряду с приведенным выше значением квадратичной аппроксимации  $S = 0,075$  это позволяет выбрать именно ее для дальнейшей работы [9].

Проверим также другие распространенные модели на применимость в данной системе.

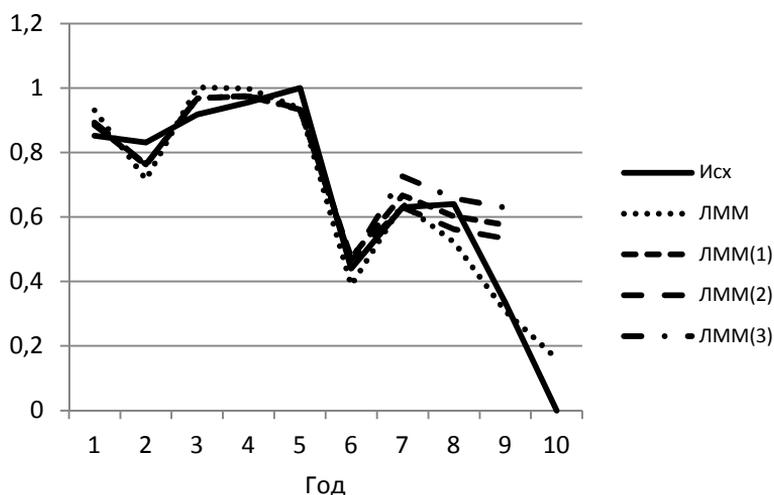


Рис. 1. Графики исходной и линейных многофакторных моделей

Рассмотрим авторегрессионные модели 1-го, 2-го и 3-го порядков вида  $Y(t_i) = a + b \cdot Y(t_{i-1}) + c \cdot Y(t_{i-2}) + \dots$ . Как известно [10], они широко используются для проверки необходимости выбора факторов или возможности использования бесфакторных моделей.

Они имеют  $S_1 = 0,1746$ ,  $S_2 = 0,1896$ ,  $S_3 = 0,2486$  и плохо аппроксимируют, что видно на рис. 2. На рис. 2 обозначено: Исх. – исходная модель, АвРМ (1) – авторегрессионная модель с постпрогнозом на 1 год, АвРМ (2) – авторегрессионная модель с постпрогнозом на 2 года, АвРМ (3) – авторегрессионная модель с постпрогнозом на 3 года.

Рассмотрим также модели пространства состояний вида  $Y(n) = a + b \cdot x'(n)$ , где состояния факторов описываются формулой:  $x'(n + 1) = c + d \cdot x(n)$  [11].

Найдем коэффициенты с использованием мастера «поиск решения» MS Excel [12]. Получили квадратичную погрешность аппроксимации  $S = 0,676$ . Как видно на рис. 3, модель пространства состояний плохо аппроксимирует статистические данные. На рис. 3: Исх. – исходная модель, МПС – модель пространства состояний, МПС (1) – модель пространства состояний с постпрогнозом на 1 год, МПС (2) – модель пространства состояний с постпрогнозом на 2 года, МПС (3) – модель пространства состояний с постпрогнозом на 3 года.

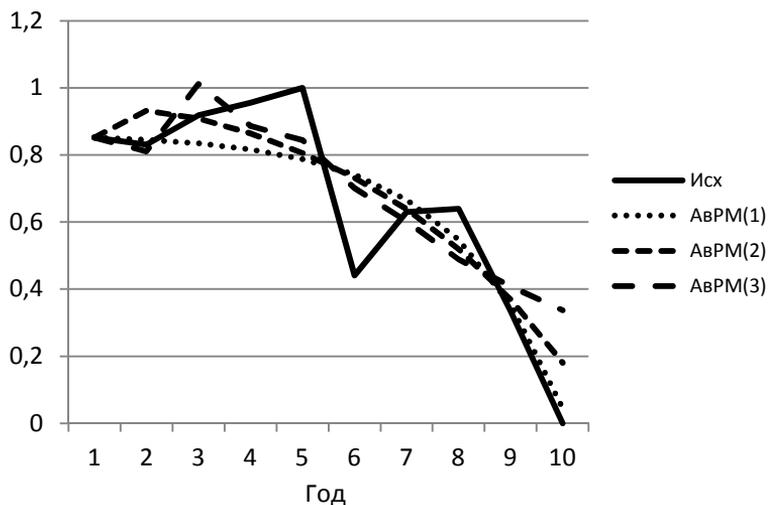


Рис. 2. Графики исходной и авторегрессионных моделей

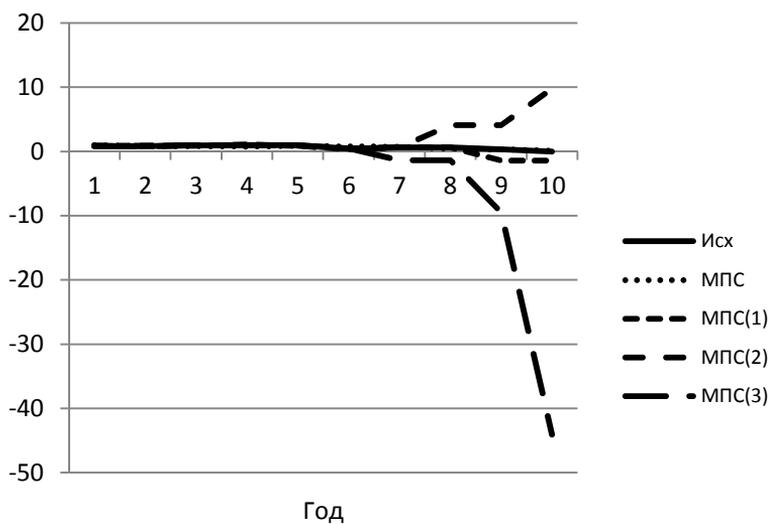


Рис. 3. Графики исходной и моделей пространства состояний

Поскольку целью настоящей работы является поддержка принятия решений по развитию уменьшения истощения водных ресурсов в будущем [13], нас интересуют также прогнозные свойства получаемых моделей. Для проверки возможности прогнозирования применим широко распространенный метод постпрогноза [14], заключающийся в расчете реакции системы по модели при известных рядах факторов на протяжении нескольких последних лет.

Для линейной многофакторной модели и модели пространства состояний произведены расчеты постпрогнозов на 1, 2 и 3 года. Получены следующие погрешности постпрогнозов линейной многофакторной модели и модели пространства состояний в зависимости от интервала (1–3 года) (табл. 2).

Таблица 2

Погрешность постпрогнозов

Модель	1 год	2 года	3 года
ЛММ	0,7259	0,6578	0,6294
МПС	-1,3963	-9,4918	-44,0829

Как можно заметить, погрешности постпрогнозов на длительное время в модели пространства состояний больше, чем погрешности в линейной многофакторной модели, поэтому можно сделать вывод, что линейная многофакторная модель прогнозирует лучше.

Исследуем прогнозы развития системы в зависимости от изменения неуправляемых факторов  $x_3$  (сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты) и  $x_4$  (внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды). Тенденции развития этих факторов определим [15], сравнивая в пределах горизонта прогнозирования ряд значений фактора и его приближения линейной модели  $x(t) = a + b \cdot t$ .

Изменяя на  $\pm 5\%$  тенденцию развития факторов, получили прогнозы развития системы на 3 года (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость прогноза на 3 года при изменении неуправляемых факторов

Фактор	$x_4-5\%$	$x_4+0\%$	$x_4+5\%$
$x_3-5\%$	-0,25725	-0,28902	-0,3298
$x_3-0\%$	-0,31288	-0,34464	-0,38542
$x_3+5\%$	-0,35621	-0,38797	-0,42875

Наихудшим сочетанием факторов является  $x_3-5\%$  и  $x_4-5\%$ , что приводит к значению критерия  $-0,25725$ .

Исследуем возможность лица, принимающего решения (ЛПР), по компенсации негативного влияния неуправляемых факторов [16] путем изменения управляемого фактора  $x_1$  (объем оборотной и последовательно используемой воды). Для этого фактора образом, аналогичным описанному выше, определим тенденции развития.

Изменяя на  $\pm 5\%$  тенденцию развития факторов, получили прогнозы развития системы на 3 года (табл. 4).

Таблица 4

Зависимость прогноза на 3 года при изменении управляемых факторов

$x_1-5\%$	$x_1+0\%$	$x_1+5\%$
-0,30476	-0,25725	-0,19626

Наилучшим результатом изменения управляемого фактора является  $x_1-5\%$ , что приводит к значению критерия  $-0,30476$ .

Как мы видим, без управления факторами истощение водных ресурсов будет увеличиваться, что соответствует точке зрения авторов [17]. К тому же если сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты увеличится, а внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды уменьшаться, то это еще сильнее «ударит» по экологии.

В данной статье мы рассмотрели возможности уменьшения истощения водных ресурсов. Как показало исследование, центральная точка постпрогноза улучшает состояние водных ресурсов:  $-0,25725$ . Однако факторы внешней среды могут ухудшить ситуацию [18], это видно в центральной точке постпрогноза, ее значение значительно возрастает:  $-0,19626$ . Но согласно исследованию лицо, принимающее решение, может влиять на факторы внешней среды, например, уменьшая сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (на  $50\%$ ), значение центральной точки уменьшается и состояние улучшается:  $-0,42875$ .

### Библиографический список

1. Зеленые [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Зеленые> (дата обращения: 10.04.2018).
2. Партия зеленых [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Зеленые> (дата обращения: 10.04.2018).
3. Премьер-министр РФ отмечает важность реализации отраслевых планов по импортозамещению [Электронный ресурс]. – URL: <http://planet-today.ru/novosti/item/14069-premer-ministr-rf-otmechaet-vazhnost-realizatsii-otraslevykh-planov-po-importozamescheniyu> (дата обращения: 10.04.2018).

4. Водная стратегия Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128717>
5. Прогноз датапортал [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.prognoz.ru/dataportal> (дата обращения: 10.04.2018).
6. Затонский А.В., Сиротина Н.А. Прогнозирование экономических систем по модели на основе регрессионного дифференциального уравнения // Экономика и математические методы. – 2014. – Т. 50. – № 1. – С. 91–99.
7. Сиротина Н.А., Янченко Т.В., Затонский А.В. Об аппроксимации факторов дифференциальной модели социально–экономической системы [Электронный ресурс] // Современные исследования социальных проблем. – 2012. – № 11(19). – С. 6. – URL: <http://sisp.nkras.ru/ru/issues/2012/11/siroтина.pdf> (дата обращения: 10.04.2018).
8. Петров А.А., Гераськина И.Н., Кривоносов А.М. Синергетическая парадигма в социально-экономических системах: теория и методология // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 3(56). – С. 289–297.
9. Semenova E.G., Smirnova M.S., Tushavin V.A. Decision making support system in multi-objective issues of quality management in the field of information technology [Электронный ресурс] // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 9. – № 22. – P. 16977–16984. – URL: <http://hobby-rukodelie.ru/>
10. Kobersy I.S., Shkurkin D.V., Zatonkiy A.V., Volodina J.I., Safyanova T.V. Moving objects control under uncertainty // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Т. 11. – № 5. – P. 2830–2834.
11. Орлов А.И. Эконометрика [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aup.ru/books/m153/> (дата обращения: 10.04.2018).
12. Информационные системы: табличная обработка информации / Е.П. Балашов, В.Н. Негода, Д.В. Пузанков, Д.В. Пузанков, В.Б. Смоллов, А.А. Смагин. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 180 с.
13. Влияние нестационарности объекта управления на параметры установившихся автоколебаний / М.Н. Ерыпалова, В.Ф. Беккер, А.В. Затонский, Ю.П. Кирин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2008. – № 4. – С. 50–57.
14. Гераськина И.Н. Управление инновационным развитием социально-экономических систем. – Саранск, 2017. – 170 с.

15. Берков Н.А. Математическое моделирование [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pmtf.msiu.ru/chair31/students/berkov/matmod13.pdf> (дата обращения: 10.04.2018).

16. Варламова С.А., Затонский А.В., Измайлова Е.В. Информационная поддержка принятия решений при управлении филиалом вуза. М.: ИНФРА-М, 2014. – 333 с.

17. Бюллетень социально-экономического криза в России [Электронный ресурс]. – URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/8353.pdf> (дата обращения: 10.04.2018).

18. Саулин Д.В. Математическое моделирование химико-технологических систем. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2003. – 91 с.

### References

1. Zelenye [Greens], available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Зеленые> (accessed 10 April 2018).

2. Partiiia zelenykh [Green's Party], available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Zelenye> (accessed 10 April 2018).

3. Prem'er-ministr RF otmechaet vazhnost' realizatsii otraslevykh planov po importozameshcheniiu [The Prime Minister of the Russian Federation notes the importance of implementing sectoral plans for import substitution], available at: <http://planet-today.ru/novosti/item/14069-premer-ministr-rf-otmechaet-vazhnost-realizatsii-otraslevykh-planov-po-importozameshcheniyu> (accessed 10 April 2018).

4. Vodnaja strategija Rossijskoj Federacii [Water Strategy of the Russian Federation], available at: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?-ID=128717> (accessed 10 April 2018).

5. Prognoz dataportal [Forecast dataportal], available at: <http://www.prognoz.ru/dataportal> (accessed 10 April 2018).

6. Zatonskii A.V., Sirotina N.A. Prognozirovanie ekonomicheskikh sistem po modeli na osnove regressionnogo differentsial'nogo uravneniia [Forecasting economic systems based on the model based on the regression differential equation]. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 2014, vol. 50, no. 1, pp. 91-99.

7. Sirotina N.A., Janchenko T.V., Zatonskij A.V. Ob approksimacii faktorov differencial'noj modeli social'no-jekonomicheskoy sistemy [About the approximation of the factors of the differential model of the socio-economic system]. *Sovremennye issledovanija social'nyh problem*, 2012,

no. 11(19), p. 6, available at: <http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/11/siroтина.pdf> (accessed 10 April 2018).

8. Petrov A.A., Geras'kina I.N., Krivonosov A.M. Sinergeticheskaja paradigma v social'no-jekonomicheskikh sistemah: teorija i metodologija [Synergetic paradigm in socio-economic systems: theory and methodology]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*, 2016, no. 3(56), pp. 289-297.

9. Semenova E.G., Smirnova M.S., Tushavin V.A. Decision making support system in multi-objective issues of quality management in the field of information technology. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2014, vol. 9, no. 22, pp. 16977-16984, available at: <http://hobby-rukodelie.ru/> (accessed 10 April 2018).

10. Kobersy I.S., Shkurkin D.V., Zatonskiy A.V., Volodina J.I., Safyanova T.V. Moving objects control under uncertainty. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016, vol. 11, no. 5, pp. 2830-2834.

11. Orlov A.I. Jekonometrika [Econometrics], available at: <http://www.aup.ru/books/m153/> (accessed 10 April 2018).

12. Balashov E.P., Negoda V.N., Puzankov D.V., Puzankov D.V., Smolov V.B., Smagin A.A. Informacionnye sistemy: tablichnaja obrabotka informacii [Information systems: table information processing]. Leningrad: Jenergoatomizdat, 1985. 180 p.

13. Erypalova M.N., Bekker V.F., Zatonskiy A.V., Kirin Ju.P. Vlijanie nestacionarnosti objekta upravlenija na parametry ustanovivshijsja avtokolebanij [Influence of the nonstationarity of the control object on the parameters of steady self-oscillations]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Tehnicheskie nauki*, 2008, no. 4, pp. 50-57.

14. Geraskina I.N. Upravlenie innovacionnym razvitiem social'no-jekonomicheskikh system [Management of innovations in social and economy systems]. Saransk, 2017. 170 p.

15. Berkov N.A. Matematicheskoe modelirovanie [Mathematical modeling], available at: <http://www.pmtf.msiu.ru/chair31/students/berkov/matmod13.pdf> (accessed 10 April 2018).

16. Varlamova S.A., Zatonskiy A.V., Izmajlova E.V. Informacionnaja podderzhka prinjatija reshenij pri upravlenii filialom vuza [Decision support in high school branch management]. M.: INFRA-M, 2014. 333 p.

17. Bjulleten' social'no-jekonomicheskogo kriza v Rossii [Bulletin of the socio-economic crisis in Russia], available at: <http://ac.gov.ru/files/-publication/a/8353.pdf> (accessed 10 April 2018).

18. Saulin D.V. Matematicheskoe modelirovanie himiko-tehnologicheskikh system [Mathematical modeling of chemical and technology systems]. Perm': Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2003. 91 p.

### **Сведения об авторах**

**Затонский Андрей Владимирович** (Березники, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов» Пермского национального исследовательского политехнического университета (618404, Пермский край, Березники, ул. Тельмана, 7, e-mail: zxenon@narod.ru).

**Гераськина Инна Николаевна** (Санкт-Петербург, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Управление организацией» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, e-mail: Geraskina82@mail.ru).

**Стерхова Виктория Владиславовна** (Березники, Россия) – студентка Березниковского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета (618404, Пермский край, Березники, ул. Тельмана, 7; e-mail: amxprovika@gmail.com).

### **About the authors**

**Zatonsky Andrei Vladimirovich** (Berezniki, Russian Federation) is a Doctor of Technical Sciences, Professor, head of Department of automation of technological processes Perm National Research Polytechnic University (1618404, Perm region, Berezniki, 7, Thalmann str., e-mail: zxenon@narod.ru).

**Geraskina Inna Nikolaevna** (Saint-Petersburg, Russian Federation) is a Candidate of Economic Sciences, Associate Professor Department of management organization Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (190005, Saint-Petersburg, 4, 2nd Krasnoarmeiskaya str., e-mail: Geraskina82@mail.ru).

**Sterhova Viktoriya Vladislavovna** (Russia, Russian Federation) is a Student of the birch branch of the Perm National Research Polytechnic University (618404, Perm Krai, Berezniki, 7, Thalmann str., e-mail: amxprovika@gmail.com).

Получено 25.04.2018