

DOI:

ПРОБЛЕМА БЕЗБИЛЕТНИКА: ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТА МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ

Пыркина О.Е., Юданов А.Ю.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации.

Москва, Ленинградский проспект д 49

OPyrkina@fa.ru, yudanov@yandex.ru

Аннотация: Классическая задача экономической теории – «проблема безбилетника» – исследована с помощью аппарата конечных цепей Маркова. Предложено математическое описание стихийного саморегулирования неоплаченного потребления общественных благ путем контроля за «безбилетниками» со стороны напрямую взаимодействующих с ним агентов, чьи интересы нарушаются «безбилетником».

Ключевые слова: проблема безбилетника, потребление общественных благ, цепь Маркова, поглощающие состояния.

Введение

Работа посвящена рассмотрению классической экономической задачи – «проблемы безбилетника» и анализу возможности ее решения с помощью математической модели, построенной на основе конечных цепей Маркова.

«Безбилетником» в широком смысле в современной экономической теории считается индивидуум, потребляющий общественные блага без несения затрат на их выпуск в объеме, пропорциональном доле потребления. Экономические корни этой проблемы лежат в неконкурентном и неисключаемом характере потребления общественных благ, что неизбежно влечет за собой возможность их потребления без соответствующей оплаты, и, соответственно, необходимость для любого общества ограничения объема такого потребления. Задача эта имеет первостепенное значение для экономики любой социальной системы. Традиционно в научной литературе «проблема безбилетника» рассматривается как разрешимая лишь за счет государственного вмешательства, часто носящего внеэкономический характер, а потому неэффективного.

В статье рассматривается процесс саморегулирования неоплаченного потребления общественных благ при использовании экономических рычагов. Речь идет о контроле за поведением «безбилетника» со стороны напрямую взаимодействующих с ним агентов, когда, вопреки неконкурентности потребления, деятельность безбилетника нарушает их непосредственные интересы. Такие экономические агенты оказывают тем более активное противодействие, чем больше вредит им безбилетник. Такой подход демонстрирует принципиальную возможность решения «проблемы безбилетника» для важного частного случая нарушения «безбилетником» интересов непосредственно взаимодействующих с ним экономических или социальных агентов.

Математическая модель задачи основана на марковских цепях с поглощающими состояниями. Моделирование показывает сходимость системы к устойчивому финальному распределению состояний марковской цепи, создавая возможность эффективного саморегулирования системы и получения устойчивого решения посредством экономических рычагов.

1 Экономический содержание проблемы безбилетника

1.1 Широкое распространение проблемы и попытки ее решения

Хорошо известная в классической экономической литературе «проблема безбилетника» является одной из системных слабостей рыночной экономики. Сложности такого рода возникают в целом ряде сфер деятельности и отраслей экономики и широко описаны в литературе. Так, к «безбилетничеству» сводится «проблема отлынивания» широко известна в теории корпоративного управления. В теории общественного выбора та же по сути проблема традиционно называется «проблемой коллективных действий»; если мы обратимся к вопросам управления природопользованием и экологии, то столкнемся с «проблемой совместного использования ресурсов» [1].

Более того, «проблема безбилетника» касается не только экономики; как показали недавние исследования, схожие проблемы возникают и в социальной сфере. Проявления этой проблемы можно обнаружить в следующих областях: военно-политической стратегии (выбор в пользу обороны или агрессии) [2]; социальных революциях в современной Латинской Америке [3]; списывании на экзаменах в вузах [4], при проведении реформ медицинского страхования президентом США Б.

Обамой [5], деятельности международных организаций по защите окружающей среды [6], бесплатном донорстве крови.

Даже в новейшей пандемии коронавируса можно увидеть проявления «безбилетничества», это несоблюдение отдельными лицами общих правил безопасного социального поведения. Пока все сидят по домам и носят маски при выходе на улицу и в общественные места, риск заражения не столь велик для индивидуума, который этих правил не соблюдает и не ограничивает себя (и тем самым создает опасность для окружающих).

Все перечисленные выше ситуации объединяет один и тот же механизм «безбилетничества»: индивидуумы получают выгоды от коллективных усилий, не неся при этом пропорциональных издержек [7]. Соответственно мы будем рассматривать как «безбилетника» индивидуума, который использует преимущества некоего объекта или ситуации, товара или услуги, без покрытия издержек. Следует сразу отметить, что огромное большинство перечисленных выше случаев плохо поддается правовому регулированию. Юридически «безбилетник» - не преступник, поскольку доступ к потребляемым благам является свободным (неисключаемость потребления). Кроме того, проблема не решается административными мерами, штрафами и пр. Трудность регулирования дополнительно усиливает своекорыстный характер поведения «безбилетника»: стремясь к своим интересам, он безнаказанно нарушает интересы своего социального окружения! Классическая «проблема безбилетника» состоит в неправомерном получении общественных благ, совершенном из эгоистических соображений.

1.2 Границы неконкурентности потребления, или как безбилетник нарушает интересы своего ближайшего окружения

Как и многие другие классические проблемы, в общем случае «проблема безбилетника» представляется неразрешимой. Слабая связь известного свойства саморегулирования рынка («невидимая рука» Адама Смита) с природой потребления общественных благ приводит к полному фиаско рыночного регулирования в этой сфере. Обычно феномен «безбилетника» напрямую выводится из неограниченного характера доступа к общественным благам. Если город освещается ночью, то даже злостному неплательщику налогов нельзя помешать все прекрасно видеть в темное время суток. Однако, существенное значение имеет и неконкурентность потребления этих благ. Даже множество безбилетников, гуляющих по ночам, ничем принципиально не вредят честному плательщику, одновременно с ними вышедшему на улицу. Следовательно, прямых мотивов противодействовать «безбилетнику» обычно у большинства людей нет.

Но в то же время характер ущерба, наносимый «безбилетником» своему окружению, изучен весьма слабо. Авторы полагают, что этот ущерб можно подразделить на две составляющие – общую и частную. Общий ущерб для общества состоит в ущемлении интересов тех, кто потребляет общественные блага, заплатив за это право, например, своими налогами. Так, уклонение части общества от уплаты налогов приводит к недостаточному финансированию производства общественных благ, например, снижает уровень финансирования государственной системы здравоохранения. Аналогично, предприниматель, не желающий тратить на соблюдение в производстве экологических стандартов, тоже является «безбилетником». Его «безбилетничество» приводит к ухудшению качества, например, воды и к более дорогостоящим процедурам ее очистки, либо к повышению уровня загрязняющих атмосферу выбросов и т.д. Это также общий ущерб!

Однако при этом имеется и частный вред, который наносится не столько всему обществу, сколько ближайшему окружению «безбилетника». Люди, живущие поблизости от неэкологичного предприятия, страдают от его деятельности значительно сильнее общества в целом! В качестве другого примера можно рассмотреть незаконную оплату труда работников «по-серому». С такой зарплатой работодатель не платит пенсионных отчислений, что, естественно, уменьшает бюджет пенсионного фонда. Подчеркнем, само общественное благо «пенсионное обеспечение» остается неконкурентным. То, что некто недоплачивает денег в пенсионный фонд, не сокращает мою личную пенсию и, следовательно, не вызывает противодействия большинства пенсионеров. Но вред, наносимый работникам предприятия, где платят «серую» зарплату, является несоизмеримо более существенным; такой способ оплаты уменьшает размер их будущих пенсий, ограничивает возможности получения кредитов, в том числе ипотечных, и пр. И легко понять, что они вряд ли будут безропотно соглашаться с этим, если у них есть хоть малейшая возможность к сопротивлению (естественно, мы понимаем, что в этой ситуации возможность к сопротивлению ограничена конкуренцией на рынке труда, часто люди поставлены в такие условия, что соглашаются на любую работу).

Классификация ситуаций, возникающих при «безбилетничестве», представлена в Таблице 1.

Таблица 1. Субъекты противодействия «безбилетнику» при разных соотношениях наносимого им частного и общего вреда

	Высокий частный ущерб	Низкий частный ущерб
Высокий общий ущерб	А. Малые группы Олсона	Б. Государство
Низкий общий ущерб	В. Ближнее окружение	Г. Отсутствуют/Государство

Источник: Составлено авторами

Часть Таблицы 1, соответствующая ситуации, когда частный ущерб от деятельности безбилетника невелик, описывает ситуацию, характеризующуюся достаточно толерантной позицией общества. Эта позиция обусловлена тем, что при неконкурентном потреблении блага от действий «безбилетника» лично никто существенно не страдает. Даже в случае, когда общий ущерб высок (например, вынесенное за границу страны производство является неэкологичным), это слабо затрагивает интересы отдельных людей внутри исходной страны. Авторам представляется, что «проблема безбилетника» рассматривается как неразрешимая задача (если не считать возможности государственного вмешательства) именно в подобных ситуациях *с низким уровнем частного ущерба*. Когда никого лично его деятельность не задевает, ограничить «безбилетника» либо не пытаются совсем, либо делают это с весьма низкой эффективностью.

Но в ситуации *с высоким уровнем частного ущерба* мы сталкиваемся с противоположной моделью социального поведения. Как только частные интересы ущемляются, люди оставляют пассивную позицию и начинают активное противодействие «безбилетнику». Причем противодействие этому становится тем сильнее и активнее, чем выше нанесенный ущерб.

1.3 Основные принципы построения модели

Для того, чтобы построить математическую модель «проблемы безбилетника» и получить количественные оценки, мы рассматриваем ситуацию *с низким общим и высоким частным ущербом*, а именно, сектор В Таблицы 1. Моделирование позволяет построить оценку необходимого числа временных шагов, за которые путем противодействия близкого окружения ограничивается своекорыстное поведение «безбилетника», а также оценить параметры, делающие «безбилетничество» экономически невыгодным. Влияя на эти параметры, например, создавая соответствующие институциональные условия, мы получаем возможность управления процессом. Следует отметить, что подобный подход применим практически для всех взаимоотношений с эффектом «безбилетничества»: и при анализе экологических проблем, возникающих при ведении производства без учета экологических требований, и для многих других подобных ситуаций, характеризующихся высоким частным ущербом для ближайшего окружения «безбилетника».

Для построения модели существенно, что во всех подобных случаях рассматриваемые системы взаимодействия «безбилетника» с его окружением обладают так называемым марковским свойством. С формальной точки зрения марковское свойство можно определить следующим образом; условная вероятность перехода системы в то или иное состояние на каждом временном шаге зависит только от текущего состояния системы и не зависит от всей предыстории процесса (то есть предшествующих состояний системы). В экономическом и социальном смыслах процесс, обладающий марковским свойством можно рассматривать как процесс, не обладающий долговременной памятью.

Для иллюстрации подхода к решению проблемы рассмотрение проводится на двух конкретных наглядных примерах «безбилетничества», мы строим марковскую модель для ситуаций фальшивомонетничества и выплаты «серой» зарплаты. В обоих случаях мы имеем дело с проявлением «безбилетничества» в ситуации с низким общим и высоким частным ущербом. Выпуск и внедрение в денежный оборот фальшивых купюр подрывает финансовую систему государства, но значительно больший ущерб приносит тому, кому такая купюра попала в кошелек. Выплата «серой» зарплаты снижает финансирование пенсионных фондов, но значительно сильнее вредит лицу, такую зарплату получающему, ограничивая его возможности.

Мы назвали эти примеры «задача о фальшивомонетчике» и «задача о серой и белой зарплате», и в обоих случаях рассматривается модель процесса, обладающего марковским свойством. В самом деле, при наличных расчетах частного потребительского характера трудно восстановить историю обращения купюры, находящейся в кошельке. Точно так же, при получении туристической визы, например, в страны Шенгенской зоны, будут существенны лишь текущие, а не прошлые значения суммы на счету потенциального туриста и его подтвержденного официального дохода («белой» зарплаты работника). Это обстоятельство дает возможность построить модель динамики системы на основе теории стационарных марковских случайных процессов [8].

Следует отметить, что ранее количественное моделирование при исследовании «проблемы безбилетника» осуществлялось в основном с помощью математического аппарата теории игр, например, [9], и в многочисленных работах такого рода проблема рассматривалась с точки зрения взаимодействия игроков – участников создания общественного блага, обсуждалась возможность превращения их в «безбилетников», возможность образования коалиций с теми или иными функциями и пр. Динамические модели «безбилетничества» [10] обсуждались с точки зрения анализа поведения бесконечно долго живущих агентов, осуществляющих выбор между частным потреблением и долговременными невозвратными инвестициями в материальные блага общего пользования (мосты, дороги и пр). Предлагаемый же в настоящей работе метод предполагает решение «проблемы безбилетника» извне, силами не производителей самих материальных благ и их выбором стратегии поведения, а силами их непосредственного окружения.

2 Количественный аспект: марковская модель процесса

2.1 «Задача о фальшивомонетчике»

Если мы хотим построить марковскую модель для циркуляции в обороте фальшивой купюры, то задачу нужно формализовать. Для такой формализации предположим, что фальшивая денежная купюра успешно введена мошенниками в оборот, и рассмотрим, что с ней будет происходить дальше. Выделим четыре возможных места нахождения фальшивой купюры («хранилища» наличных денег одного из четырех условных типов), между которыми в общем случае она циркулирует. Эти «хранилища» различаются по степени технической оснащенности процедуры контроля купюр при поступлении в хранилище и представляют собой множество условных состояний $S = \{1, 2, 3, 4\}$ системы наличного денежного обращения (далее - «системы»). В соответствии с этими состояниями построен граф обращения фальшивой купюры, представленный на Рис. 1 (более детальное описание модели сделано авторами ранее в [11]).

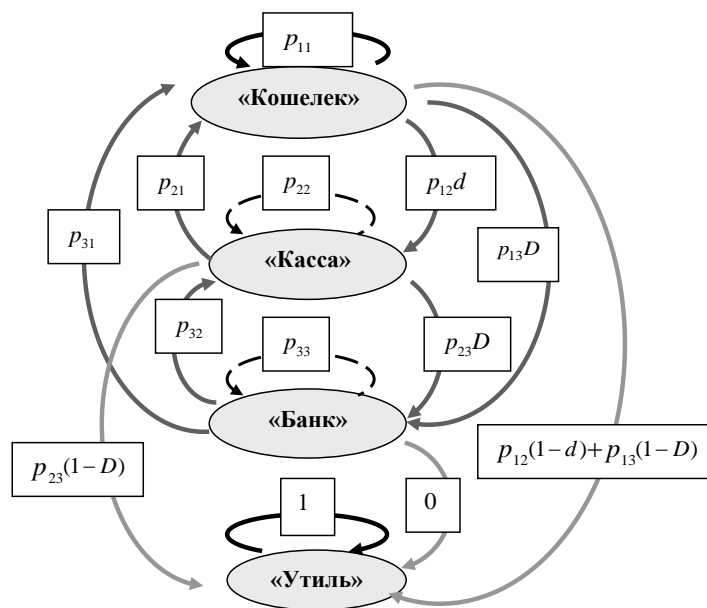


Рис 1. Граф возможных перемещений фальшивой купюры

На соответствующих дугах графа приведены переходные вероятности цепи Маркова p_{ij} (вероятности перемещения купюры из одного «хранилища» в другое, то есть перехода системы из состояния с номером i в другое состояние с номером j), не зависящие от того, каким каким был «путь» этой купюры до попадания в «хранилище». Марковское свойство системы проявляется именно в этом. В нашей модели предполагается, что фальшивая купюры вводится в оборот при наименьшем уровне технической оснащенности входного контроля, то есть на входе в «кошелек», где ее сложно распознать. При дальнейшем обороте купюры, то есть при перемещении денег из «кошельков» индивидуумов в «кассу» магазина или в «банк», вероятности «необнаружения» фальшивки составляют d или D (это по своей сути есть вероятности принять фальшивую купюру за подлинную). Таким

образом, произведения $p_{ij}d$ и $p_{ij}D$ есть вероятности попадания фальшивки в «каассу» или «банк» при сбое входного контроля. Если же фальшивка обнаружена, то она уничтожается, то есть система переходит в поглощающее состояние 4 «утиль».

Влияние концентрации q фальшивых купюр в обороте на вероятности «необнаружения» фальшивки описывается как экспоненциальное затухание соотношениями $d = e^{-\gamma q}$ и $D = e^{-\Gamma q}$ (γ и Γ - некоторые положительные коэффициенты). Здесь мы исходим из того, что усилия и успехи в выявлении фальшивок участниками наличного денежного оборота возрастают по мере увеличения концентрации таких купюр. И это вполне естественно, чем больше фальшивок в обороте, тем выше опасность понести частный вред, когда кто-то ее примет за подлинную.

Матрица переходных вероятностей за один временной шаг $F(1)$ для системы наличного денежного обращения при наличии в обороте фальшивой купюры имеет вид

$$F(1) = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12}d & p_{13}D & p_{12}(1-d) + p_{13}(1-D) \\ p_{21} & p_{22} & p_{23}D & p_{23}(1-D) \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Отметим, что состояние 4 «утиль» является поглощающим состоянием цепи Маркова; мы не рассматриваем наступление возможных правовых последствий и принимаем, что при обнаружении «фальшивки» убытки списываются, купюра утилизируется и далее в денежном обороте не участвует.

Мы предполагаем, как указывалось выше, что начальное внедрение фальшивых купюр в оборот осуществляется лишь при операциях «кошелек» - «кошелек», например, при расчетах на рынке; «каассы» и «банки» благодаря более высокой технической оснащенности не столь привлекательны для мошенников. Исходное распределение системы по состояниям выбирается так, чтобы все фальшивые купюры были сосредоточены в «кошельках», т.е. в состоянии 1. Тогда это распределение будет иметь вид $\bar{x}(0) = \{1, 0, 0, 0\}$. Далее эволюция этого вектора во времени может быть описана стандартным для марковских цепей уравнением $\bar{x}(n) = \bar{x}(0)P^n(1)$. Достижение финального распределения $\bar{x}(t^*) = \{0, 0, 0, 1\}$ будет означать, что все фальшивые купюры распознаны и успешно выведены из оборота.

Моделирование процесса перемещения фальшивых купюр проводилось при различных значениях параметров затухания γ и Γ и для различных матриц переходных вероятностей $F(1)$. Принималось, что система перешла в поглощающее состояние, если исходное распределение $\bar{x}(0) = \{1, 0, 0, 0\}$ перешло в конечное распределение вида $X = \{\leq 0.01, \leq 0.01, \leq 0.01, \geq 0.99\}$, в котором в поглощающем состоянии 4 «утиль» находится более 99% фальшивых купюр.

Данные Таб. 2 иллюстрируют результаты моделирования для значений $\gamma = 1$, $\Gamma = 2$ и одной из примененных матриц переходных вероятностей, отражающих частные представления авторов о характере и структуре наличного денежного оборота.

Таблица 2. Зависимость числа n временных шагов до момента перехода системы в поглощающее состояния от концентрации q фальшивых купюр в обороте

$q = 0.02$	$q = 0.05$	$q = 0.1$	$q = 0.2$	$q = 0.3$
$n > 300$	$n = 143$	$n = 83$	$n = 40$	$n = 29$

Результаты показывают, что по мере увеличения концентрации фальшивых купюр q в обороте система переходит к финальному распределению $\bar{x}(t^*) = \{0, 0, 0, 1\}$ за все более сокращающееся число временных шагов. Это показывает наличие в системе отрицательной обратной связи и подтверждает возможность ее саморегулирования при наличии соответствующих институциональных условий (в частности, при изъятии фальшивки, даже без правовых последствий, у добросовестного приобретателя). Чем сильнее «засорена» денежная масса в обороте фальшивыми купюрами, тем быстрее (а не медленнее, как можно было бы подумать) происходит процесс очищения. В итоге не

благодаря государству, а за счет усилий рыночного окружения «безбилетничество» (в рассматриваемом случае – изготовление фальшивых денег) постоянно поддерживается в почти «задушенном» состоянии.

2.2 «Задача о серой и белой зарплате»

Аналогичная модель на основе цепи Маркова с поглощающими состояниями была построена и для анализа еще одной возможной ситуации «безбилетничества» - ухода от налогов при выплате зарплаты «в конвертах» сотрудникам некоторого негосударственного предприятия. В ней выделяется 5 уровней –категорий состояния работающего человека, которые различаются по возможности доступа к материальным благам, таким как получение кредитов, туристические поездки за рубеж, перспектива обеспеченной старости с приемлемой пенсией и т.д. Соответственно выделяется множество $S = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ состояний системы занятости работника (ниже - «системы»). Граф состояний системы и возможных переходов между состояниями представлен на Рис 2.

Основной причиной, приводящей к активной отрицательной реакции сотрудников на действия работодателя, стремящегося уйти от налогов путем выплаты зарплаты «в конверте», авторы считают конкретный вред по снижению потребительского уровня, наносимый наемным сотрудникам. В частности, на основе российской практики мы полагаем, что работники противостоят такому «предпринимателю -безбилетнику» не столько беспокоясь за свою будущую пенсию, сколько испытывая постоянное ущемление текущего статуса потребления. Получение подобной «серой» зарплаты не дает сотруднику возможности купить жилье в ипотеку, взять в кредит автомобиль, претендовать на крупную сумму потребительского кредит, получить туристическую визу в посольстве, оформить разрешение на усыновление ребенка и т.д. В целях сокращения обозначений состояние, в котором доступ к этим благам открыт, в модели названо «доступностью кредитов».

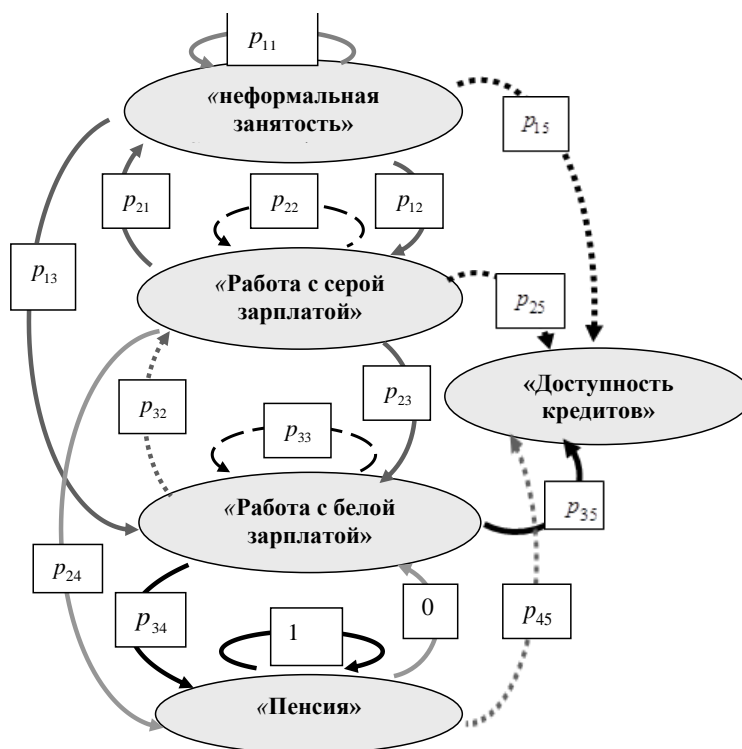


Рис 2. Граф перемещений работников по условным состояниям занятости

Матрица переходных вероятностей цепи Маркова $P(1)$ для этого графа соответствует системе с двумя поглощающими состояниями: состояние 4 «пенсия» (помолодеть еще никому не удалось) и состояние 5 «доступ к кредитам» (люди, как правило, достигнув определенного уровня официальной зарплаты, не стремятся его снижать).

В рассматриваемой модели наибольший интерес связан с вероятностью p_{23} перехода из состояния 2 «работа с серой зарплатой» в состояние 3 «работа с белой зарплатой». Эта вероятность должна возрастать при увеличении сопротивления сотрудников действиям недобросовестного

предпринимателя. В модель это введено как $p_{23} = c(1 - e^{-\alpha D})$, где α - положительный коэффициент пропорциональности, D - фактор, описывающий долю сокрытия зарплаты в ее «серой» части:

$$D = \frac{\text{Рыночная "белая" з/п по должности} - \text{"Белая" часть "серой" з/п}}{\text{"Белая" часть "серой" з/п}}$$

Появление фактора вида $(1 - e^{-\alpha D})$ отражает значимость благ современного мира, допуск к которым имеют только работники с официальной высокой зарплатой. Следует также отметить, что при возрастании вероятности p_{23} перехода из состояния 2 в состояние 3 в модели должна уменьшиться вероятность p_{22} сохранения состояния 2, поскольку основной кадровый резерв для увеличения множества сотрудников с «белой» зарплатой - это именно сотрудники с «серой» зарплатой, то есть находящиеся в состоянии 2. Опишем это уменьшение как $p_{22} = ce^{-\alpha D}$. С учетом этого эффекта подавления «безбилетничества» (фактора активного противодействия ближнего окружения – самих сотрудников) матрица переходных вероятностей (за один временной шаг) принимает вид

$$P(1) = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} & 0 \\ p_{21}^* & ce^{-\alpha D} & c(1 - e^{-\alpha D}) & p_{24}^* & 0 \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} & P_{35} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

с дополнительным условием для сохранения свойства стохастичности

$$p_{21}^* + ce^{-\alpha D} + c(1 - e^{-\alpha D}) + p_{24}^* = 1.$$

Отметим, что поскольку при учете в модели степени активного сопротивления сотрудников вероятности p_{21} и p_{24} также меняются, их новые значения помечены звездочкой* (введена здесь во вторую строку матрицы $P(1)$ как верхний индекс).

Начальное распределение состояний системы выбирается равномерным (поскольку статистических данных о реальном распределении работников по категориям нет, есть только оценки, полученные коммерческими структурами). Для цепей Маркова формально можно начинать моделирование с любого состояния цепи, поэтому выбрано распределение вида $\vec{x}(0) = \{0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2\}$. Достижение финального распределения вида $\vec{x}(t^*) = \{0, 0, 0, a, b\}$, $a + b = 1$, где значения параметров a и b определяются возрастной структурой общества, будет означать, что система успешно перешла в состояние, в котором все сотрудники получают либо «белую зарплату», либо «пенсию» (и условно все получили доступ к материальным благам, то есть выход на пенсию или переход на работу с высокой официальной зарплатой условно влечет за собой «доступность кредитов»). Такая структура общества, состоящего из обеспеченного среднего класса, который добросовестно платит налоги и имеет широкий доступ к материальным ресурсам, и обеспеченных же пенсионеров; в модели получила название «идеальное общество».

Численное моделирование, основанное на изложенных выше соображениях, проводилось для различных значений параметров c и D , а также для различных матриц переходных вероятностей цепи Маркова $P(1)$. Для иллюстрации в Таб. 3 приведены результаты моделирования для значений параметра $c = 0.5$ и одной из использованных матриц переходных вероятностей. Принималось, что система перешла в поглощающие состояния, если начальное равномерное распределение $X = \{0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2\}$ перешло в финальное распределение вида $X = \{\leq 0.01, \leq 0.01, \leq 0.01, \geq a, \geq b\}$, $a + b = 0.99$, то есть система достигла состояния, в котором более 99% людей находятся в категориях, определяющих состояние «идеальное общество».

Таблица 3. Зависимость количества n временных шагов до достижения системой поглощающих состояний от значения управляющего параметра D разности между «серой» и «белой» зарплатами

$D = 2$	$D = 5$	$D = 10$	$D = 20$	$D = 30$
$n > 300$	$n = 120$	$n = 72$	$n = 17$	$n = 6$

Результаты моделирования показывают, что с по мере увеличения значения D - доли сокрытия зарплаты, то есть разрыва между полностью официальной зарплатой и официально выплачиваемой частью «серой» зарплаты, система достигает конечного состояния «идеальное общество» за все более сокращающееся число временных шагов. Это открывает возможность эффективного ограничения «безбилетников», экономящих на уплате налогов, за счет саморегулирования системы, опять-таки при наличии институциональных условий, обеспечивающих доступ к существенно значимым благам лишь сотрудникам с достаточно высокой официальной зарплатой.

В реальности «идеальное» состояние современного российского общества почти достигнуто лишь применительно к наиболее привлекательной для работодателя социальной группе молодых (30-40 лет) людей с незаурядным уровнем профессиональной подготовки, обуславливающей их высокую конкурентноспособность на рынке труда. В России из-за высоких социальных запросов этой группы (потребность в автомобиле, квартире и пр.) быть «безбилетником» в отношении таких сотрудников работодателю невыгодно, поскольку при выборе условий работы они имеют возможность настаивать на повышении «серой» зарплаты до такого уровня, который возмещал бы им все ограничения, связанные с ее неофициальным статусом.

Отметим также, что в двух приведенных выше задачах, как и в нескольких других, рассматриваемых сейчас авторами, общая схема моделирования однотипна, несмотря на то, что с формальной стороны для этих двух задач эргодическое множество цепи Маркова состоит из разного количества поглощающих состояний системы.

Заключение

Исследование ближайшего окружения «безбилетника» как основного фактора, подавляющего это негативное явление и позволяющего им управлять, сейчас только начинается [12]. Было бы очень интересно и значимо в дальнейшем дополнить модели, предлагаемые в статье, конкретным статистическим материалом. Это дало бы возможность провести существенно более точные оценки многих характеристик и этапов происходящих процессов; в частности, было бы очень полезно оценить среднее время нахождения системы в том или ином состоянии посредством вычисления обратной матрицы для матрицы переходных вероятностей цепи Маркова.

Хотелось бы также отметить, что результаты и выводы на основе моделирования, приведенные в статье, согласуются с эмпирическими данными, полученными при искусственном социологическом моделировании ситуации «безбилетничества» [13]. В этих исследованиях показано продемонстрировано уменьшение проявлений «безбилетничества» при условии активизации и координации действий взаимодействующих с безбилетником людей. Авторам представляется разумным перефразировать классическое изречение и поставить задачу «Ищи, кому НЕвыгодно». Авторы полагают, что предлагаемый подход может быть применен в любой ситуации проявления «безбилетничества» и может служить отправной точкой на пути реального решения глобальной проблемы для целого ряда ситуаций.

Кроме того, существенно более основательные «эксперименты» ставит сама жизнь. В настоящий момент высокая эффективность действий ближнего окружения «безбилетника» становится все более очевидна обществу, достаточно вспомнить лишь массовые протесты против строительства мусорного полигона в Архангельской области, на станции Шиес. Введение в действие такого полигона для складирования мусора (вместо дорогостоящего строительства современных заводов по переработке мусора) нанесло бы непоправимый вред экологии и было успешно остановлено действиями людей, стремящимися не допустить экологической катастрофы на своей малой родине.

Литература

1. *Ostrom E.* (2003). How types of goods and property rights jointly affect collective action. *Journal of Theoretical Politics*, Vol. 15, No. 3, pp. 239-270
2. *Leeson P.T., Coyne C. J., Duncan T.K.* (2014). A note on the market provision of national defense. *The Journal of Private Enterprise*, Vol. 29, No. 2, pp. 51-55. URL

- http://journal.apee.org/index.php?title=2014.Spring.JPE_part3.pdf&gsearch=A%20note%20on%20the%20market%20provision%20of%20national%20defense
3. *Weismuller, J.P. (2012)* "Social Movements and Free Riders: Examining resource mobilization theory through the Bolivian Water War," *The Macalester Review*: Vol. 2: Iss. 2, Article 4.
 4. <http://www.dailymail.co.uk/femail/article-3137339/Writing-answers-tampon-using-MORSE-CODE-bizarre-ingenuous-ways-British-students-cheated-exams-revealed.html>
 5. *Douglas A. Kahn & Jeffrey H. Kahn* Free rider: a justification for mandatory medical insurance under health care reform? *Michigan Law Review First Impressions*, Vol. 109:78, 2011
 6. *Manzano G., Prado S. A. (2015)*. Liberalizing trade of environmental goods and services: How to address the free-rider problem. *Philippine Institute for Development Studies Policy Notes*, No. 2015-11, pp. 1-8. URL <http://dirp3.pids.gov.ph/webportal/CDN/PUBLICATIONS/pidspn1511.pdf>
 7. *Frayne Olson and Michael L. Cook* The Complexities of Measuring Free Rider Behavior: Preliminary Musings. ISNIE 2006 [http://www.isnie.org/ISNIE06/Papers06/08.1%20\(no%20discussant\)/ISNIE%202006%20Olson%20and%20Cook.pdf](http://www.isnie.org/ISNIE06/Papers06/08.1%20(no%20discussant)/ISNIE%202006%20Olson%20and%20Cook.pdf)
 8. *John G. Kemeny, J. Laurie Snell*. *Finite Markov Chains*. 3rd printing 1983 Edition. Springer-Verlag.
 9. *A. Kishor and R. Niyogi*. A game-theoretic approach to solve the free-rider problem. 2017 Tenth International Conference on Contemporary Computing (IC3), Noida, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/IC3.2017.8284333.
 10. *Marco Battaglini, Salvatore Nunnari, and Thomas R. Palfrey*. Dynamic Free Riding with Irreversible Investments. *American Economic Review* 2014, 104(9): 2858–2871, <http://dx.doi.org/10.1257/aer.104.9.2858>
 11. *Пыркина О. Е., Юданов А. Ю.* Локальное сопротивление оплаченному присвоению общественных благ (марковская модель для «задачи о фальшивомонетчике») // *Математика. Компьютер. Образование*. Сб. трудов XV международной конференции. Под общей редакцией Г.Ю. Ризниченко Ижевск: Научно-издательский центр "Регулярная и хаотическая динамика", 2008. Том 1, 302 стр. Стр. 208-218.
 12. *Yudanov A., Pyrkina O., Bekker E.* On the limits of unsolvability of the “free rider problem”. *Voprosy Ekonomiki*. 2016;(11):57-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2016-11-57-75>
 13. *Иваненкова Е. Д., Рыжкова М. В. (2013)*. Формирование безбилетника при производстве общественного блага: экспериментальный анализ // *Материалы тринадцатой международной научно-практической конференции «Экономическая психология: современные проблемы и перспективы развития»*. СПб.: НВШ-СПб.С. 108—115.