

УДК 519.866
ББК 73

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЫНОЧНЫХ БАРЬЕРОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СИСТЕМ

Степанов Л.В.¹

*(Институт менеджмента, маркетинга и финансов,
Воронеж)*

В публикации дана характеристика рыночных барьеров и их классификация. Анализируются аналогии биологических и экономических систем. Рассмотрены этапы иммунного ответа. Предложены модели каждого из этапов.

Ключевые слова: конкуренция, рыночные барьеры, иммунитет, искусственная иммунная система, модели фаз иммунного ответа.

1. Классификация рыночных барьеров

Каждый рынок имеет свою специфику – производство различных товаров, различный состав производителей, размер предприятий, особенности технологии, состав и специфика потребителей и другие.

Экономическая прибыль – это разность совокупного дохода и суммы явных и неявных издержек. Она является стимулом к вступлению в отрасль новых конкурентов. Если прибыль предприятия отрицательная, то оно стремится покинуть рынок.

Рыночные барьеры – препятствия при проникновении на рынок новых конкурентов (барьеры входа), а также экономиче-

¹ Леонид Викторович Степанов, кандидат технических наук, доцент (stepanovlv@yandex.ru, тел.8-950-771-31-13).

ские последствия при уходе с рынка для предприятия, действующего на рынке (барьеры выхода).

Значительные рыночные барьеры могут препятствовать появлению на рынке новых конкурентов, ограничивая их число. Незначительные барьеры, наоборот, создают возможность для потенциальных конкурентов относительно просто входить в отрасль или покидать ее, не неся при этом существенных убытков. Характеристика этих барьеров зависит от конкретной рыночной ситуации и различается для отдельных видов конкуренции (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика барьеров по типам и видам конкуренции.

	Совершенная конкуренция	Несовершенная конкуренция		
		Монополия	Монополи- стическая	Олигополи- стическая
Барьеры	Отсутствуют	Непреодо- лимы	Относительно легко преодо- лимы	Крайне труднопре- одолимы

Как видно из табл. 1, рынок совершенной конкуренции полностью открыт для проникновения на него других предприятий. В условиях монополии он наоборот полностью изолирован. Для этих двух видов конкуренции рассмотрение механизмов рыночных барьеров не имеет смысла. В тоже время рынки монополистической и олигополистической конкуренции относительно открыты для других предприятий и их продукции. Однако, именно для олигополистического характера взаимодействия предприятий рассмотрение механизмов рыночных барьеров наиболее актуально.

Рыночным барьером будем называть совокупность независимых экономических мер, источниками которых являются предприятия присутствующие на рынке, и направленных на изоляцию других участников данного рынка.

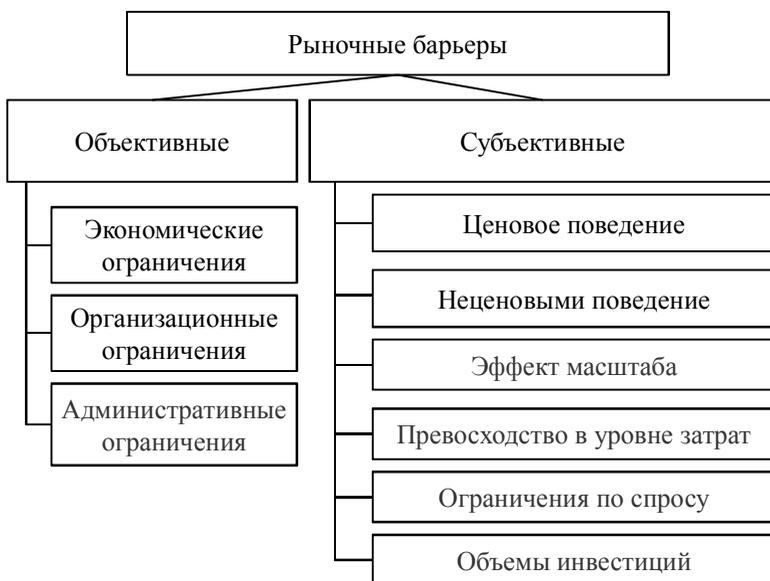


Рис. 1. Классификация рыночных барьеров

Предлагаем выделить объективные и субъективные барьеры на рынке (рис. 1):

1. Объективные барьеры не зависят от деятельности предприятий и являются общими условиями для всех участников рынка. Их источником является государство. Можно рассмотреть:

- экономические и организационные ограничения – государственная политика в области инвестиций, кредитов, налогов, цен, тарифного и нетарифного регулирования внешнеэкономической деятельности и последствия этой политики для конкретных товарных рынков, сроки окупаемости капитальных вложений;

- административные ограничения – наличие (отсутствие) ограничений деятельности производителей на данном товарном рынке, выдвигаемых органами власти и управления всех уров-

ней (лицензирование отдельных видов деятельности, квотирование, решения органов власти по ограничению ввоза (вывоза) товаров на территорию (с территории) и тому подобное).

2. Субъективные барьеры создаются сознательной деятельностью самих предприятий и стратегическим поведением, препятствующим проникновению новых конкурентов на данный рынок:

- ценовое поведение предприятий – представляет собой установление такого уровня цен товаров, который способен предотвратить появление на данном рынке новых конкурентов;

- неценовыми поведение предприятий – например: увеличение объема выпуска продукции; характеристика связей с другими участниками рынка; дифференциация выпускаемого продукта (возможное разнообразие предлагаемой продукции);

- эффект масштаба – если минимально эффективный масштаб деятельности на данном товарном рынке высок, то входящие на рынок потенциальные конкуренты на период достижения этого уровня могут иметь существенно более высокие затраты, чем уже действующие на товарном рынке хозяйствующие субъекты, и, следовательно, быть менее конкурентоспособными;

- превосходство в уровне затрат – возникают в том случае, если затраты на единицу продукции уже действующих продавцов ниже, чем у вновь входящих на рынок хозяйствующих субъектов;

- ограничения по спросу – высокий уровень удовлетворения спроса, отражающий как высокую насыщенность рынка товарами, так и низкую платежеспособность покупателей, является серьезным препятствием для освоения рынка потенциальными конкурентами;

- объемы инвестиций – значительный размер первоначального капитала, который необходим для начала деятельности хозяйствующего субъекта на рынке, может являться одним из важных барьеров входа на рынок.

В силу того, что объективные барьеры влияют в равной степени на всех участников рынка, их можно не рассматривать. Вопросы их преодоления не определяются тактикой и стратегией предприятий на рынке.

Субъективные барьеры представляют собой вполне определенные экономические факторы, источником которых являются предприятия уже существующие на рынке. Характеристика этих барьеров свидетельствует о том, что, в силу уникальности каждого участника рыночных процессов, они будут проявлять себя независимо от каждого предприятия на рынке.

Принцип «противодействия» позволяет провести аналогию между процессами рыночной экономики и процессами в биологических системах и, в частности, с защитными функциями живого организма, источником которых является иммунная система.

2. Иммунитет, как защитная функция биологических и экономических систем

Иммунитет – есть способ защиты организма от всех чужеродных веществ как экзогенной (наружной), так и эндогенной (внутренней) природы. Главная цель – обеспечение стабильности существования и развития организма, как генетически уникальной особи, способной передать свой уникальный генотип другому поколению [1, 2].

Иммунитет, являясь одной из древнейших защитных систем, сформировавшихся в живых организмах, имеет крайне сложную структуру и не до конца изученные механизмы функционирования [1].

Проявлениями функционирования иммунной системы являются: повышение температуры, воспаления, опухоли, гиперчувствительность, отторжение тканей и так далее.

Естественная иммунная система представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких функционально различных компонентов. В процессе эволюции она обучается разли-

чать внешние чужеродные агенты (например бактерии и вирусы) и собственные клетки или молекулы организма.

На основе обобщения механизмов и принципов функционирования изложенных в [1, 2] предлагается следующий принципиальный алгоритм действия иммунной системы:

1. проникновение чужеродного агента в организм;
2. проявление чужеродного характера через антигены;
3. иммунный ответ:

- распознавание антигена специфически реагирующими лимфоцитами (большие гранулярные клетки, распознающие инфекционный агент по антигену) и их активация;

- эффекторная фаза – лимфоциты осуществляют свою координирующую функцию в устранении источника чужеродных антигенов из организма;

- фагоцитоз – поглощение и перевариванию растворимых инфекционных агентов и чужеродных или структурно измененных собственных клеток;

4. вывод из организма продуктов деятельности иммунной системы.

Основная роль иммунной системы заключается в распознавании всех клеток (или молекул) организма и классификации их как «своих» или «чужих». Чужеродные клетки подвергаются дальнейшей классификации с целью стимуляции защитного механизма соответствующего типа. Именно эта роль иммунитета является главной предпосылкой (рис.2.) для адаптации биологических процессов к другим сферам, в частности, к рыночной экономике.

Примеры применения принципов функционирования иммунитета к небиологическим системам крайне мало [3]. Большинство из научных работ имеют зарубежный характер и посвящены вопросам безопасности и надежности в технических системах [4, 5].



Рис.2. Аналогия биологических и экономических процессов и систем

Как видно из табл.2., между иммунной и рыночной системой много общего. Эти аналогии позволяют применить общую технологию функционирования иммунитета к моделированию экономических барьеров, возникающих на рынке при появлении на нем новых конкурентов, то есть необходимо создать искусственную иммунную систему рынка.

Искусственная иммунная система – комплекс математических методов, моделирующих основные функции иммунитета человека, и используемых для определения параметров и (или) их значений, способных минимизировать влияние некоторых факторов на какой-либо объект.

Применительно к рынку искусственная иммунная система должна позволить рассчитать значения показателей, противодействующих появлению на нем новых конкурентов или уменьшить влияние их деятельности.

Таким образом, для разработки искусственной иммунной системы необходимо создать математические модели трех фаз иммунитета:

- распознавание антиген;
- эффекторная фаза;
- фагоцитоза.

Перейдем к разработке математической модели распознавания антиген.

Таблица 2. Аналогия деятельности иммунитета и барьеров к вступлению на рынок конкурентов

Иммунная система		Рынок
Проникновение чужеродного агента в организм		Появление на рынке производителя (конкурента), выпускающего товар необходимый потребителям данного рынка (для потребителя наоборот)
Проявление антиген		Характеристики товара или конкурента
Иммунный ответ:		Реакция рынка:
	Распознавание антигена	Распознавание возможности изменения конкурентных преимуществ, сложившихся у предприятий уже существовавших на рынке
	Эффекторная фаза	Выявление параметров, по которым товар нового конкурента опережает товары, уже имевшиеся на рынке или экономические характеристики других предприятий
	Фагоцитоз	Выработка мер по сохранению прежних конкурентных преимуществ или формирование параметров товара или предприятий с учетом новых условий
Вывод результатов деятельности из организма		Нет аналогии, так как товар конкурента не будет востребован, следовательно, конкурент не будет получать прибыль и сам покинет рынок

3. Математическая модель распознавания антиген нового конкурента

Признаком, по которому иммунная система отличает чужеродный агент, является антиген – любая молекула, которую могут распознать клеточные элементы иммунитета (в частности лимфоциты) с помощью специфически чувствительных рецепторов. Другими словами, антиген является отдельным показателем, отличающим чужеродный агент. В сложившихся условиях под антигеном будем понимать любую характеристику товара или его производителя, имеющую значения на данном рынке.



Рис.3. Классификация антигенов

Фактически можно утверждать, что классификация антиген совпадает с классификацией субъективных рыночных барьеров (рис.1), то есть их можно разделить по видам (рис.3):

- антигены ценовых факторов – представляет собой ценовые характеристики товара проявившегося на рынке;
- антигены неценовых факторов – определяют неценовые параметры продукции;

- антигены эффекта масштаба и антигены превосходства в уровне затрат – отражают экономические параметры предприятия-конкурента;
- антигены ограничений по спросу – отражают состояние рынка, на момент появления конкурента;
- антигены объемов инвестиций – характеризуют финансовое состояние других участников рынка, товара на нем или самого рынка в целом.

Введем обозначение: a_s – s -й антиген, относящийся к одному из видов (рис.3), представляет собой некоторый экономический показатель, характеризующий нового конкурента, вступающего на рынок.

Тогда весь чужеродный агент может быть представлен:

$$(1) \quad A = \{a_s\}, s = \overline{1, c},$$

где c – количество антиген (характеристик) чужеродного агента (нового конкурента).

Антитела (иммуноглобулины) представляют собой антиген-связывающие рецепторы лимфоцитов, но в свободной, растворимой форме. Антитело имеет два конца, один из которых подходит для присоединения к антигену, а другой для соединения с фагоцитом (клеточным элементом иммунной системы, способным поглощать и разрушать чужеродный агент). Другими словами, антитела особым образом связываются с антигенами, делая их видимыми для клеток иммунной системы.

С условиях рынка антитело представляет собой некоторый экономический показатель, но характеризующий предприятие уже существующее на рынке. Используем обозначение:

$$(2) \quad H = \{h_j^y\}, y = \overline{1, w_j},$$

где H – лимфоцит; h_j^y – антитело (y -я характеристика j -го производителя (или его товара)); w_j – количество антител (характеристик j -го производителя).

В отличии от нервной системы, деятельностью которой управляет головной мозг, элементами иммунитета ничто не

руководит. Клетки действуют абсолютно независимо, одновременно реагируя на «поведение» друг друга и изменение условий в организме. В связи с этим, для более адекватного отражения реальных процессов, будем считать, что каждое предприятие реагирует на появление нового конкурента, также независимо. Следовательно все процессы иммунного ответа следует рассматривать независимо для каждой пары «предприятие – новый конкурент» на рынке.

В этих условиях лимфоцит может быть описан, как:

$$(3) \quad H = \{h^y\}, y = \overline{1, w}.$$

$$(4) \quad \forall h^y | h^y \in C \vee h^y \in NC,$$

где C – количественные характеристики предприятия (товара); NC – качественные характеристики.

Замечание 1. Важно отметить, что с позиции защитных функций иммунной системы классификация антител соответствует классификации антиген. Каждое из предприятий на рынке характеризуется теми же (но не обязательно всеми) признаками, что и вновь появившийся конкурент. Причем они могут совпадать или не совпадать по значению.

Таким образом, процесс распознавания антигенов и чужеродного агента в целом сводится к сравнению H (3) и A (1).

Аффинностью (или сродством) антител к антигену называют силу их взаимодействия (прочность связи), результирующую силы притяжения и отталкивания между ними [1]. При этом степень прочности связи оценивается коэффициентом аффинности:

$$(5) \quad K = \frac{[H \cdot A]}{[H] \cdot [A]},$$

где $[]$ – обозначают концентрацию антител и антиген.

Выражение (5) получено на основе закона действующих масс и верно только для иммунных систем живых организмов.

Применительно к рынку и с учетом замечания 1 предлагается определять степень прочности связи, как отношения числа совпавших антиген и антител к их общему числу антиген, то есть:

$$(6) \quad K = \frac{|H \cap A|}{c},$$

где $|H \cap A|$ – количество совпавших антител и антиген по значению.

Переход от (5) к (6) можно обосновать тем, что с позиции рыночных барьеров новый конкурент не сможет существовать на рынке только при условии того, что он по всем параметрам будет уступать другим предприятиям.

Как видно из (6), чем больше характеристик нового конкурента и предприятия, уже находившегося на рынке, совпало, тем больше K .

Кроме коэффициента аффинности сродство антитела к антигену можно оценить силой нековалентной связи F [1]. При контакте антител с антигеном между аминокислотными остатками антигенсвязывающего центра и антигеном образуются многочисленные нековалентные связи. По сравнению с ковалентными (силы межатомного взаимодействия) силы нековалентной (межмолекулярного взаимодействия) связи (водородные связи, электростатические, ван-дер-ваальсовы и гидрофобные взаимодействия) по отдельности весьма слабы, однако при большом числе слабых взаимодействий суммарная энергия связывания получается значительной. В биологической системе она зависит от расстояния (d) между взаимодействующими химическими группами антител и антиген. При электростатических взаимодействиях она обратно пропорциональна d^2 а при ван-дер-ваальсовых – d^7 , то есть становится значительной только при тесном сближении молекул [1]. В то же время при перекрытии электронных оболочек молекул антигена и антитела меж-

ду ними возникают силы отталкивания, величина которых обратно пропорциональна d^{12} . Именно действием этих сил обусловлена специфичность антител к данному антигену (то есть способность различать антигены), поскольку любое искажение вызывает снижение общей энергии связывания вследствие нарастания сил отталкивания и уменьшения сил притяжения.

Водородные связи и гидрофобные взаимодействия в силу специфичности математически формализовать нельзя. Кроме того электростатические и ван-дер-ваальсовы силы носят наиболее определяющий характер [1]. В связи с этим силу нековалентной связи определяют, как их сумму.

Рассмотрим зависимости функции F от расстояния d при различных видах взаимодействия (рис.4).

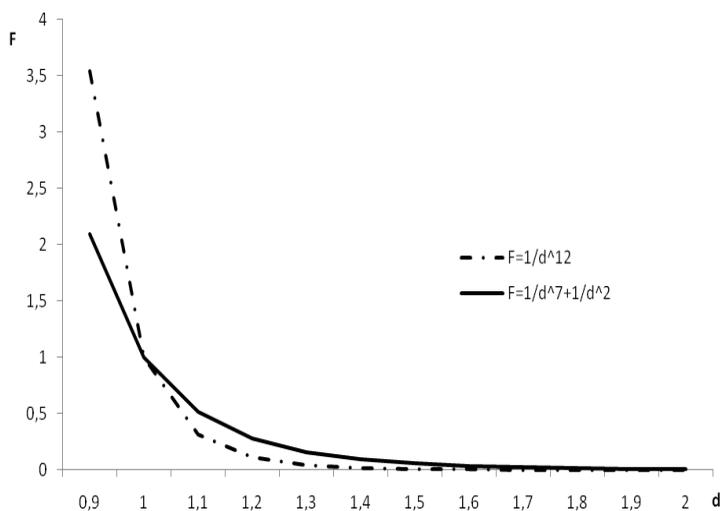


Рис.4. Зависимость силы нековалентной связи от расстояния

Как видно из (рис.4) при $d \rightarrow 0$, функция $F \rightarrow \infty$, а при $d \rightarrow \infty$, функция $F \rightarrow 0$. Это означает, что такой вариант рассмотрения взаимодействия можно использовать если значения антиге-

на и антитела близки, а именно, когда $d < 1$. В других случаях такой способ определения значения функции связи использовать нельзя.

Применительно к рассматриваемой задаче расстояние d предлагается определить, как разность:

$$(7) \quad d = a - h,$$

где a и h – значения совпавших характеристик конкурента и производителя соответственно.

Замечание 2. Значения d могут быть рассчитаны только для совпавших параметров предприятия и нового конкурента.

Это условие является обязательным для сохранения подобия в деятельности иммунитета биологической и искусственной систем. На данном этапе иммунная система может реагировать только на те антигены, для распознавания которых у клеток иммунитета есть рецепторы.

Учет сил притяжения и отталкивания предлагается реализовать исходя из значения расстояния d . Если $d > 0$, то будем считать, что возникает сила притяжения. Это означает, что параметры нового конкурента опережают аналогичные параметры предприятия. Если $d < 0$, то возникает сила отталкивания – текущий параметр нового конкурента уступает показателю предприятия, уже существовавшего на рынке.

При условии малой разницы ($d < 1$) между параметрами нового конкурента и предприятия сила связи будет определяться, как:

$$(8) \quad F_{ys} = \begin{cases} \frac{1}{d^2} + \frac{1}{d^7} = \frac{d^7 + d^2}{d^9}, & \text{при } 1 \geq d > 0, \\ -\frac{1}{d^{12}}, & \text{при } -1 \leq d < 0, \\ 0, & \text{при } d = 0, \end{cases}$$

где F_{ys} – сила связи y -го антитела и s -го антигена.

При условии большой разницы ($d \geq 1$) между параметрами нового конкурента и предприятия силу связи предлагается определять:

$$(9) \quad F_{ys} = \begin{cases} d, & \text{при } d \geq 1, \\ -d, & \text{при } d < -1, \\ 0, & \text{при } d = 0. \end{cases}$$

Первый способ (8) определения значения функции связи наиболее чувствителен к незначительным отклонениям a и h в отличии от второго (9).

С учетом экономической сущности решаемой задачи значение силы связи позволяет точно охарактеризовать нового конкурента:

- $F_{ys} > 0$ – предприятие следует считать чужеродным агентом;
- $F_{ys} \leq 0$ – новый конкурент не несет «угрозы» состоянию предприятия.

Важно отметить, что параметры конкурента и предприятия заданы в разных шкалах и необходимо выполнить их предварительную нормализацию. Для определения силы связи при использовании качественных характеристик антиген и антител необходима их предварительная формализация и представление в числовой форме.

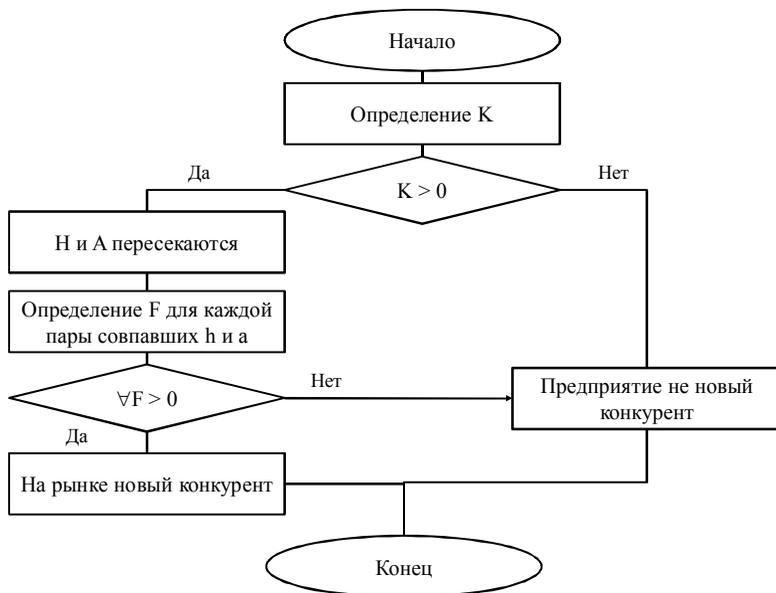


Рис.5.Процесс распознавания антиген

Определение коэффициента аффинности (сродства) и силы связи между всеми антигенами и антителами позволяет точно определить является ли объект чужеродным агентом, то есть, в условиях рынка, несет ли новый конкурент «угрозу» предприятиям на данном рынке (рис.5).

Следующим шагом после распознавания антиген является эффекторная фаза.

4. Математическая модель эффекторной фазы иммунного ответа рынка

Обязательным условие перехода к эффекторной фазе является: $K > 0$, то есть характеристики нового конкурента и предприятия, с позиции которого анализируется проникновение на рынок пересекаются. При этом результат этапа распознавания

антиген может быть проиллюстрирован следующим образом (рис.6).

Предприятие:

Антитела		h_1	h_2	h_3		h_4
Значение		3	4	2		7

Новый конкурент:

Антигены	a_1	a_2		a_3	a_4	a_5
Значение	4	5		1	2	8

$K = 3/5 = 0.6$

F		2		-1		1
Сила связи		$F > 0$		$F < 0$		$F > 0$

Рис.6. Исходное состояние эффекторной фазы

Новое предприятие имеет пять антигенов, три из которых совпали с антителами. При этом коэффициент аффинности (6) будет равен 0,6. Это означает, что данное предприятие следует рассматривать, как нового конкурента. Определив d (7), можно найти значения силы связи (8), которые по второму и пятому антигенам больше нуля. На первый и четвертый антигены у предприятия, уже существовавшего на рынке, вообще отсутствуют рецепторы. Это подтверждает, что новое предприятие является конкурентом (чужеродный агент).

Способность иммунной системы распознавать антигены целиком зависит от антител, синтезируемых определенными клетками. Благодаря своему разнообразию по специфичности центров связывания антигена, антитела обеспечивают распознавание миллионов различных антигенов, встречающихся в окружающей среде. Подсчитано, что структурных вариантов антител в организме образуется гораздо больше, чем всех прочих белков вместе взятых. Число синтезируемых организмом вари-

антов антител фактически превышает количество генов в нашем геноме [1]. Данная особенность иммунной системы живого организма, также имеет экономическую аналогию. В процессе своего функционирования на рынке, независимо от вида конкуренции на нем, производители имеют возможность наилучшим образом изучить требования потребителей и занять определенную рыночную нишу. В терминах иммунитета, они накапливают такой набор антител, который является наиболее рациональным в условиях данного рынка. Поэтому ситуация несвязанных антиген (рис.6) является маловероятным, но возможным случаем.

С позиции иммунной системы низкое значение коэффициента аффинности требует повышения концентрации антител. С позиции же экономического смысла решаемой задачи антитела представляют собой вполне определенные характеристики товара (производителя) и являются уникальными (неповторяющимися) у данного товара (производителя). Поэтому компенсировать наличие несвязанных антигенов перераспределением их значений по связанным или каким-либо другим способом нельзя. Единственной возможностью моделирования эффекторной фазы в таких условиях является реализация механизма разнообразия антигенраспознающих структур [1].

Существует множество способов реализации разнообразия [1, 2]: многочисленность гаметных генов, соматический мутагенез и другие. Большинство из них протекает на уровне биохимических процессов высокой сложности, что не позволяет выполнить их формализацию в виде математической модели.

Одними из способов реализации разнообразия являются: соматические рекомбинации и вставка (синтез) добавочных нуклеотидов [1]. Сущность этих способов сводится к дополнению уже существовавшей структуры антитела добавочными нуклеотидами, кодирующими дополнительные аминокислотные остатки. Применительно к экономике множество антител предприятия, существовавшего на рынке, необходимо дополнить антителом для каждого антигена нового конкурента. Экономи-

чески рекомбинация обосновывается тем, что предприятие, проникающее на рынок, стремится предложить потребителям товар с новыми свойствами и характеристиками. При этом другие предприятия могут лишь воспроизвести (синтезировать) эти же параметры в своем товаре с целью выравнивания позиций с новым конкурентом (рис.7). На рис.6 элементами синтеза являются характеристики антиген a_1 и a_4 . Важно отметить, что наличие у предприятия несвязанных антител (h_2) является проявлением естественных (уже имеющихся) барьеров.

Антитела		h_1	h_2	h_3		h_4
----------	--	-------	-------	-------	--	-------

+

(рекомбинация)

Антигены	a_1	a_2		a_3	a_4	a_5
----------	-------	-------	--	-------	-------	-------

||

$x_1(0, a_1)$	$x_2(h_1, a_2)$	$x_3(h_2, 0)$	$x_4(h_3, a_3)$	$x_5(0, a_4)$	$x_6(h_4, a_5)$
---------------	-----------------	---------------	-----------------	---------------	-----------------

Тогда $F(x)$:

4	2	-4	-1	2	1
---	---	----	----	---	---

Рис.7. Рекомбинация антиген и антител

В заключение эффекторной фазы предлагается определить суммарное значение силы связи антиген и антител:

$$(10) \quad F_{\Sigma} = \sum_{x \in X} F(x).$$

Для рассматриваемого примера (рис.7) :

$$(11) \quad F_{\Sigma} = 4.$$

Таким образом:

$$(12) \quad F_{\Sigma} > 0.$$

Следовательно предприятие, появившееся на рынке, является новым конкурентом и несет угрозу распределению конкурентных преимуществ уже сложившемуся на данном рынке.

Установив конкурентный характер нового предприятия ($F_{ys} > 0$), на основе первых двух этапов иммунного ответа, можно перейти к определению варианта противодействия, то есть этапу фагоцитоза.

5. Моделирование фагоцитоза в искусственной иммунной системе

Искусственная иммунная система должна выработать такой вариант воздействия на конкурента, при котором ему существовать на рынке было бы не выгодно, то есть фактически необходимо скорректировать значения антител из H , чтобы обеспечить выполнение условия:

$$(13) \quad F_{\Sigma} = 0.$$

С биологической точки зрения [1, 2] антитела реализуют свой эффект, действуя в качестве веществ, усиливающих поглощение чужеродных агентов фагоцитами. Связавшись с чужеродным агентом, фагоцитарная клетка поглощает его. Агент оказывается заключенным в фагосому и перерабатывается внутри нее. Существуют различные виды фагоцитов, которые действуют по разному, но независимо от этого, их деятельность направлена на разрушение чужеродного агента.

С учетом экономической специфики рассматриваемой задачи, предлагается следующая модель фагоцитоза применительно к новому конкуренту на рынке. Предприятие, появившееся на рынке и рассматриваемое, как чужеродный агент (новый конкурент) должно обладать какими-либо опережающими характеристиками (собственными и характеристиками товара). При этом

задача данного этапа состоит в «растворении» этих отличающихся параметров среди значений характеристик, которыми обладает предприятие уже существовавшее на рынке. С учетом того, что при рекомбинации множества антиген А и антител Н становится одинаковым, а состав этих множеств уникален (в биологии определяется генотипом) для каждой пары: «предприятие – новый конкурент», предлагается реализовать механизм «растворения» антиген в антителах на основе генетического алгоритма.

Применение базовых принципов генетического алгоритма не требует практически никаких уточнений в данной задаче.

Исходная популяция формируется на основе всего лишь одной пары хромосом:

$$(14) \quad \left\langle \{x_S^H(h, a)\}; \{x_S^A(h, a)\} \right\rangle, s = \overline{1, c},$$

где x^H , x^A – множества рекомбинированных характеристик предприятия и нового конкурента, соответственно.

Следует заметить, что если при рекомбинации какая-либо характеристика отсутствовала у одной из сторон процесса (или у предприятия, или у нового конкурента), то ее значение принимается равной 0 (рис.7). Именно благодаря этому количество ген в хромосомах у обоих участников рынка будут равно.

Также, как и в рассмотренных выше моделях нет необходимости в переходе от фенотипа к генотипу, то есть в замене реальных числовых значений бинарным кодом. Однако, в случае различия шкал требуется, как и выше, нормализация значений.

Существуют различия только в условии останковки алгоритма. В качестве данного условия предлагается использовать:

$$(15) \quad F_{\Sigma} \leq 0.$$

При достижении этого условия конкурент перестает нести «угрозу» распределению конкурентных преимуществ между участниками рынка.

В результате применения генетического алгоритма можно определить значения характеристик предприятия, которые будут доминировать, над параметрами нового конкурента:

$$(16) \quad H^{\text{опт}} = \{x_s^H(h, a)\}.$$

Реализация значений (16) характеристик в деятельности предприятия и (или) в выпускаемом товаре будет формировать барьер для вступления нового конкурента на рынок.

Совокупность предложенных моделей формирует искусственную иммунную систему, позволяющую реагировать на изменение состава рынка.

Нужно отметить, что важным достоинством предложенного подхода к созданию искусственной иммунной системы является независимость ее применения для каждого из участников рынка. Каждое предприятие противодействует новому конкуренту самостоятельно, что полностью соответствует протеканию процессов в биологической системе. Кроме того, данные модели применимы и в условиях качественных характеристик товара и (или) его производителя.

Применение данной искусственной иммунной системы может приводить к необходимости изменения характеристик выпускаемого товара в сторону увеличения. Это может быть связано с дополнительными издержками для предприятия. В условиях олигополистической конкуренции, кооперация участников рынка позволит более гибко управлять ростом издержек. В условиях монополистического рынка, процессы будут более жесткими. Однако, это «плата» за попытку изоляции рынка.

Литература

1. РОЙТ А., БРОСТОФФ ДЖ., МЕЙЛ Д. *Иммунология*: Пер. с англ. – М.: Мир, 2000. – 592 с.
2. ГАЛАКТИОНОВ В.Г. *Иммунология*: Учебник. – М.: Академия, 2004. – 528 с.
3. МЕЛЬНИКОВ В.В. *Защита в компьютерных системах*. – М.: Финансы и статистика; Электроинформ, 1997. – 368 с.
4. BERSINI И., VARETA F.J. *Hints for adaptive problem solving gleaned from immune networks* // In: Proc. of the first workshop on parallel problem solving from nature, 1990. P. 343-354.
5. CELADA F., SEIDEN P.E. *A computer model of cellular interactions in the immune system* // Immunol. Today. 1992. V. 13, №2. P.56-62.

MODELING OF THE MARKET BARRIERS BASED OF THE ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS

Leonid Stepanov, Institute of Management, Marketing and Finance, Voronezh, Cand.Sc., assistant professor (stepanovlv@yandex.ru).

In the publication characterized the market barriers. The classification has been done. An analysis of similar biological and economic systems has been done. Stages of the immune response were examined. Models was proposed for each of the stages.

Key words: competition, market barriers, the immune system, the artificial immune system, a model of phases of immune response.