

*Г. А. Леонов, Н. В. Кузнецов, Е. В. Кудряшова*

## **ТУНИС 2011–2014. БИФУРКАЦИЯ, РЕВОЛЮЦИЯ И УПРАВЛЯЕМАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ\***

Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Представлен подход к моделированию социально-экономической системы Туниса в 2011–2014 гг., основанный на общих закономерностях проявления неустойчивостей в динамических системах. На примере событий в Тунисе в этот период рассмотрены такие явления как революция и управляемая стабилизация с точки зрения теории динамических систем. Проанализированы статистические данные социальных и экономических показателей Туниса и выявлены параметры, оказавшие влияние на состояние социально-экономической системы страны. С учетом проведенного анализа таких параметров предложены рекомендации для социально-экономических систем Туниса и России. Библиогр. 49 назв. Табл. 1.

*Ключевые слова:* моделирование, динамические системы, хаос, бифуркация, математические модели социально-экономических систем, революция в Тунисе, «Арабская весна».

*G. A. Leonov, N. V. Kuznetsov, E. V. Kudryashova*

## **TUNISIA 2011–2014. BIFURCATION, REVOLUTION, AND CONTROLLED STABILIZATION**

St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab.,  
St. Petersburg, 199034, Russian Federation

During the last three decades a mathematical theory of dynamical systems, chaos, and bifurcations has been actively developed and used for the consideration of various fundamental problems and applications. The attempts of using this theory for the study of economic, social, and historical processes were made by the well-known specialists in dynamics of natural sciences and specialists in various social sciences. Such concepts as controlled chaos, dynamical history, and synergetics emerged and have been spread widely. The main difficulty in the mathematical modeling of social historical processes is to construct a suitable mathematical model. Therefore, in recent years there has arisen the trend to give up the idea of constructing complete mathematical models and to use instead basic concepts and common approaches of mathematical theory of dynamical systems for socio-economic, historical or political process. In this paper an approach to modeling the Tunisian social system in the period of 2011 to 2014 is considered and revolution, bifurcation, and controlled stabilization are discussed. Using statistical analysis of socio-economic indicators of Tunisia there two bifurcation parameters are

---

*Леонов Геннадий Алексеевич* — доктор физико-математических наук, член.-корр. РАН, профессор; leonov@math.spbu.ru

*Кузнецов Николай Владимирович* — кандидат физико-математических наук, доцент; kuznetsov@math.spbu.ru

*Кудряшова Елена Владимировна* — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник; e.kudryashova@spbu.ru

*Leonov Gennady Alekseevich* — doctor of physical and mathematical sciences, corresponding member of Russian Academy of Science, professor; leonov@math.spbu.ru

*Kuznetsov Nikolay Vladimirovich* — PhD of physical and mathematical sciences, associate professor; kuznetsov@math.spbu.ru

*Kudryashova Elena Vladimirovna* — PhD of physical and mathematical sciences, senior scientist researcher; e.kudryashova@spbu.ru

\* *От редакции:* хотя предлагаемая статья не содержит строгих математических постановок и доказательств, редакция сочла возможной ее публикацию из-за наличия некоторых новых идей, которые могут представить интерес для читателя. — Работа выполнена при финансовой поддержке Санкт-Петербургского государственного университета (проект № 6.38.505.2014).

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2016

selected which have influenced the stability of the socio-economic system of Tunisia. Based on this analysis recommendations for the socio-economic systems of Tunisia and Russia are offered. Refs 49. Table 1.

*Keywords:* modeling, dynamical systems, chaos, bifurcation, mathematical models of socio-economic systems, the revolution in Tunisia, "Arab Spring".

**1. Введение.** В последние три десятилетия интенсивно развивалась математическая теория динамических систем, хаоса и бифуркаций. Она активно применялась для анализа как фундаментальных, так и прикладных задач. Ее развитием для изучения экономических, социальных и исторических процессов занимались всемирно известные специалисты как естественных наук (например, В. И. Арнольд [1], С. П. Капица [2, 3], Ф. Т. Алескеров [4], Д. А. Новиков [5, 6]), так и социальных наук (например, W. Weidlich [7], К. McClelland и Т. Fararo [8], А. А. Давыдов [9], А. А. Акаев [10]). В рамках этих исследований возникли и широко распространились такие понятия как управляемый хаос [11–14], динамическая история [15], синергетика [2, 3, 16, 17].

Основная трудность в математическом моделировании сложных социально-экономических и исторических процессов состоит в построении адекватной математической модели. Использование даже точной математической модели, если она не учитывает какие-либо даже представляющиеся незначительными аспекты социально-экономической системы, или неверная трактовка результатов исследования модели могут привести к неверным прогнозам. Поэтому в анализе поведения сложных процессов наметилась тенденция отказа от построения полных математических моделей и применения вместо этого основных понятий и общих подходов математической теории динамических систем к самому социально-экономическому, историческому или политическому процессу [15, 18–20]. Одним из актуальных направлений развития таких исследований является анализ причин массовых народных восстаний [20–26], в том числе произошедших в последние годы в арабских странах [25–31].

Поясним возникающие проблемы анализа сложных процессов далее на классическом примере предсказания погоды [32–34]. Используемая в настоящее время математическая модель атмосферы может быть представлена в виде описывающих ее дифференциальных уравнений. На основе численного решения таких уравнений с заданными начальными данными может быть построен прогноз погоды. Существует другой подход, основанный на свойстве повторяемости решений этих дифференциальных уравнений при одинаковых начальных данных и автономности самих уравнений (другими словами, повторяемость эксперимента при его временном сдвиге). В рамках рассматриваемого подхода необходимо найти состояние атмосферы в прошлом, похожее на настоящий день, и предсказать ее на несколько дней вперед, используя ее изменение в прошлом.

В Европе в течение многих десятилетий регулярно проводились метеорологические наблюдения и накоплен большой объем статистических данных метеорологических показателей (температура, давление, влажность, сила и направление ветра, облачность и пр.). В работе Г. А. Леонова [34] описывается, как эти статистические данные можно применять для формирования прогноза погоды в Европе на ближайшие дни сегодня. Рассмотрим текущие метеорологические показатели в выбранном регионе Европы и подберем год, в котором в те же месяц и день здесь наблюдались сходные метеорологические параметры. Данные параметры и являются начальными (и граничными) условиями, по которым определяются решения дифференциальных уравнений используемой математической модели, описывающей атмосферу.

Законы механики сплошных сред не меняются в различные годы. Следовательно, и уравнения, адекватные этим законам, не меняются. А решения дифференциальных уравнений однозначно определяются такими уравнениями и их начальными данными. То есть если в разные годы в один и тот же день и в одном и том же регионе уравнения и начальные данные одни и те же, то и решения, которые соответствуют изменению метеорологических данных (температуры, давления, влажности и др.), также должны быть одинаковыми. Таким образом, метеорологические показатели, которые будут наблюдаться с сегодняшнего дня на протяжении некоторого временного интервала (например, месяца), должны с хорошей точностью совпадать с показателями в те же дни похожего года в прошлом. Но, как показывают эксперименты, такие совпадения обнаруживаются на временных интервалах продолжительностью не более двух недель. Причем в первую неделю совпадение может быть очень хорошим, тогда как далее значения могут сильно расходиться. Это происходит из-за того, что небольшие расхождения в начальных данных в начальные моменты наблюдений приводят к большим отличиям значений параметров уже через две недели. Таким образом, «как бы точно мы ни описывали математическую модель атмосферы, какие бы совершенные методы вычислений к этим моделям мы ни применяли, какой бы быстродействующей техникой мы ни пользовались, результат будет таким: больше, чем на две недели, надежный прогноз погоды невозможен» [34, с. 23].

Заметим, что описанной выше закономерностью, состоящей в хорошем совпадении значений метеорологических показателей в первую неделю наблюдений, активно пользуются в метеорологии для создания краткосрочных прогнозов. Таким образом, в метеорологии применяются и классический метод, основанный на исследовании приближенной модели атмосферы, и рассмотренный метод использования статистических данных. Подчеркнем, что в первом случае нужно создавать математическую модель атмосферы и использовать компьютеры для решения дифференциальных уравнений, а во втором — иметь большие базы данных для хранения и применения метеорологических наблюдений в прошлом.

Настоящая статья является продолжением исследований, начатых в [35].

**2. Динамика в социально-экономических системах.** Аналогичным примером в политологии является рейтинг устойчивости государств, разработанный Фондом устойчивого общества — Sustainable Society Foundation (SSF) и основанный на расчете «Индекса устойчивости общества (SSI — The Sustainable Society Index)» — комбинированного показателя, измеряющего достижения стран мира и отдельных регионов с точки зрения устойчивости общественного развития на основе 21 показателя из экономической, социальной и экологической областей [36]. Описанный показатель SSI для Туниса в 2006 г., согласно «Full Report “Sustainable Society Index 2012”» [36], составляет 4.57, при среднем значении SSI для 151 страны, равном 4.6. Это примерно 80-е место (как Китай), тогда как Россия, Украина и США расположились примерно на 96-м месте с показателем 4.43. Некоторые значения показателя SSI с указанием места в общем рейтинге стран за 2008–2012 гг. представлены в таблице.

**Некоторые показатели SSI за 2008–2012 гг. [36]**

Страна	Год		
	2008	2010	2012
Тунис	4,72 (79-е место)	4,69 (79-е место)	4,71 (84-е место)
Россия	4,4 (104-е место)	4,33 (106-е место)	4,33 (106-е место)
США	4,25 (111-е место)	4,21 (114-е место)	4,21 (116-е место)

Интересно отметить, что в этом рейтинге за 2012 г. на первом месте была Швейцария, а Россия на 106-м месте. Рейтинг 2006–2012 гг. показывал большую устойчивость социально-экономической системы Туниса.

**3. Революция-бифуркация в Тунисе.** 14 января 2011 г. в Тунисе произошла революция. В математической теории динамических систем революция — это бифуркация потери устойчивости [37]. Общая теория хаоса и бифуркаций говорит о том, что здесь должны наблюдаться изменения некоторых факторов социально-экономической системы, так называемых бифуркационных параметров. Такие изменения бифуркационных параметров, подводящие систему к бифуркационной границе, могут быть резкими (когда величина фактора ощутимо меняется по сравнению со значениями в другой временной период) и накапливаемыми (или скрытыми (hidden), когда фактор медленно растет, достигая своего бифуркационного значения). Следовательно, очень важно понять, как изменились социально-экономические параметры Туниса, которые привели к такой бифуркации. Рейтинги организации SSF показывают, что данная задача не так уж проста. Согласно представленным выше значениям показателя устойчивости общества SSI за 2006–2012 гг., в Тунисе не должна была произойти революция в 2011 г. Мы видим, что эти показатели практически одинаковые и соответствуют среднему показателю SSI для 151 страны [36]. Революция, произошедшая в Тунисе, показывает, что подход, используемый SSF для оценки критерия SSI, не отражает реальной динамики социально-экономической системы и приводит к неверным выводам. Покажем это.

Вернемся к методу сравнения исходных данных динамических систем и проанализируем ранее известные массовые беспорядки в Тунисе.

С середины XVI в. Тунис находился под властью Османской империи. В 1591 г. султанский наместник был заменен тунисским ставленником, а с 1704 г. Тунис стал относительно независимым вассальным государством. С конца XIX в. Тунис находился под протекторатом Франции, а в 1956 г. стал независимым монархическим государством. Но уже через год монархия была упразднена, и Тунис был провозглашен республикой, главой которой стал Хабиб Бургиба.

Заметим, что, хотя уровень жизни в этой североафриканской стране невысок, ее жители бастуют не часто. Последний раз массовые волнения здесь были в 1984 г. Это был так называемый «хлебный бунт», вызванный резким скачком цен на продукты. «В центре столицы собралась толпа, протестовавшая против 30%-ного повышения цен на хлеб. Армейские части, стянутые в центр Туниса, открыли стрельбу в воздух, и толпа рассеялась. Никто не был даже ранен» [38]. После этого президент страны Хабиб Бургиба, приведший народ к независимости от Франции, отменил повышение цен, и народные волнения стихли.

Описанный «хлебный бунт» имел последствия, а именно: через 3 года в 1987 г. в результате Жасминовой революции премьер-министр Туниса Бен Али при поддержке ключевых министров и силовых ведомств сместил бессменного президента страны.

Мы обращаем внимание на «хлебный бунт» 1984 г., так как в интересующий нас период — в конце 2010 г. правительство Туниса также объявило 50%-ное повышение цен на хлеб и ряд других продуктов первой необходимости. Связано это было с тем, что в 2008 г. на мировом рынке произошел серьезный скачок цен на зерно, а субсидировать его полностью из бюджета страны средств уже не было [39].

Но «хлебный бунт» 2011 г. привел к революции, а в 1984 г. — нет. То есть рассмотренное изменение такого экономического параметра как цена на хлеб в Тунисе

се является существенным и способно приводить социально-экономическую систему Туниса к границе области устойчивости, однако не является единственным параметром, приводящим к бифуркации потери устойчивости. Рассмотрим различия других социально-экономических параметров, которые могли повлиять на события в Тунисе в 1984 и 2011 гг.

Приведем некоторые описания состояния социально-экономической системы Туниса в эти годы. «Тогда, в начале 90-х, Бен Али взялся за строительство нового, процветающего Туниса. Нынешний премьер Мохаммед Ганнуши был в те годы министром экономики, и с его именем связывали несомненные достижения в развитии. . .

Темпы экономического роста в Тунисе составляли около 5% в год и оставались стабильными в течение двух десятилетий. Тунис создал конкурентоспособную экономику, занимая по этому показателю 30-е место в мире и находясь впереди Италии, Китая и России! За период 2004–2009 гг. доход на душу населения вырос с 3,5 тысяч тунисских динаров (2,7 тысяч долларов) до 5 тысяч тунисских динаров (3,9 тысяч долларов). А по данным МВФ, ВВП Туниса в 2010 году равнялся 39,6 млрд евро . . .

Если в 1984 г. 14% населения жило ниже уровня бедности, то к 2010 г. этот показатель снизился до 3,8%. Существенно повысилась средняя продолжительность жизни, достигшая к настоящему времени 75 лет. 21% тунисцев владеют автомобилями, у 82% дома холодильники, почти у каждого — мобильный телефон» [38].

Таким образом, согласно статистическим данным и многочисленным исследованиям (см., например, [38, 40, 41]), уровень жизни среднестатистического гражданина Туниса значительно вырос, и рост цен на хлеб не может быть единственной причиной недовольства. Какие другие параметры социально-экономической системы в Тунисе могли привести к бифуркации?

Рассмотрим такой социальный параметр как состояние системы высшего образования, которая в интересующий нас период развивалась особенно быстрыми темпами [40, 41]. «...Так, если в 1961 г. в Тунисе насчитывалось 2,3 тыс. студентов, то в 2009/10 учебном году — 346 тыс. Это почти 3% населения страны. Однако параллельно с ростом числа учащихся вузов обострялась проблема трудоустройства их выпускников. По оценке на 2010 г. безработица среди дипломированных специалистов достигла 20%, причем невостребованными оказались 43% магистров в области общественных (гуманитарных) наук и 47% обладателей той же степени по экономике, менеджменту и праву, 24.5% молодых инженеров. Вместе с тем безработица среди молодежи с полным средним образованием достигла в том же году 30%» [41, с. 15].

«В 1966–2007 гг. уровень безработицы, носящей в Тунисе хронический характер, колебался в пределах 12–15%. Этот показатель в 2008 г. превышал 25–30%, если иметь в виду лиц 20–29 лет. Среди недавних выпускников вузов он составлял до 21.9%, причем среди женщин был в 2.5 раза выше, чем среди мужчин. Жители внутренних депрессивных регионов также попадали в группу риска. Например, уровень безработицы среди молодежи 20–24 лет в городе Гафса (центре шахтерского района, где была произведена модернизация добычи фосфатов) в 2008 г. достигал 56.9%» [41, с. 17].

Существенное увеличение безработицы среди молодежи было следствием также низкого качества образования. Уровень образования, получаемый выпускниками в большинстве университетов страны, был недостаточен для того, чтобы получить высокооплачиваемую работу в Тунисе и, особенно, за рубежом. Это, в частности, подтверждается международными рейтингами университетов. Например, среди лучших университетов мира, в соответствии с “Times Higher Education World University

Rankings” [42] и “The Academic Ranking of World Universities” [43], университетов Туниса нет.

Отметим также, что высшее образование осуществляется в Тунисе в основном на арабском и французском языках. В то же время мировая практика показывает, что для успешного трудоустройства в Европе требуется знание английского языка (как международного) или немецкого (так как Германия — один из основных поставщиков технологий в Европе).

Дополнительным фактором роста безработицы среди молодежи в Тунисе стала возросшая в это же время безработица во Франции, которая является основным потребителем франкоязычных специалистов. Таким образом, в стране ежегодно почти 3% населения — выпускники высших учебных заведений и профессионально-технических училищ, которые пытаются, но не могут найти работу ни в своей стране, ни за рубежом. После окончания университетов им предлагается низкоквалифицированная и соответственно низкооплачиваемая работа, на которую они не согласны. Эта образованная и амбициозная молодежь составляет до 60% общего числа безработных. Именно она стала активным ядром протестного движения, вышедшего на улицы Туниса в январе 2011 г.

Заметим, что среди параметров, учитываемых организацией SFF при расчете величины SSI, есть и “Employment” (уровень безработицы), и “Education” (доступность образования). Но, на наш взгляд, для революции 2011 г. в Тунисе оказались существенными, но не учтенными именно безработица среди молодежи и качество образования. Эти социальные показатели, в отличие от протестного движения 1984 г., могли стать решающими и привести к бифуркации, т. е. революции.

Возвращаясь к теории динамических систем, укажем, что в данном случае «безработицу среди молодежи» следует рассматривать, как накапливаемый параметр. Его значение начало уверенно расти с 1970-х годов, благодаря реформам образования в стране и безработице. Увеличение цен на хлеб (и прочие товары первой необходимости) можно рассматривать как бифуркационный параметр, резко изменивший свое значение. Во многих исследованиях, посвященных событиям в Тунисе в январе 2011 г., одной из причин революции называется коррупция. С точки зрения теории динамических систем коррупция не может быть бифуркационным параметром: резких изменений в интересующий нас период не наблюдалось и к накапливаемым параметрам коррупцию также отнести нельзя. Здесь, скорее, можно говорить о некотором «фоновом» параметре, который, разумеется, влияет на социально-экономическую систему, но существует (и существовал) практически в любой социально-экономической системе во все времена.

**4. Стабилизация.** Итак, революция произошла. Что происходит далее? Отменяется ряд законов, которые ограничивают свободу, низвергается исполнительная власть, которая реализует исполнение этих законов. Организуется «Революционная власть», которая слабо контролирует ситуацию. Страна резко переходит в новое состояние, где появляется много новых «степеней свободы» (выше приведено некоторое приблизительное объяснение этого понятия; в физике, теоретической механике и теории динамических систем имеются точные определения термина «степень свободы»). Это один из сценариев перехода к хаосу (турбулентности), описание которого восходит к работам нобелевского лауреата Л. Д. Ландау [44]. В таком случае резко понижается управляемость, разрушается общественный порядок, возрастает преступность, падает жизненный уровень и происходит обнищание большей части населения. С исторической точки зрения хорошо известен закон Термидора [45, 46], согласно ко-

торому после каждой революции устанавливается диктатура. Так происходило во все времена: французские и российские революции, недавние революции в Тунисе, Ливии и Египте. При всех их различиях везде возникает хаотизация общественной жизни и единственный надежный способ стабилизации — это диктатура, т. е. ограничение всех упомянутых степеней свободы (в теории непрерывных динамических систем известно, что в системе с одной степенью свободы хаотические процессы невозможны [47]). Диктатура является эффективным способом стабилизации: Франция — якобинская диктатура (1793 г.), Россия — диктатура большевиков (1918 г.), Египет — диктатура военных (2014 г.), в Ливии возможны два сценария в будущем: диктатура в стране в целом либо распад государства и установление местных диктатур. Другого рецепта стабилизации здесь математическая теория хаоса не дает.

А как в Тунисе? В стране произошла стабилизация в результате «мягкой контрреволюции». Были проведены выборы президента, на которых победил ближайший соратник президента Бен Али — Беджи Каид Эс-Себси (премьер-министр Тунисской Республики с 27 февраля по 24 декабря 2011 г.). То есть Тунис совершил некоторый революционно-бифуркационный цикл и вышел по существу на прежний путь развития. Обществу, которое не испытало на себе влияния жесткого управляемого хаоса, удалось выбраться из неглубокого хаотического состояния без жестоких диктаторских репрессий и эксцессов. Но при глубоком хаосе и враждебных внешних влияниях такая стабилизация оказывается невозможной.

**Заключение.** Рассмотрение социально-экономической модели тунисской революции и ее последствий с точки зрения бифуркационного анализа сложных динамических систем, показывает недостатки критериев устойчивости государств, используемых SSF. Пример Туниса важен тем, что это государство было первым в цепи революций «Арабской весны» и поэтому еще не было хорошо отработанных технологий регионального вмешательства. Тунис был под определенным патронажем Франции, а также здесь не просматривается американская политика «управляемого хаоса».

Таким образом, здесь можно говорить о достаточно «чистом» социологическом эксперименте с достижением границы устойчивости и попаданием в окрестность точки бифуркации потери устойчивости, т. е. революции. Такой «эксперимент» с Тунисом говорит о сложном устройстве границы устойчивости и необходимости существенной коррекции показателей в рейтингах устойчивости государств. Основываясь на теории динамических систем и рассматривая революцию в Тунисе как бифуркацию, мы выделили два бифуркационных параметра — цена на хлеб (резкий) и безработица среди молодежи (скрытый). Изменение цены на хлеб в 1984 г. подвело систему к бифуркационной границе, но не привело к революции-бифуркации. Наложение друг на друга двух факторов в 2011 г. вызвало бифуркацию потери устойчивости — революцию. Можно отметить, что в результате революции 2011 г. основные социально-экономические параметры системы не изменились. То есть мы не отошли от бифуркационной границы. К тому же величина параметра «безработица среди молодежи» не понизилась и продолжает расти. Это говорит о том, что при резком скачке значения какого-либо другого параметра (вероятно, уже не цены на хлеб) возможна новая бифуркация, т. е. новая революция. В связи с этим можно предложить следующие рекомендации для стабилизации состояния социально-экономической системы Туниса: повысить уровень образования, что приведет к снижению безработицы, или уменьшить количество вузов, а соответственно и выпускников в стране.

Если провести сравнение с Россией, то можно заметить, что Россия может столкнуться с аналогичной проблемой, если непродуманные реформы в образовании, ко-

торые ведут к ухудшению качества образования, будут продолжаться. На данный момент Россия преодолевает проблему, с которой столкнулся Тунис. Несмотря на значительное количество образованной молодежи, в ведущих вузах России образование остается на достаточно высоком уровне. Также стоит отметить и то, что в нашей стране образованная молодежь не является «напрасно амбициозной». Выбирая вуз в России, абитуриент изначально знает, что он получит после окончания обучения: образование или только «корочку». Такая якобы образованная молодежь с «корочкой» после окончания вуза, не претендуя на высокооплачиваемую работу, трудоустраивается, согласно своим навыкам. Однако общее падение уровня высшего образования может среди прочих негативных последствий привести к существенной социальной напряженности\*.

## Литература

1. Арнольд В. И. Жёсткие и мягкие математические модели. М.: МЦНМО, 2008. 32 с.
2. Kapitza S. P. Global population blow-up and after. The demographic revolution and information society: A Report to the Club of Rome and the Global Marshall Plan Initiative. Hamburg: Tolleranza, 2006. 272 p.
3. Капица С. П. Парадоксы роста: Законы развития человечества. М.: Альпина Нон-фикшн, 2010. 192 с.
4. Алескеров Ф. Т., Андриевская И. К., Пенिकास Г. И., Солоджов В. М. Анализ математических моделей Базель П. М.: Физматлит, 2013. 296 с.
5. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чартишвили А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Физматлит, 2010. 228 с.
6. Батов А. В., Бреер В. В., Новиков Д. А., Рогаткин А. Д. Микро- и макромоделли социальных сетей. Ч. 2. Идентификация и имитационные эксперименты // Проблемы управления. 2014. № 6. С. 45–51.
7. Weidlich W. Sociodynamics: a systematic approach to mathematical modelling in the social sciences. Amsterdam: Harwood Academic Publ., 2000. 380 p.
8. McClelland K., Fararo T. Purpose, meaning and action: Control systems theory in sociology. London: Palgrave-Macmillan, 2006. 352 p.
9. Давыдов А. А. Математическая социология: обзор зарубежного опыта // Социологические исследования. 2008. № 4. С. 105–111.
10. Акаев А. А. Год бифуркации в динамике мировой экономики // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85, вып. 12. С. 1059–1069.
11. Mann S. Chaos theory and strategic thought // Parameters (US Army War College Quarterly). 1992. N 22. P. 54–68.
12. Ленский В. Е. Технологии управляемого хаоса — оружие разрушения субъективности развития // Информационные войны. 2010. Т. 4, вып. 16. С. 69–78.
13. Fradkov A. L., Pogromsky A. Yu. Introduction to control of oscillations and chaos. Singapore: World Scientific Publ. Co Inc., 1999. 391 p. (World scientific series on nonlinear science. Series a. Monographs and treatises. Vol. 35 (Book 35))
14. Chen G., Yu X. Chaos control: Theory and applications. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 369 p.
15. Turchin P. Historical dynamics: Why states rise and fall. Princeton: Princeton University Press, 2003. 264 p.
16. Haken H. Synergetics, an introduction: Nonequilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry, and biology. New York: Springer-Verlag, 1983. 367 p.
17. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики: Режимы с обострением, самоорганизация, темпомыры. СПб.: Алетейя, 2002. 414 с.
18. Леонов Г. А. Теория управления. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. 233 с.
19. Andrasik L. Theory emerging instability via creative perturbation — the engine of socio-economic progress // Journal of knowledge society / Intern. scientific journal. 2014. N 1(2). P. 11–27.

---

\* Эти вопросы были представлены в 2015 г. на конференции “1st IFAC Conference on modelling, identification and control of nonlinear systems” [35], где в процессе обсуждения проф. К. Астром (K. J. Astrom, Lund University, Sweden) отметил аналогичные явления в Швеции во второй половине XX в. Также некоторые проблемы современного математического образования обсуждаются в [48, 49].

20. *Давыдов А. А.* Арабские революции 2011 года: системная диагностика // Системный мониторинг глобальных и региональных рисков: Арабская весна 2011 г. / отв. ред. А. В. Коротаев. М.: Изд-во ЛКИ/URSS, 2012. С. 174–187.
21. *Цирель С. В.* Революции, волны революций и Арабская весна // Системный мониторинг глобальных и региональных рисков: Арабская весна 2011 г. / отв. ред. А. В. Коротаев. М.: Изд-во ЛКИ/URSS, 2012. С. 128–161.
22. *Коротаев А. В., Ходунов А. С., Бурова А. Н., Малков С. Ю., Халтурчина Д. А., Зинькина Ю. В.* Социально-демографический анализ Арабской весны // Системный мониторинг глобальных и региональных рисков: Арабская весна 2011 г. / отв. ред. А. В. Коротаев. М.: Изд-во ЛКИ/URSS, 2012. С. 28–76.
23. *Фитунни Л. Л.* Ближний Восток: технологии управления протестным потенциалом // Азия и Африка сегодня. 2011. Т. 12. С. 8–16.
24. *Васильев А. М.* Цунами революций // Азия и Африка сегодня. 2011. Т. 3. С. 2–18.
25. *Коротаев А. В., Зинькина Ю. В.* Египетская революция 2011 г. Структурно-демографический анализ // Азия и Африка сегодня. 2011. Т. 6(647). С. 10–16.
26. *Сундиев И. Ю., Смирнов А. А.* Теория и технологии социальной деструкции (на примере «цветных революций»). М.: Ин-т эконом. стратегий, 2016. 433 с.
27. *Goldstone J.* Towards a fourth generation of revolutionary theory // Annual Review of Political Science. 2001. N 4. P. 139–187.
28. *Goldstone J., Bates R., Epstein D., Gurr T., Lustik M., Marshall M., Ulfelder J., Woodward M.* A global model for forecasting political instability // The American Journal of Political Science. 2010. Vol. 54, N 1. P. 190–208.
29. *Komlos J., Nefedov S.* Compact macromodel of pre-industrial population growth // Historical methods. 2002. N 35. P. 92–94.
30. *Turchin P.* Dynamical feedbacks between population growth and sociopolitical instability in agrarian states // Journal of Anthropological and Related Sciences. 2005. N 1. P. 1–19.
31. *Dunning T.* Resource dependence, economic performance, and political stability // Journal of Conflict Resolution. 2005. N 49. P. 451–482.
32. *Richardson L.* Weather prediction by numerical process. Cambridge: Cambridge University Press, 1922. 262 p. (London, UK, reprinted by Dover, 1965. 236 p.).
33. *Lynch P.* The origins of computer weather prediction and climate modeling // Journal of Computational Physics. 2008. N 227(7). P. 3431–3444.
34. *Leonov G. A.* Dynamic principles of prognosis and control // Chaos theory: modeling, simulation and applications. Pt 1. Plenary and keynote talks / eds: C. H. Skiadas, I. Dimotikalis, C. Skiadas. Singapore: World Scientific Publ. Co., 2011. P. 21–29.
35. *Leonov G. A., Kudryashova E. V., Kuznetsov N. V.* Modeling and identification of the Tunisian social system in 2011–2014: Bifurcation, revolution, and controlled stabilization // Preprints. 1st IFAC Conference on modelling, identification and control of nonlinear systems. 2015. P. 735–739.
36. Sustainable society foundation. Full report “Sustainable society index 2012” (2012). URL: <http://www.ssfindex.com/ssi2014/wp-content/uploads/pdf/ssi2012.pdf> (дата обращения: 28.03.2016 г.).
37. *Арнольд В. И., Афраймович В. С., Ильяшенко Ю. С., Шильников Л. П.* Теория бифуркаций // Динамические системы–5. Итоги науки и техники. Сер. Современные проблемы математики. Фундам. направления. М.: ВИНТИ, 1986. Т. 5. С. 5–218.
38. *Филатов С.* Тунисский бунт. Бессмысленный и беспощадный // Русский обозреватель. 2011. URL: <http://www.rus-obr.ru/idea/9335> (дата обращения 28.03.2016 г.).
39. Global food markets group. U. K. Government. The 2007/08 Agricultural price spikes: causes and policy implications. London, 2008. URL: <http://www.growthenergy.org/images/reports> (дата обращения: 28.03.2016 г.).
40. *Кашина А. А.* Стратегия Туниса в области образования // Ближний Восток и современность. 2010. Т. 42. С. 50–73.
41. *Кашина А. А.* Социальная политика Тунисской республики последней трети XX — начала XXI века: автореф. дис. ... канд. полит. наук. М., 2012. 24 с.
42. Times Higher Education World University Rankings, 2014. URL: <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings> (дата обращения: 28.03.2016 г.).
43. The Academic Ranking of World Universities, 2014. URL: <http://www.shanghairanking.com> (дата обращения: 28.03.2016 г.).
44. *Ландау Л. Д.* К проблеме турбулентности // Докл. АН СССР. 1944. Т. 44(8). С. 339–342.
45. *Vrinton C.* The anatomy of revolution. New York: Vintage Books, 1965. 320 p.
46. *Леонов Г. А.* Динамические принципы прогнозирования и управления // Проблемы управления. 2008. № 5. С. 31–35.

47. Leonov G. A. Strange attractors and classical stability theory. Saint Petersburg: Saint Petersburg University Press, 2008. 161 p.

48. Леонов Г. А. О математическом образовании в России и Санкт-Петербурге. Прошлое, настоящее, будущее // Дифференциальные уравнения и процессы управления. 2012. Т. 2. С. 4–8.

49. Abramovich S., Kuznetsov N. V., Leonov G. A. V. A. Yakubovich — mathematician, “father of the field”, and herald of intellectual democracy in science and society // IFAC-PapersOnLine. 2015. Vol. 48, issue 11. P. 001–003.

**Для цитирования:** Леонов Г. А., Кузнецов Н. В., Кудряшова Е. В. Тунис 2011–2014. Бифуркация, революция и управляемая стабилизация // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2016. Вып. 4. С. 92–103. DOI: 10.21638/11701/spbu10. 2016.408

## References

1. Arnold V. I. *Zhyostkie i myagkie matematicheskie modeli [Hard and soft mathematical models]*. Moscow, MShNMO Publ., 2008, 32 p. (In Russian).
2. Kapitza S. P. *Global population blow-up and after. The demographic revolution and information society. A report to the club of Rome and the Global Marshall plan initiative*. Hamburg, Tolleranza Publ., 2006, 272 p.
3. Kapitsa S. P. *Paradoksy rosta: zakony razvitiya chelovechestva [Paradoxes of growth. Laws of humanity development]*. Moscow, Alpina non-fiction Publ., 2010, 192 p. (In Russian).
4. Aleskerov F., Andrievskaya I., Penikas G., Solodkov V. *Analiz matematicheskikh modeley Bazel II [Analysis of Mathematical Models of Basel II]*. Moscow, Fizmatlit Publ., 2013, 269 p. (In Russian).
5. Gubanov D., Novikov D., Chkhartishvili A. *Sotsial'nyye seti: modeli informatsionnogo vliyaniya, upravleniya i protivoborstva [Social networks: models of informational influence, control and opposition]*. Moscow, Fizmatlit Publ., 2010, 228 p. (In Russian).
6. Batov A. V., Breyer V. V., Novikov D. A., Rogatkin A. D. Mikro- i makro modeli sotsial'nykh setey. Ch. 2. Identifikatsiya i imitatsionnyye eksperimenty [Micro- and macro models of social networks. Pt 2. Identification and simulations]. *Problemy upravleniya*, 2014, no. 6, pp. 45–51. (In Russian).
7. Weidlich W. *Sociodynamics: a systematic approach to mathematical modelling in the social sciences*. Amsterdam, Harwood Academic Publ., 2000. 380 p.
8. McClelland K., Fararo T. *Purpose, meaning and action: Control systems theory in sociology*. London, Palgrave-Macmillan Publ., 2006. 352 p.
9. Davydov A. A. Matematicheskaya sotsiologiya: obzor zarubezhnogo opyta [Mathematical sociology. A review of international experience]. *Sociologicheskie issledovaniya*, 2008, no. 4, pp. 105–111. (In Russian).
10. Akayev A. A. God bifurkatsii v dinamike mirovoy ekonomiki [Year of the bifurcation in the dynamics of the world economy]. *Vestnik of Russian Academy of Sciences*, 2015, vol. 85, issue 12, pp. 1059–1069. (In Russian)
11. Mann S. Chaos theory and strategic thought. *Parameters (US Army War College Quarterly)*, 1992, no. 22, pp. 54–68.
12. Lepsky B. Tekhnologii upravlyayemogo khaosa — oruzhiye razrusheniya subyektivnosti razvitiya [Technology of controlled chaos weapon of destruction of subjectivity]. *Informatsionnyye vojny [Information wars]*, 2010, no. 4, issue 16, pp. 69–78. (In Russian)
13. Fradkov A. L., Pogromsky A. Yu. *Introduction to control of oscillations and chaos*. Singapore, World Scientific Publ. Co Inc., 1999, 391 p. (World scientific series on nonlinear science. Series a. Monographs and treatises, vol. 35 (Book 35)).
14. Chen G., Yu X. *Chaos control. Theory and applications*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag Publ., 2003, 369 p.
15. Turchin P. *Historical dynamics: Why states rise and fall*. Princeton, Princeton University Press, 2003, 264 p.
16. Haken H. *Synergetics, an introduction: Nonequilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry, and biology*. New York, Springer-Verlag Publ., 1983, 367 p.
17. Knyazeva H., Kurdyumov S. *Osnovaniya sinergetiki: Rezhimy s obostreniyem, samoorganizatsiya, tempomiry [Foundations of synergetics: blow-up regimes, self-organization, tempo-worlds]*. Saint Petersburg, Aletheia Publ., 2002, 414 p. (In Russian).
18. Leonov G. A. *Teoriya upravleniya [Control theory]*. Saint Petersburg, Saint Petersburg University Press, 2006, 233 p. (In Russian).
19. Andrasik L. Theory emerging instability via creative perturbation — the engine of socio-economic progress. *Journal of knowledge society/International scientific journal*, 2014, no. 1(2), pp. 11–27.
20. Davydov A. A. Arabskiye revolyutsii 2011 goda: sistemnaya diagnostika [The Arab revolutions of 2011: system diagnostics]. *Sistemnyy monitoring global'nykh i regional'nykh riskov: Arabskaya vesna*

2011 g. [Systems monitoring of global and regional risks: the Arabic spring. 2011], 2012, pp. 174–187. (In Russian)

21. Tsirel S. V. Revolyutsii, volny revolyutsiy i Arabskaya vesna [Revolution, a wave of revolutions and the Arab Spring]. *Sistemnyy monitoring global'nykh i regional'nykh riskov: Arabskaya vesna 2011 g.* [Systems monitoring of global and regional risks: the Arabic spring. 2011], 2012, pp. 128–161. (In Russian)

22. Korotayev A. V., Khodunov A. S., Belova A. N., Malkov S. Yu., Khalturina D. A., Zin'kina Yu. V. Sotsial'no-demograficheskiy analiz Arabskoy vesny [Socio-demographic analysis of the Arab spring]. *Sistemnyy monitoring global'nykh i regional'nykh riskov: Arabskaya vesna 2011 g.* [Systems monitoring of global and regional risks: the Arabic spring. 2011], 2012, pp. 28–76. (In Russian)

23. Fituni L. L. Blizhniy Vostok: tekhnologii upravleniya protestnym potentsialom [Middle East: control technology protest potential]. *Aziya i Afrika segodnya* [Asia and Africa today], 2011, vol. 12, pp. 8–16. (In Russian)

24. Vasil'yev A. M. Tsunami revolyutsiy [Tsunami revolutions]. *Aziya i Afrika segodnya* [Asia and Africa today], 2011, vol. 3, pp. 2–18. (In Russian)

25. Korotayev A. V., Zin'kina Yu. V. Yegipetskaya revolyutsiya 2011 g. Strukturno-demograficheskiy analiz [The Egyptian revolution of 2011. Structural and demographic analysis]. *Aziya i Afrika segodnya* [Asia and Africa today], 2011, vol. 6, pp. 10–16. (In Russian)

26. Sundiyev I. Yu., Smirnov A. A. *Teoriya i tekhnologii sotsial'noy destruktzii (na primere "tsvetnykh revolyutsiy")* [Theory and technology of social degradation (on example of "color revolutions")]. Moscow, Institute for Economic Strategies Publ., 2016, 433 p. (In Russian)

27. Goldstone J. Towards a fourth generation of revolutionary theory. *Annual Review of Political Science*, 2001, no. 4, pp. 139–187.

28. Goldstone J., Bates R., Epstein D., Gurr T., Lustik M., Marshall M., Ulfelder J., Woodward M. A global model for forecasting political instability. *The American Journal of Political Science*, 2010, vol. 54, no. 1, pp. 190–208.

29. Komlos J., Nefedov S. Compact macromodel of pre-industrial population growth. *Historical methods*, 2002, no. 35, pp. 92–94.

30. Turchin P. Dynamical feedbacks between population growth and sociopolitical instability in agrarian states. *Journal of Anthropological and Related Sciences*, 2005, no. 1, pp. 1–19.

31. Dunning T. Resource dependence, economic performance, and political stability. *Journal of Conflict Resolution*, 2005, no. 49, pp. 451–482.

32. Richardson L. *Weather prediction by numerical process*. Cambridge, Cambridge University Press, 1922, 262 p. (London, UK, reprinted by Dover, 1965, 236 p.).

33. Lynch P. The origins of computer weather prediction and climate modeling. *Journal of Computational Physics*, 2008, no. 227(7), pp. 3431–3444.

34. Leonov G. A. Dynamic principles of prognosis and control. *Chaos theory: modeling, simulation and applications. Pt 1. Plenary and keynote talks*. Eds: C. H. Skiadas, I. Dimotikalis, C. Skiadas. Singapore, World scientific Publ. Co., 2011, pp. 21–29.

35. Leonov G. A., Kudryashova E. V., Kuznetsov N. V. Modeling and identification of the Tunisian social system in 2011–2014: Bifurcation, revolution, and controlled stabilization. *Preprints. 1st IFAC conference on modelling, identification and control of nonlinear systems*, 2015, pp. 735–739.

36. *Sustainable Society Foundation*. Full Report "Sustainable Society Index 2012" (2012). Available at: <http://www.ssfindex.com/ssi2014/wp-content/uploads/pdf/ssi2012.pdf> (accessed: 28.03.2016).

37. Arnold V., Afraimovich Y., Ilyashenko Y., Shilnikov L. Teoriya bifurkatsiy [Bifurcation theory]. *Dinamicheskiye sistemy-5. Itogi nauki i tekhniki. Ser. Sovremennyye problemy matematiki, Fundam. napravleniya* [Dynamic systems-5. Sums of science and technology. Modern of mathematical problems. Fundamental directions]. Moscow, VINITI, 1986, vol. 5, pp. 5–218. (In Russian)

38. Filatov S. Tunisskiy bunt. Bessmyslennyy i besposhchadnyy [Tunisian riot. Senseless and merciless]. *Russkiy obozrevatel* [Russian reviewer], 2011. Available at: <http://www.rus-obr.ru/idea/9335> (accessed: 28.03.2016). (In Russian)

39. *Global Food Markets Group*. U. K. Government. *The 2007/08 Agricultural Price Spikes: Causes and policy implications*. London, 2008. Available at: <http://www.growthenergy.org/images/reports> (accessed: 28.03.2016).

40. Kashina A. A. Strategiya Tunisa v oblasti obrazovaniya [Tunisian strategy in education]. *Blizhniy vostok i sovremennost* [Near East and the present], 2010, vol. 42, pp. 50–73. (In Russian)

41. Kashina A. A. *Sotsial'naya politika Tunisskoy respubliki posledney trety XX veka – nachala XXI veka* [Social Policy Republic of Tunisia in the last third of XX – beginning of XXI centuries]. Abstract of dissertation. Moscow, Institute of Asian and African countries at Lomonosov Moscow State University Publ., 2012, 24 p. (In Russian)

42. *Times Higher Education World University Rankings, 2014*. Available at: <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings> (accessed: 28.03.2016).

43. *The Academic Ranking of World Universities, 2014*. Available at: <http://www.shanghairanking.com> (accessed 28.03.2016).
44. Landau L. K probleme turbulentnosti [On the problem of a turbulence]. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1944, vol. 44(8), pp. 339–342. (In Russian)
45. Brinton C. *The anatomy of revolution*. New York, Vintage Books Publ., 1965, 320 p.
46. Leonov G. A. Dinamicheskiye printsipy prognozirovaniya i upravleniya [Dynamic principles of prediction and control]. *Problemy upravleniya [The problems of management]*, 2008, no. 5, pp. 31–35. (In Russian)
47. Leonov G. A. *Strange attractors and classical stability theory*. Saint Petersburg, Saint Petersburg University Press, 2008, 161 p.
48. Leonov G. A. O matematicheskom obrazovanii v Rossii i Sankt-Peterburge. Proshloye, nastoyashcheye, budushcheye [On mathematical education in Russia and Saint Petersburg. Past, present, future]. *Differentsial'nyye uravneniya i protsessy upravleniya [Differential equation and process management]*, 2012, vol. 2, pp. 4–8. (In Russian).
49. Abramovich S., Kuznetsov N. V., Leonov G. A. V. A. Yakubovich — mathematician, “father of the field”, and herald of intellectual democracy in science and society. *IFAC-PapersOnLine*, 2015, vol. 48, issue 11, pp. 001–003.

**For citation:** Leonov G. A., Kuznetsov N. V., Kudryashova E. V. Tunisia 2011–2014. Bifurcation, revolution, and controlled stabilization. *Vestnik of Saint Petersburg University. Series 10. Applied mathematics. Computer science. Control processes*, 2016, issue 4, pp. 92–103. DOI: 10.21638/11701/spbu10.2016.408

Статья рекомендована к печати проф. Л. А. Петросяном.

Статья поступила в редакцию 31 марта 2016 г.

Статья принята к печати 29 сентября 2016 г.