

УДК 32.001

© Ковалев В.И., Малков С.Ю., Винокуров Г.Н.  
Kovalev V., Malkov S., Vinokourov G.ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ АНАЛИЗ ОБЩИХ УСЛОВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ  
ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ ТРАЕКТОРИИ ГОСУДАРСТВА В ТЕРМИНАХ  
КАЧЕСТВЕННОЙ ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙELEMENTARY ANALYSIS OF CHANGES IN COMMON GEOPOLITICAL TRACKS  
OF THE STATE IN TERMS OF QUALITY OF THE THEORY  
OF DIFFERENTIAL EQUATIONS

**Аннотация.** Предлагается подход к исследованию условий изменения геополитической траектории государства на основе анализа динамики его геополитического потенциала в фазовом пространстве. Работа поддержана РФФИ, грант К-03-00387.

**Annotation.** An approach to the study of changes in the geopolitical conditions of the trajectory of the state based on the analysis of the dynamics of its geopolitical potential in phase space.

**Ключевые слова.** Геополитический потенциал, геополитическая траектория, стационарная точка, параметр развития государства, фазовый портрет.

**Key words.** Geopolitical potential, geopolitical trajectory, stationary point, the parameter of the state, the phase portrait.

Анализ геополитической динамики относится к разряду тех общенаучных («мировоззренческих») методов, с помощью которого сегодня познаются (по крайней мере, на уровне качества) многие процессы, протекающие в различных сферах функционирования мировой системы, включая сферу вооруженного противоборства. Опыт применения геополитического подхода, в том числе в его количественном формате, в различных «социальных» исследованиях, последовавших после реабилитации (в нашей стране) геополитики, позволяет надеяться на появление нового универсального научного инструмента.

К настоящему моменту научно-методический каталог количественных исследований геополитических процессов включает уже достаточно солидный перечень подходов и моделей (например, [1–4]). Один из таких подходов основан на математическом моделировании динамики геополитического статуса государства [3]. Здесь под геополитическим статусом понимается показатель, характеризующий место страны в мире (регионе), обусловленное «восприятием» (другими странами) атрибутов национальной мощи данного государства – физико-географических, демографических, экономиче-

ских, военных и др. В свою очередь, совокупность этих атрибутов называют геополитическим потенциалом (ГП) [3], который в данной трактовке является главным компонентом статуса государства.

Таким образом, будем считать, что геополитическая динамика страны характеризуется, главным образом, последовательностью состояний ГП во времени, называемой *геополитической траекторией государства*.

Существует достаточно широкий класс задач военно-прикладного назначения, в основе которых лежат именно характеристики геополитической траектории в условиях целенаправленного (как правило, силового) воздействия. При этом, как показывает опыт исследования подобных «траекторных» задач, важным методологическим этапом является общий анализ поведения траектории вблизи некоторого положения равновесия.

Важность такого анализа заключается в том, что равновесие (гомеостаз) является «желаемым» (предпочтительным) состоянием систем различной природы. Поэтому в некоторых случаях движение целеустремленной системы – это переход от одного состояния равновесия к другому. (Так, в частности, применительно к си-

Ковалев Виктор Иванович – кандидат технических наук, ученый секретарь секции, АВН, тел. (495)543-36-76;

Малков Сергей Юрьевич – доктор технических наук, профессор, руководитель направления, АВН;

Винокуров Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, профессор АВН, начальник лаборатории, ФБУ «12 ЦНИИ Минобороны России».

Kovalev Victor – Ph.D., Scientific Secretary of the section, AMS, tel. (495) 543-36-76;

Malkov Sergey – doctor of engineering sciences, professor, leader of direction, AMS;

Vinokourov Gennady – Ph.D., professor of AMS, Head of Laboratory, FBU "12 Central Research Institute of the Russian Defense Ministry".

стеме межгосударственных отношений равновесные состояния некоторые исследователи ассоциируют с понятием «стратегическая стабильность»). При этом во многих задачах достаточно знать лишь главные, достаточно общие характеристики траекторного перехода и условий, при котором он способен реализоваться.

В рассматриваемой задаче динамика ГП определяется автономным дифференциальным уравнением, представляющем собой частный случай уравнения Бернулли

$$\frac{dG}{dt} = \lambda G (1 - G), \quad (1)$$

которое в совокупности с начальными условиями  $G(t_0)=G_0$  образует задачу Коши. Здесь  $G(t)$ ,  $G(t_0)$  – значения ГП в момент времени  $t$  и начальный момент времени  $t_0$  соответственно;  $\lambda$  – «параметр развития страны», представляющий собой разность между параметром влияния страны на мир  $g$  и параметром влияния мира на данное государство  $w$ , т.е.  $\lambda=g-w$ .

При формировании уравнения (1) использовались следующие основные предположения.

1. Влияние страны на мир и мира на страну пропорционально ГП данной страны. При этом сила влияния формализуется указанными выше параметрами  $g$  и  $w$ . («Физический» смысл параметров  $g$  и  $w$  – «прирост» и «износ» ГП, соответственно, происходящих вследствие взаимодействия государства с остальным миром).

2. Существует предел роста ГП, обусловленный емкостью среды, который в данном случае формализован введением множителя  $(G_{max} - G)$ , где, согласно определению ГП [3], максимальное значение  $G_{max} \equiv 1$ . Это формально означает, что страна – единственное государство на земном шаре, политически объединяющее весь мир. Минимальное значение  $G_{min} \equiv 0$  означает отсутствие государства на политической карте мира.

Решение уравнения (1)

$$G(t) = \frac{1}{1 + \beta \exp[-\lambda(t - t_0)]}; \quad \beta = \frac{1 - G_0}{G_0}, \quad (2)$$

определяет логистическую кривую.

Сравнение результатов расчетов динамики ГП, проводимых на основе уравнения (1) и общей модели ГП [3] (рис.1), показывает «профпригодность» представленной микромоделю (1).

Важно отметить, что уравнение (1) надо рассматривать лишь в качестве одного из типичных представителей семейства уравнений, способных отображать динамику ГП. Здесь важным является то, что общие траекторные характеристики всех этих уравнений будут одинаковыми (эквивалентными) в смысле качественной теории дифференциальных уравнений, методами которой про-



Рис.1. Погрешность модели (1) в сравнении с общей моделью геополитического статуса [3]

водился анализ геополитической траектории.

Уравнение (1) имеет две стационарные точки ( $G_{S1}=0$  и  $G_{S2}=1$ ) (рис.2), тип которых определяется знаком параметра  $\lambda$ : при  $\lambda>0$  точка  $G_{S1}$  является репеллером (и определяет неустойчивое состояние равновесия), а точка  $G_{S2}$  – аттрактором (определяет устойчивое состояние). (В случае  $\lambda<0$  – все наоборот).

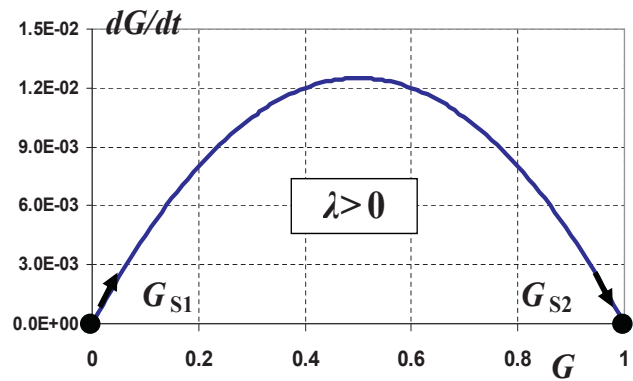


Рис.2. Фрагмент фазового портрета уравнения (1)

Интерпретация влияния рассмотренных равновесных положений на состояние (динамику) ГП государства такова.

В случае  $\lambda>0$ , означающем «благоприятное» для государства соотношение «параметров влияния» ( $g>w$ ), страна, даже начиная с малых значений ГП ( $G \approx 0$ ), со временем имеет перспективу (но лишь перспективу!) достичь потенциала, близкого к абсолютному мировому лидерству ( $G \approx 1$ ). Однако «в реальности», как следует из анализа выражения (2), достижение абсолютного мирового лидерства ( $G=1$ ) требует «бесконечного времени» ( $t \rightarrow \infty$ ), что можно трактовать как принципиальную практическую невозможность такой ситуации.

В противоположном случае при «неблагоприятном» соотношении параметров  $g$  и  $w$  ( $\lambda<0$ ) государство, даже находясь в окрестности абсолютного лидерства, может со временем деградировать до состояния, когда его ГП будет постоянно располагаться в окрестности нулевого значения ( $G \approx 0$ ). При этом аналогично предыдущему случаю, в точности нулевое значение практически недо-

стижимо. То есть при сохранении национальных атрибутов, страна сохраняется как субъект мировой системы. (В данном случае вопрос «искусственного» исчезновения государства с политической карты мира, как результат собственно политического решения, не рассматривается).

Уравнение (1) можно рассматривать как уравнение динамики ГП в мирных условиях, т.е. обусловленных «естественным» влиянием остального мира. Здесь «естественное» влияние ассоциируется с мирным развитием различных мировых процессов и проявляется в изменении доли («вклада») страны в некотором общемировом показателе (например, в общей численности населения). Это, в свою очередь, приводит к соответствующему изменению ГП страны. Очевидно, что подобное изменение может быть вызвано целенаправленным, «искусственным» воздействием, например, в ходе вооруженной борьбы.

Математически военное воздействие представляется в виде дополнительного «возмущающего» члена в правой части уравнения (1), который задается на классе функций следующего вида:

$$\Delta f(G) = \varepsilon G^n, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – положительная константа;

$n = 1, 2, 3, \dots$  – целочисленный показатель степени.

Таким образом, приходим (аналогично Е. Зиману [5]) к семейству динамических систем с шумом  $\varepsilon G^n$  вида

$$\frac{dG}{dt} = \lambda G - \lambda G^2 - \varepsilon G^n; \quad (n=1, 2, 3, \dots). \quad (4)$$

В силу того, что функция шума (3) является в «реальности» (при  $G < 1$ ) убывающей, т.е.  $\Delta f(G) \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow +\infty$ , наиболее «тяжелое» воздействие реализуется для случая  $n=1$ . Этому случаю соответствует уравнение

$$\frac{dG}{dt} = -\lambda G^2 + (\lambda - \varepsilon)G, \quad (5)$$

второй (правой) стационарной точкой которого является точка

$$G_{s2} = 1 - \frac{\varepsilon}{\lambda}. \quad (6)$$

Первая точка  $G_{s1}=0$  будет одинакова для всех уравнений семейства (4). При этом очевидно, что для соблюдения «физичности процесса» (так как  $G \geq 0$ ) должно выполняться условие:  $\varepsilon \leq \lambda$ .

Как видно из (6), любое ненулевое воздействие  $\varepsilon$  уменьшает максимально возможный предел роста ГП, формально вплоть до нуля (при  $\varepsilon = \lambda$ ), т.е. происходит слияние стационарных точек. Это же условие слияния можно получить, используя методическую схему элементарной теории катастроф [6], согласно которой исследуются положения равновесия системы (5) на основе потенциальной функции  $V_G(G; \lambda; \varepsilon)$  вида

$$V_G(G; \lambda; \varepsilon) = -\frac{\lambda}{3}G^3 + \frac{(\lambda - \varepsilon)}{2}G^2 + c_0,$$

где  $c_0$  – формальная константа. В сливающейся критической точке можно ожидать катастрофическое, в смысле Р. Тома [7], поведение динамической системы (5): находясь в равновесии, соответствующем минимуму  $V_G$ , она произведет катастрофический скачок, как только  $\varepsilon = \lambda$ .

Однако в «реальности» существует минимальное, ненулевое значение ГП, определяемое наличием (даже на уровне карликовых государств) территории, населения, экономики. (Так, например, минимальное значение ГП Соединенных Штатов составляет, согласно расчету по упомянутой выше модели геополитического статуса [3],  $\sim 7,0 \cdot 10^{-8}$  безразмерных единиц). Следовательно, стратегия пресечения роста ( $\lambda > 0$ ) потенциала заключается в постановке барьера в виде точки-аттрактора  $G_{s2}$ , достижение которой «фиксирует» государство. При этом координата барьера определяется из условия  $G_{s2} \geq G(t)$  и достигается при следующих значениях воздействия:

$$\varepsilon \leq [1 - G(t)]\lambda, \quad (7)$$

где  $G(t)$  – текущее значение ГП страны.

Для менее «тяжелого» случая воздействия ( $n=2$ ) барьерная точка, как легко видеть, в силу того, что  $G_{s2} = \frac{\lambda}{\lambda + \varepsilon}$  фиксируется максимум на значении 0,5 (при  $\varepsilon = \lambda$ ). Однако в этом случае при реализации воздействия  $\varepsilon = \lambda$  скачок-катастрофа не реализуется. Соответственно при возрастании  $n$  воздействие по абсолютному значению уменьшается (в пределе – до нулевого значения), а барьерная точка сдвигается вправо, вплоть до максимального значения ГП.

С позиций введенных параметров рассмотрим в качестве примера перспективы геополитической конкуренции двух первых стран в мировом геополитическом рейтинге – Соединенных Штатов (лидер) и Китая (президент) – на прогнозном интервале 25 лет. Динамика ГП этих государств, рассчитанная на основе модели статуса [3], представлена на рис.3.

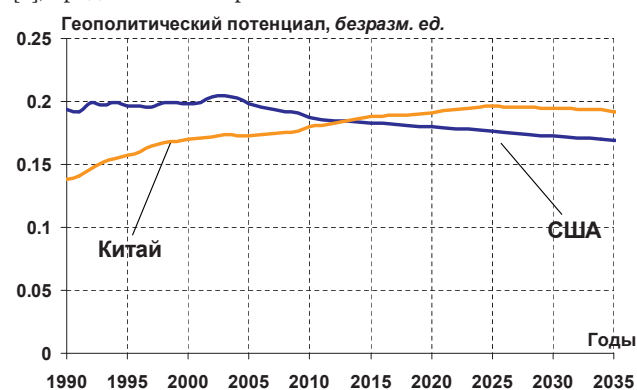


Рис.3. Динамика геополитических потенциалов США и Китая в период 1990-2035 годы

Как видно, китайский ГП, имея положительную динамику ( $\lambda_{\text{КНР}} \approx 3,3 \cdot 10^{-3}$ ), после 2013 г. превзойдет потенциал США ( $\lambda_{\text{США}} \approx -5,5 \cdot 10^{-3}$ ). Тем не менее США сохранят лидерство примерно до 2025 г. (рис.4), поскольку их геополитический статус (и положительная геополитическая дистанция между ними и Китаем) будет поддерживаться за счет других – внешних факторов, учитываемых математической моделью статуса [3] (например, наличием сильных союзников в лице НАТО).

В этой ситуации «застопорить» ГП Китая возможно, если организовать дополнительное воздействие, амплитуда которого, согласно формуле (7), в данном случае будет равна  $\varepsilon \approx 0,8\lambda_{\text{КНР}}$

Мирный же путь (как альтернатива силового воздействия) заключается в изменении самого параметра роста  $\lambda_{\text{КНР}}$  до отрицательных значений, что обусловит деградиционную динамику китайского потенциала. Конкретно, учитывая структуру ГП [3], изменить  $\lambda_{\text{КНР}}$  можно изменив вклад (долю), которые вносит Китай в общемировые показатели территории, населения, экономики и военного потенциала.

Не останавливаясь в данной статье на конкретике всего спектра стратегии изменения ГП государства (этому планируется посвятить отдельную публикацию), отметим пока, что наиболее гибким, динамичным и управляемым компонентом воздействия является военный по-



Рис.4. Динамика геополитической дистанции (разность геополитических статусов) между США и Китаем в период 2000-2035 годы

тенциал. Это обусловлено тем, что основные компоненты военного потенциала (военные расходы, численность вооруженных сил, количество вооружения и военной техники и т.д.), в отличие от экономических и демографических процессов (а тем более «неизменяемой» территории), зависят, главным образом, от национального политического решения. (Особенно это относится к ведущим странам мира, обладающим наибольшей политической самостоятельностью). Следовательно, инициируя гонку вооружения, можно снизить долю страны-конкурента в общемировом показателе военного потенциала и, как следствие, уменьшить параметр роста противоположной стороны.

#### Литература

1. Андреев В.Г. Геополитика и мировая война. //Обозреватель-Observer.– 1999. – №12(119).
2. Чернавский Д.С., Чернавская Н.М., Малков С.Ю., Малков А.С. Математическое моделирование геополитических процессов. // Стратегическая стабильность – 2002. – №1 – С. 60-66.
3. Винокуров Г.Н., Ковалев В.И., Малинецкий Г.Г., Малков С.Ю. и др. Россия в контексте мировой геополитической динамики: количественная оценка исторической ретроспективы, современного состояния и перспектив развития – В кн. «Проекты и риски будущего: Концепции, модели, инструменты, прогнозы» – М.: КРАСАНД, 2011, С. 89-105.
4. Садовничий В.А., Акаев А.А., Кортаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики – М.: ИСПИ РАН, 2012.
5. Zeeman E.C. Stability of dynamical systems. //Nonlinearity.– 1988. – Vol 1. –№1. – P. 115-155.
6. Арнольд В.И. Теория катастроф. –М.: Едиториал УРСС, 2004.
7. Том Р. Структурная устойчивость и морфогенез – М.: Логос, 2002.

Материал поступил в редакцию 16. 07. 2012 г.