Зак Н.Ф.

Таинственный рынок лекарств и вакцин

Препринт # BSP/2006/080 R

Эта работа была написана на основе магистерских тезисов в РЭШ в 2006 году в рамках исследовательского проекта “Некоторые вопросы институциональной и микроэкономики” под руководством А.С.Бремзена (РЭШ, ЦЭФИР) и А.Д.Суворова (РЭШ, ЦЭФИР).

Проект осуществлен при поддержке Фонда Форда, Всемирного Банка и Фонда Джона и Кэтрин МакАртуров.

Москва
2006

Зак Н.Ф. Таинственный рынок лекарств и вакцин. / Препринт # BSP/2006/080 E. - М.: Российская Экономическая Школа, 2006. – 28 с. (Рус.)

В этой работе изучается рынок лекарств и вакцин. За основу взята модель Kremer, Snyder (2004). Мы рассматриваем случаи монополии и дуополии и показываем, что выводы Kremer, Snyder (2004) относительно монополии не являются робастными к альтернативной спецификации информационной асимметрии между покупателем и продавцом. Если Кремер и Шнайдер использовали свою модель для объяснения отсутствия вакцин от СПИДа, то мы используем модифицированную модель (как монополии, так и дуополии) для объяснения отсутствия эффективных лекарств от гриппа. Выводы упомянутой работы относительно дуополии, основанные на предположении об очень коротком сроке действия патента, перестают выполняться при более общей постановке. Нашим ключевым предположением является гипотеза о неполной эффективности медикаментов. В этой ситуации вакцинная фирма может заработать больше лекарственной в равновесии в то время как она заработала бы меньше в случае монополии, более того, в предположениях Кремера и Шнайдера это всегда так если фирмы могут свободно варьировать побочные эффекты своих продуктов; при этом предположении мы приводим пример когда улучшение технологии, позволяющее снизить побочные эффекты вакцин, ведет к меньшему потребительскому излишку и общественному благосостоянию в равновесии. Кроме того, мы рассматриваем поведенческий подход, принимающий во внимание недооценку вреда от болезни перед заболеванием.

Ключевые слова: лекарства, вакцины, ВИЧ, грипп, монополия, дуополия, нетривиальное равновесие в конкуренции по Бертрану.

Zak Nikolai. The Mysterious Market for Drugs and Vaccines./ Working Paper # BSP/2006/080 E. – Moscow, New Economic School, 2006. – 28 p. (Rus.)

We study markets of drugs and vaccines building on the model from Kremer, Snyder (2004). Both monopolistic and duopolistic cases are considered; we show that the conclusions of that paper for monopoly are not robust to the alternative specification of the information asymmetry between the buyer and the seller. Kremer and Snyder used their model to explain the absence of the HIV vaccine while our model of monopoly as well as duopoly can be used to explain the absence of the effective drug, treating influenza. The conclusion of the mentioned paper for duopoly heavily depends on the assumption of very short patent protection and doesn't hold in the general framework. Our key assumption is the existence of side effects of the medicaments. In this case the vaccine firm may earn more than the drug firm in the equilibrium, while it would earn less in the monopolistic case, moreover, it is always the case in the assumptions of Kremer and Snyder if the firms can freely vary the side effects; using this assumption, we provide an example when the shift of technology which allows to reduce the side effects from vaccines leads to lower consumer surplus and social welfare in the equilibrium. Finally, we consider behavioral approach which takes into account the underestimation of the harm from the disease before infection.

Key words: drugs, vaccines, HIV, influenza, R&D investment, monopoly, duopoly, nontrivial equilibria in Bertrand competition

ISBN

1 Введение

Существует два вида медицинского обслуживания - лечение и предотвращение. В зависимости от болезни, первый вид включает правильное питание (например, отказ от куриного мяса в случае птичьего гриппа), контрацепцию и вакцинацию. Второй вид включает лекарства и прочие методы лечения. Первый тип аналогичен страхованию (страховка здесь платится не страховой компанией, а природой) а второй аналогичен ремонту.

В данной работе мы рассматриваем лекарства и вакцины. Имеется несколько статей, объясняющих большую социальную ценность вакцин по сравнению с лекарствами. Одной из основных причин этого является тот факт, что вакцины являются общественным благом, поскольку они предотвращают распространение болезни. Тем не менее, инвестиции в разработку вакцин несравнимо меньше инвестиций в разработку лекарств. Размер мирового рынка вакцин ($6.9 млрд. в 2001 году согласно Milstien, Batson, Wertheimer (2005)) сравним с капитализацией крупной лекарственной корпорации. С другой стороны, для ряда болезней (в том числе гриппа) существуют вакцины, но нет эффективных лекарств.

В работе Kremer, Snyder (2004) авторы пытаются ответить на вопрос о том, какой тип медикаментов выгоднее производить при определенных предположениях. Они рассматривают конкретную болезнь (а именно, СПИД) и обосновывают большую прибыльность лекарств тем, что фирма, продающая лекарства, располагает большей информацией о покупателях, чем фирма, продающая вакцины, которая не знает, к какой группе риска относится ее клиент. Более того, при их предположениях лекарственный монополист получает все общественное благосостояние, в то время как вакцинный монополист делится им с покупателями. Авторы отмечают, однако, что если вред от болезни (или желание платить за излечение) не известен фирме и положительно коррелирует с риском заболеть, то результаты могут быть другими.

Кроме того, авторы рассматривают случай дуополии, где лекарственная и вакцинная фирмы конкурируют на рынке, и показывают, что в этом случае лекарственная фирма будет также более прибыльна. Однако этот результат получен при предположении очень короткого срока действия патента, после которого появляется соответствующий дженерик.

Основной результат работы Kremer, Snyder (2004) состоит в наличии нежелательного недоинвестирования в развитие вакцин. В качестве подтверждения этого тезиса они используют тот факт, что имеются лекарства, лечащие СПИД, в то время как соответствующая вакцина до сих пор не разработана. Конечно, истинная причина этого может состоять в технологической сложности разработки такой вакцины. Несмотря на то, что модель Кремера и Шнайдера объясняет текущее положение на фармацевтическом рынке, мы постараемся взглянуть на нее критически и проанализировать робастность результатов. В частности, мы задаемся следующими вопросами:

1) Что если не только индивидуальная группа риска, но и вред от болезни может быть не известен (либо агентам перед заболеванием, либо производителям) и не зависим от группы риска?

2) Что если оба типа фирм конкурируют на одном рынке, в то время как патентная система такова, что появление дженериков не ожидается в обозримом будущем?

Ответы на эти вопросы ставят под сомнение универсальность точки зрения, приведенной в Kremer, Snyder (2004). Оказывается, что в случае монополии выбор типа производимых медикаментов зависит от информации об индивидуальных группе риска и вреде от болезни.[1] Если информационная асимметрия заключается только в не знании фирмой группы риска покупателя (такое предположение выглядит реалистичным для таких болезней, как СПИД)[2], то оптимальной (при прочих равных) стратегией монополиста является производство лекарств. С другой стороны, если информационная асимметрия заключается только в знании вреда от болезни, которое становится доступным агенту (но не фирме) только после заболевания (такое предположение выглядит реалистичным для таких болезней как грипп),[3] то оптимальной (при прочих равных) стратегией монополиста является производство вакцин. В некоторых других случаях оптимальной стратегией является производство обоих типов медикаментов.

Анализ становится гораздо более интересным при наличии двух фирм на рынке, одна из которых производит вакцины, а другая —лекарства. В большинстве случаев оказывается (при слабых предположениях о распределении неизвестных величин), что в единственном равновесии цены равны предельным издержкам.[4] Однако, если лекарства имеют побочные эффекты или не полностью излечивают болезнь (все лекарства от гриппа таковы), равновесные прибыли могут быть также положительные, и, при определенных условиях, вакцинная фирма зарабатыва-

[1] Всюду ниже мы предполагаем (без потери общности, см. следующий раздел), что агенты всегда знают свою группу риска, и что вред от болезни становится известным сразу после заболевания (а в некоторых случаях и до заболевания).

[2] В этом случае вред следует заменить на бюджетное ограничение агента, поскольку болезнь фатальна.

[3] Грипп может иметь различные формы, и, кроме того, индивидуальный вред зависит от момента заражения в связи с различными потенциальными заработками во время болезни. С другой стороны, риск заболеть гриппом гораздо менее волатилен, чем риск заболеть СПИДом.

[4] Единственный случай, в котором может появиться нетривиальное равновесие без введения в модель побочных эффектов — это случай, когда вред становится известным агенту только после заболевания, в то время как фирмы не знают группы риска и вред агентов.

ет больше лекарственной при дуополии, в то время как при монополии она зарабатывала бы меньше.

Если фирмы могут бесплатно варьировать побочные эффекты, то равновесные побочные эффекты лекарств могут быть положительными. В равновесии такая дуополия влечет такие же платежи потребителям, как монополия, продающая вакцины в первом периоде и лекарства во втором (и выбирающая нулевые побочные эффекты для максимизации прибыли).

Представляется разумным предположить существование технологически минимальных побочных эффектов медикаментов. В этом случае равновесные побочные эффекты могут быть гораздо меньше, чем в случае, когда минимальные достижимые побочные эффекты нулевые. Более того, мы приводим пример, когда улучшение технологии, позволяющее снизить побочные эффекты вакцин, ведет к меньшему потребительскому излишку и общественному благосостоянию в равновесии.

В заключение, мы предполагаем, что люди обычно недооценивают вред от болезни перед заболеванием. Используя этот поведенческий подход, мы показываем, что не интуитивные равновесия, обсуждаемые выше, исчезают, если эта недооценка достаточно высока. Из анализа нового равновесия вытекает довольно неожиданный результат, касающийся оптимальных усилий фирм на увеличение осведомленности о негативных последствиях болезни (с помощью рекламы вакцин, например).

Работа имеет следующую структуру: после формулировки модели во втором разделе, в третьем разделе мы рассматриваем случай монополии, показываем, что решение о производимых медикаментах зависит от структуры информационной асимметрии, и вырабатываем интуицию, рассматривая несколько примеров. Затем, в четвертом разделе, мы переходим к случаю дуополии, в которой одна фирма специализируется на лекарствах, а другая на вакцинах. После этого, в пятом разделе мы вводим в модель наличие фиксированных побочных эффектов и изучаем случай, где вред фиксирован, а риск заболеть распределен равномерно и показываем существование нетривиального равновесия. В разделах 5.2 и 5.3 мы разрешаем фирмам варьировать побочные эффекты медикаментов (возможно, с технологическими ограничениями). В шестом разделе мы рассматриваем поведенческий подход, а в седьмом подводим итоги.

2 Модель

Нейтральные к риску агенты распределены на отрезке $[0;1]$. В модели рассматривается два периода. В первом агент решает, покупать ли ему вакцину. Если он ее употребит, то во втором периоде будет здоров. Если нет, то в случае заболевания единственным шансом избежать вреда от болезни будет купить лекарство.

Медикаменты производятся фирмой, которая не несет никаких издержек[5] и принимает решение о типе производимой продукции перед первым периодом, руководствуясь принципом максимизации прибыли. Таковы основные предположения модели из Kremer, Snyder (2004).

Обозначим вероятность заболевания агента α в первом периоде через x_α, а ожидаемый (агентом α) вред от болезни при условии не использования лекарства через $\mathrm{E}h_\alpha$ (этот вред зависит, в частности, от тяжести формы заболевания и альтернативных возможностей использования времени агентом α). Мы предполагаем, что h_α являются независимыми друг от друга и x_α одинаково распределенными случайными величинами (в частности, $\mathrm{E}h$ не зависит от x при неизвестном h).

Производитель, как правило, не обладает информацией об x_α или h_α, но даже если он ей обладает, то вряд ли может использовать ценовую дискриминацию. [6] Ниже мы предполагаем, тем не менее, что функции распределения $\Phi(x)$ и $\mathrm{H}(h)$ с плотностями f и h являются общим знанием. Для некоторых наших утверждений требуется дополнительное техническое условие монотонности функций $pf(p)$ и $ph(p)$ на носителях f и h. Эти предположения не слишком ограничительны, так что мы везде будем их использовать.

Когда переменная h случайна, мы нормализуем ее так, чтобы носителем ее плотности был отрезок $[0,1]$. Мы предполагаем, что каждый потребитель α осведомлен об x_α в первом периоде и об h_α во втором (в противном случае эти переменные могут быть заменены их ожиданиями).

В работе Kremer, Snyder (2004) авторы показали, что если и x и h одинаковы для всех и известны, то в случае монополии прибыль фирмы от реализации лекарств и вакцин одинакова. В этой ситуации не сложно показать, что в случае дуополии равновесная цена является нулевой как при стандартной конкуренции по Бертрану. Один из основных результатов статьи Kremer, Snyder (2004) состоит в том, что если x случайна, а h известна и постоянна, то фирме-монополисту выгоднее производить только лекарства. [7]

[5]Предположение достаточно малых одинаковых издержек на производство лекарств и вакцин не оказывает качественного влияния на результаты.

[6]Если фирма может использовать ценовую дискриминацию, анализ ситуации, в которой она знает x_α или h_α, абсолютно аналогичен анализу ситуации, в которой соответствующая переменная постоянна и известна всем.

[7]В статье была также приведена динамическая модель, подтверждающая этот результат, но в данной работе мы имеем дело только со статической моделью.

3 Случай монополии

Перед тем как вложить деньги в разработку медикаментов, будущий монополист должен определиться с их типом. В частности, если требуемые инвестиции не слишком высоки, то он может решить производить оба типа. Этот случай реализуется (при достаточно низком уровне требуемых инвестиций), если монополист, производящий только один тип медикаментов, не обслуживает все население.

Для того чтобы принять решение о первоначальных инвестициях, нужно сравнить ожидаемую прибыль V монополиста, производящего вакцины по оптимальной цене p_V, с ожидаемой прибылью D монополиста, производящего лекарства по оптимальной цене p_D:

$$\mathrm{V} = p_V \cdot \mathrm{prob}(x\mathrm{E}h > p_V) \text{ vs } \mathrm{D} = \mathrm{E}x \cdot p_D \cdot \mathrm{prob}(h > p_D),$$

где вероятности и $\mathrm{E}x$ взяты с точки зрения распределений, известных фирме, в то время как $\mathrm{E}h$ взято с точки зрения распределения, известного агенту в первом периоде.[8]

Мы уже упоминали, что если h является известной константой, а x случайно, то (при прочих равных) оптимальным решением для фирмы является производство лекарств. Оказывается, что если x является известной константой, а h случайно для всех в первом периоде и для фирмы во втором периоде, то результат меняется на противоположный. Более того, оказывается, что эти два случая двойственны друг другу в том смысле, что прибыли монополистов в них одинаковы при замене h на x и лекарственной фирмы на вакцинную.[9]

Есть еще два возможных случая, в которых по крайней мере одна переменная является случайной для фирмы. В одном из них h не известна фирме в оба периода и агентам в первом периоде. Этот случай в некотором смысле находится между двумя случаями, описанными выше: решение фирмы о типе производимой продукции зависит от функций распределения. В другом случае агенты знают h уже в первом периоде, в то время как фирме h не известна. Эта ситуация была рассмотрена в статье Kremer, Snyder (2004),[10] где было показано, что в этом случае лекарства производить выгоднее, чем вакцины.[11] В обоих предыдущих случаях появляются не обслуженные агенты, так что оптимальным (при достаточно низком уровне требуемых инвестиций) решением для фир-

[8]Для агента α в первом периоде h_α является либо известной константой, либо случайной величиной с таким же распределением, которое известно фирме.

[9]Тем не менее, в дальнейшем мы увидим, что эти случаи абсолютно различны с точки зрения дуополии с положительными побочными эффектами медикаментов.

[10]В терминах соответствующего утверждения из Kremer, Snyder (2004), вред от болезни заменяется на желание платить за лечение.

[11]Если x постоянна и известна, то в рассматриваемом случае прибыли лекарственной и вакцинной фирмы одинаковы.

мы является производство обоих типов медикаментов. Более точно, мы доказываем следующее утверждение.

Теорема 1. *1) В случае, когда единственная неопределенность заключается во вреде болезни (для агентов в первом периоде и для фирмы во втором периоде), оптимальной стратегией является производство вакцин, и вакцинный монополист получает все общественное благосостояние.*[12]

2) В остальных случаях результат бинарного выбора фирмы типа производимой продукции может зависеть от функций распределения, но, если это возможно, оптимально производить оба типа медикаментов. В этих случаях потребительский излишек всегда положительный.

Остаток этого раздела посвящен доказательству этой теоремы и объяснению интуиции. Для начала, напомним разбор случая постоянного h и случайного x из Kremer, Snyder (2004). Производя только лекарства, фирма получает все ожидаемое общественное благосостояние от медикаментов, а именно

$$\mathrm{D} = h\mathrm{E}x,$$

устанавливая цену на лекарства, равную $p_D = h$. Без знания x_α, вакцинная фирма не может использовать ценовую дискриминацию, так что когда она продает вакцины в первом периоде, она получает

$$\mathrm{V} = p_V \cdot \mathrm{prob}(hx > p_V) = p_V(1 - \Phi(\frac{p_V}{h})),$$

где цена вакцины равна p_V. Прибыль от каждого вакцинированного α не может превышать hx_α и строго меньше для всех кроме агентов α с вероятностью заболеть $\bar{x} = \frac{p_V}{h}$; в этом случае фирма получает ровно hx_α. Таким образом, в этой ситуации производство вакцин не является оптимальным для фирмы, поскольку оно влечет положительный потребительский излишек. В этом состоит один из основных выводов Kremer, Snyder (2004), где показано также, что отношение прибылей от продажи лекарств и вакцин может быть сколь угодно велико (в зависимости от распределения Φ) в этом случае.

Рассмотрим теперь случай, когда h_α не известна никому в первом периоде и известна только α во втором, в то время как x является известной константой. В первом периоде прибыль фирмы, продающей вакцины по цене $p_V \leq x\mathrm{E}h$, равна p_V. Эта фирма может заработать все общественное благосостояние

$$\mathrm{V} = x\mathrm{E}h,$$

[12] Это благосостояние равно первому наилучшему, поскольку все покупают вакцины.

установив цену

$$p_V = x\mathrm{E}h$$

(мы предполагаем, конечно, что $\mathrm{E}h \geq 0$). Продавая лекарства во втором периоде, фирма может заработать

$$\mathrm{D} = \max\{p_D \cdot \mathrm{prob}(hx > p_D)\}.$$

Естественно предположить, что $h_\alpha \geq 0$ для всех α,[13] так что прибыль от каждого инфицированного α строго меньше h_α (за исключением тех агентов, для которых $\bar{h} = \frac{p_D}{x}$; от них фирма получает ровно $\bar{h}$). Поскольку ожидаемая доля инфицированных равна x, оптимальной стратегией является производство лекарств.

Заметим, что рассмотренные выше два варианта неопределенности не являются абсолютно симметричными: в первом случае неизвестность для агентов дискретна (они либо заболевают, либо нет), в то время как во втором случае неизвестность заключается в переменной $h \in [0,1]$. Тем не менее, несложно заметить, что при замене x на h и лекарств на вакцины мы получаем один случай из другого. Единственное различие заключается в цене p_D, которая равна h в первом случае и $x\mathrm{E}h$ во втором.

Интуиция, стоящая за этой двойственностью, проста: когда фирма встречается с информационной асимметрией в первом периоде, она предпочитает работать во втором, а когда она встречается с информационной асимметрией во втором периоде, она предпочитает работать в первом.

Рассмотрим теперь все остальные случаи. В каждом из них имеется асимметрия информации в обоих периодах, так что фирма, выпускающая только один тип медикаментов, не обслуживает все население. Это означает, что если соответствующие инвестиции не слишком высоки, то более выгодным является производство как лекарств, так и вакцин. Однако, если это невозможно, фирма должна выбрать что-то одно.

Случай, когда вред h_α известен только α, но в обоих периодах, был рассмотрен в Kremer, Snyder (2004), где было показано, что лекарственная фирма зарабатывает больше. Не сложно показать, что прибыли обеих фирм одинаковы в этом случае если x не случайно.

Оставшийся тип неопределенности соответствует наименьшей информированности участников, а именно, ситуации, когда никто не знает h в первом периоде, а фирма не знает ни x ни h (как всегда, люди узнают свою x в первом периоде и h во втором периоде), так что в первом периоде фирма сталкивается с асимметричной информацией относительно

[13]Заметим, что если h_α может быть меньше нуля, то не исключена ситуация, в которой $\mathrm{V} < \mathrm{D}$. Например, если h является случайной величиной, принимающей два значения, положительное и отрицательное, то это всегда так. Такую ситуацию можно себе представить (например, если студент не готов к завтрашнему экзамену, то для него может быть лучше простудиться и придти на пересдачу, подучив материал курса), но мы не будем рассматривать этот случай в дальнейшем.

x, а во втором периоде — относительно h. Лекарственный монополист решает задачу

$$\mathrm{D} = \mathrm{E}x \cdot \max\{p_D \cdot \mathrm{prob}(h > p_D)\} = \mathrm{E}x \cdot \max\{p_D(1 - \mathrm{H}(p_D))\},$$

так что условие первого порядка влечет

$$\mathrm{H}(\hat{p}_D) + \hat{p}_D h(\hat{p}_D) = 1.$$

Поскольку функция $ph(p)$ возрастает на $[0,1]$, это условие является достаточным для максимизации прибыли. В этом случае, прибыль равна

$$\mathrm{D} = \mathrm{E}x \cdot \hat{p}_D^2 h(\hat{p}_D).$$

Рассмотрим теперь вакцинного монополиста. Заметим, что спрос на его товар отличен от нуля, только если цена удовлетворяет неравенству $\hat{p}_V < \mathrm{E}h$, и в этом случае его прибыль равна

$$\mathrm{V} = \hat{p}_V(\mathrm{prob}(x\mathrm{E}h > \hat{p}_V) = \hat{p}_V(1 - \Phi(\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h})).$$

Условие первого порядка влечет

$$\Phi(\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}) + \frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h} f(\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}) = 1.$$

Поскольку функция $pf(p)$ возрастает на $[0,1]$, этого условия достаточно и максимальная прибыль равна

$$\mathrm{V} = \frac{\hat{p}_V^2}{\mathrm{E}h} f(\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}).$$

Заметим, что если $\Phi = \mathrm{H}$, то $V = D$ поскольку $\hat{p}_D = \frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}$. Предположим теперь $\Phi(x) = x^\lambda$, $x \in [0,1]$, $\lambda > 0$. В этом случае прибыль вакцинного монополиста равна

$$\mathrm{V} = \lambda^2(\lambda + 1)^{-\frac{2\lambda+1}{\lambda}}.$$

Эта прибыль возрастает по λ, так что если $\mathrm{H}(x) = x^\mu$ и $\mu > \lambda$, то прибыль лекарственного монополиста выше прибыли вакцинного монополиста, и наоборот. Кроющаяся за этим результатом интуиция такова: чем более выпукла соответствующая функция распределения, тем ближе средний риск заболевания или вред от болезни к своему максимальному значению. Таким образом, если болезнь (в некотором смысле) является более опасной с точки зрения вреда,[14] то она ближе к случаю постоянного h и производство лекарств является более выгодным.

[14]СПИД, рассмотренный в Kremer, Snyder (2004), может служить хорошим примером такой болезни, поскольку вред от него, как правило, максимально возможный, в то время как большая часть потребителей имеет очень низкий риск им заразиться.

С другой стороны, если болезнь (в некотором смысле) является более опасной с точки зрения вероятности заболевания,[15] то она ближе к случаю, когда вероятность заболеть постоянна, и оптимальным решением является производство вакцин. В работе Kremer, Snyder (2004) авторы пытались объяснить (с точки зрения экономики), почему отсутствует вакцина от СПИДа, в то время как соответствующее лекарство имеется. Наша измененная модель является аналогичной попыткой объяснить наличие вакцины от гриппа при отсутствии эффективного лекарства (такие общеизвестные лекарства, как тамифлю или арбидол, не являются достаточно эффективными).[16] Конечно, такого типа объяснения не кажутся слишком убедительными, поскольку они предполагают, в частности, одинаковые затраты на разработку соответствующих лекарств и вакцин, в то время как в реальности это, конечно, не так.

4 Дуополия

Предположим теперь наличие двух фирм на рынке, каждая из которых в нулевом периоде может выбрать, какие медикаменты производить. Такой выбор является стратегией в игре типа "перекресток": только если производимые ими медикаменты различны, фирмы имеют шанс получить положительную прибыль в равновесии (ниже мы увидим, когда этот шанс реализуется); иначе равновесные цены в конкуренции по Бертрану очевидно равны нулю.

В этой игре есть равновесие в смешанных стратегиях, при котором есть шанс, что обе фирмы будут производить одно и то же, что будет оптимально для потребителей. С другой стороны, если на рынок выйдет три фирмы, то равновесные цены всегда будут равны нулю. Мы не рассматриваем данную ситуацию, предполагая сильную патентную систему и высокие издержки на разработку медикаментов.

Итак, пускай на рынке есть две фирмы, одна из которых производит вакцины в первом периоде, а другая лекарства во втором периоде. Конечно, нулевые цены являются равновесными стратегиями в их конкуренции по Бертрану.[17] В большинстве случаев это равновесие оказывается единственным,[18] как и в случае двух фирм, производящих оди-

[15]Грипп может служить хорошим примером, поскольку вред (или желание платить за лечение) существенно различается для разных групп людей, в то время как вероятность инфицирования в период эпидемии достаточно высока для всех.

[16]В следующих разделах мы рассмотрим модель дуополии, из которой будет следовать, что лекарственная фирма может сознательно выпускать малоэффективные лекарства в равновесии.

[17]Всюду далее мы рассматриваем равновесия Нэша в чистых стратегиях. Кроме того, чтобы не усложнять анализ (который качественно от этого не меняется), мы предполагаем, что лекарственная фирма устанавливает цену (а в соответствующем разделе и эффективность) лекарств уже в первом периоде.

[18]Мы не различаем равновесия с разными ценами, влекущие нулевой спрос.

наковые медикаменты.

Теорема 2. *Нетривиальное равновесие возможно только в одном случае, а именно, когда никто не знает h в первом периоде, а фирма не знает ни x, ни h (как всегда, люди знают свою x в первом периоде и h во втором периоде). В этом случае, если выполняется*[19] *условие*

$$\hat{p}_D \geq \mathrm{E}h \text{ и } \hat{p}_D(1 - \mathrm{H}(\hat{p}_D)) \int_0^{\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}} x f(x) dx \geq \hat{p}_V(1 - \mathrm{H}(\hat{p}_V))\mathrm{E}x,$$

где $\hat{p}_V$ и $\hat{p}_D$ — соответствующие монопольные цены (см. предыдущий раздел), удовлетворяющие условиям первого порядка

$$\Phi(\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}) + \frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h} f(\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}) = 1,$$

$$\mathrm{H}(\hat{p}_D) + \hat{p}_D h(\hat{p}_D) = 1,$$

то существует ровно одно нетривиальное равновесие, в котором прибыли фирм не равны нулю. В этом равновесии цены на оба вида медикаментов и прибыль вакцинной фирмы такие же, как и в случае монополии.[20] *Если приведенное выше условие не выполняется, то нетривиальных равновесий нет.*

Для начала, рассмотрим случаи, в которых нетривиальное равновесие отсутствует. Ниже мы будем использовать следующий очевидный факт: для нетривиальных равновесий должны выполняться условия:

$$p_D \leq \max\{h_\alpha\},\ p_V \leq \max\{x_\alpha \mathrm{E}h_\alpha\},$$

где ожидание взято исходя из знаний агента о своем h в первом периоде. На протяжении всего доказательства мы будем считать это условие выполненным.

Самые простые для разбора случаи — те, в которых x является известной константой. Заметим, что только те α, для которых $h_\alpha \geq p_D$, могут рассматриваться как потенциальные покупатели лекарств. Поэтому при $p_V < xp_D$ все потенциальные покупатели лекарств (даже если они не знают свою h в первом периоде) купят вакцину, в то время как при $p_V > xp_D$ никто этого не сделает. Таким образом, в равновесии $p_V = xp_D$. Но если $p_V > 0$, производителю вакцин выгодно немного снизить цену, чтобы не делиться прибылью с производителем лекарств. Поэтому равновесные цены в этом случае равны нулю.

[19] Ниже мы приведем примеры распределений, для которых это верно, равно как и примеры, для которых это не верно.

[20] Другими словами, такая дуополия эквивалентна монополии, продающей вакцины в первом периоде и лекарства во втором.

Рассмотрим теперь случай когда x не известно фирме, а h — известная константа. В этом случае агент α предпочтет вакцину тогда и только тогда, когда $p_D x_\alpha > p_V$ и $hx_\alpha > p_V$, где p_V — цена вакцины. Поскольку в равновесии $p_D \leq h$, второе условие можно отбросить. Все агенты с $x_\alpha > \frac{p_V}{p_D}$ покупают вакцины, а остальные предпочитают купить лекарства в случае заболевания. Лекарственная фирма выбирает $p_D \leq h$, максимизируя

$$\bar{\mathrm{D}} = p_D \cdot \Phi(\frac{p_V}{p_D}) \cdot \mathrm{E}(x|x < \frac{p_V}{p_D}) = p_D \int_0^{\frac{p_V}{p_D}} xf(x)dx.$$

Поскольку $xf(x)$ возрастает, функция $\bar{\mathrm{D}}(p_D)$ убывает, так что наилучший ответ лекарственной фирмы состоит в установке цены $p_D = p_V$. Но наилучший ответ вакцинной фирмы очевидно удовлетворяет неравенству $p_V < p_D$ если $p_D > 0$. Таким образом, возможно только тривиальное равновесие.

Случай, в котором x и h не известны фирме, но известны агентам в первом периоде, аналогичен предыдущему. Здесь вакцину купят только те агенты, для которых

$$x_\alpha \leq \max\{\frac{p_V}{p_D}, \frac{p_V}{h_\alpha}\}.$$

Потенциальными покупателями лекарств являются только те, для кого $h_\alpha > p_D$, так что ожидаемое количество потребителей лекарств равно

$$q = \mathrm{E}(x|x < \frac{p_V}{p_D})\Phi(\frac{p_V}{p_D}) \cdot (1 - \mathrm{H}(p_D)) \text{ если } p_D \geq p_V \text{ и}$$

$$q = (1 - \mathrm{H}(p_D))\mathrm{E}x \text{ иначе.}$$

Лекарственная фирма устанавливает p_D, максимизируя свою прибыль. Если $p_D < p_V$, вакцинная фирма понизит цену, чтобы получить прибыль. Если же $p_D \geq p_V$, то

$$\bar{\mathrm{D}} = p_D(1 - \mathrm{H}(p_D)) \cdot \mathrm{E}(x|x < \frac{p_V}{p_D}) \cdot \Phi(\frac{p_V}{p_D}) = p_D(1 - \mathrm{H}(p_D)) \int_0^{\frac{p_V}{p_D}} xf(x)dx.$$

Поскольку функция $xf(x)$ возрастает, а $1 - \mathrm{H}(p_D)$ убывает на $[0, 1]$, функция $\bar{\mathrm{D}}$ тоже убывает (так же как и соответствующая функция в предыдущем случае), так что наилучший ответ лекарственной фирмы такой же, как и в предыдущем случае: $p_V = p_D$, что влечет наличие только тривиального равновесия.

Рассмотрим теперь самый сложный случай, в котором x и h не известны фирме, в то время как агенты узнают h только во втором периоде. Поскольку цена p_V вакцины меньше чем $\mathrm{E}h$, агент α купит ее, если

$$x_\alpha \geq \max\{\frac{p_V}{\mathrm{E}h}, \frac{p_V}{p_D}\}.$$

Производитель лекарств обслужит тех инфицированных α, для которых $h_\alpha \geq p_D$ и

$$x_\alpha < \max\{\frac{p_V}{\mathrm{E}h}, \frac{p_V}{p_D}\}.$$

Заметим, что в равновесии $p_V \leq p_D$ (иначе никто не купит вакцину). Предположим сначала, что цена p_D наилучшего ответа лекарственной фирмы удовлетворяет $p_D < \mathrm{E}h$. Тогда, поскольку x и h независимы, прибыль лекарственной фирмы равна

$$\bar{\mathrm{D}} = p_D(1 - \mathrm{H}(p_D)) \cdot \Phi(\frac{p_V}{p_D}) \cdot \mathrm{E}(x|x \leq \frac{p_V}{p_D}) = p_D(1 - \mathrm{H}(p_D)) \int_0^{\frac{p_V}{p_D}} xf(x)dx.$$

Аргументы, показывающие, что наилучший ответ лекарственной фирмы выражается в цене $p_D = p_V$, и, следовательно, существует только тривиальное равновесие, абсолютно аналогичны соответствующим аргументам в предыдущем случае.

Таким образом, равновесные цены могут быть ненулевыми только если наилучший ответ p_D превосходит $\mathrm{E}h$. Если $p_D > \mathrm{E}h$, то прибыль лекарственной фирмы равна

$$\bar{\mathrm{D}} = p_D(1 - \mathrm{H}(p_D)) \cdot \Phi(\frac{p_V}{\mathrm{E}h})\mathrm{E}(x|x \leq \frac{p_V}{\mathrm{E}h}) = p_D(1 - \mathrm{H}(p_D)) \int_0^{\frac{p_V}{\mathrm{E}h}} xf(x)dx.$$

Несложно понять, что в этом случае цена наилучшего ответа лекарственной фирмы равна монопольной цене $p_D = \hat{p}_D$. Значит, если равновесные цены не нулевые, то $\hat{p}_D \geq \mathrm{E}h$, поэтому необходимым и достаточным условием для $p_D > \mathrm{E}h$ является

$$\hat{p}_D(1 - \mathrm{H}(\hat{p}_D)) \int_0^{\frac{p_V}{\mathrm{E}h}} xf(x)dx \geq p_V(1 - \mathrm{H}(p_V))\mathrm{E}x.$$

В правой части этого неравенства стоит прибыль $\bar{\mathrm{D}}$ лекарственной фирмы, в случае если она устанавливает цену $p_D = p_V$ наилучшего ответа при условии $p_D < \mathrm{E}h$. С другой стороны, вакцинная фирма максимизирует прибыль

$$\bar{\mathrm{V}}_6 = p_V(1 - \Phi(\frac{p_V}{\mathrm{E}h})),$$

которая равна ее потенциальной монопольной прибыли. Таким образом, цена наилучшего ответа вакцинной фирмы равна монопольной цене $p_V = \hat{p}_V$. Теперь мы можем выписать необходимые и достаточные условия существования равновесия с положительными ценами (мы все еще предполагаем монотонность функций $pf(p)$ и $ph(p)$):

$$\hat{p}_D \geq \mathrm{E}h \text{ и } \hat{p}_D(1 - \mathrm{H}(\hat{p}_D)) \int_0^{\frac{\hat{p}_V}{\mathrm{E}h}} xf(x)dx \geq \hat{p}_V(1 - \mathrm{H}(\hat{p}_V))\mathrm{E}x.$$

Если эти неравенства выполняются, то имеется два равновесия в чистых стратегиях, одно из которых тривиально, а второе сулит положительную прибыль обеим фирмам. Заметим, что дуополия во втором равновесии реплицирует монополию, производящую вакцины в первом периоде и лекарства во втором, то есть оптимальную для производителя монополию (см. теорему 1).

Приведем теперь примеры распределений, для которых условие существования равновесия выполняется (или не выполняется). Рассмотрим опять функции распределения $\Phi(x) = \mathrm{H}(x) = x^\lambda$ на $[0, 1]$, $\lambda > 0$. Из условия первого порядка из предыдущего раздела следует

$$\hat{p}_D = (\lambda + 1)^{-\frac{1}{\lambda}},\ \hat{p}_V = \mathrm{E}h(\lambda + 1)^{-\frac{1}{\lambda}} \text{ где } \mathrm{E}h = \frac{\lambda}{\lambda + 1},$$

так что в этом случае условие $\hat{p}_D \geq \mathrm{E}h$ может быть записано в виде

$$(\lambda + 1)^{\frac{\lambda - 1}{\lambda}} \geq \lambda,$$

а оставшееся условие после подсчета интеграла принимает вид

$$(\lambda + 1)^{-\frac{1}{\lambda}} \geq \lambda,$$

так что второе условие влечет первое. Второе условие выполняется тогда и только тогда, когда $\lambda < \bar{\lambda}$ где, как показывает численный подсчет, $\bar{\lambda} \approx 0.436$. Итак, в нашем случае, для малых λ (соответствующих более серьезным заболеваниям) существует нетривиальное равновесие в дуополистической игре, в то время как для больших λ (включая $\lambda = 1$, соответствующую равномерному распределению) таких равновесий нет.

5 Дуополия при наличии побочных эффектов

Ситуация, описанная в теореме 2, не является воодушевляющей для фирм. В этом разделе мы предположим, что медикаменты влекут некоторый ожидаемый всеми участниками процесса вред для здоровья $l_V < h$ в случае вакцин и $l_D < h$ в случае лекарств.[21] В этом случае выполняется следующее

Предложение 1. *В случае, когда x является известной константой, равновесные цены при наличии побочных эффектов равны нулю.*

Доказательство этого предложения аналогично разбору соответствующих случаев из теоремы 2. Единственное различие заключается в том, что теперь вместо цен p_V и p_D агенты рассматривают цены с поправкой

[21] Такой вред может быть интерпретирован как недостаток эффективности соответствующего препарата.

на эффективность $p_V + l_V$ и $p_D + l_D$. Этот результат является устойчивым по отношению к предположению о недооценке агентами вреда от болезни перед заражением.

Неожиданный результат состоит в том, что, вводя в модель побочные эффекты,[22] в случае, когда x не известен фирме, мы можем получить игру с единственным равновесием, в котором фирмы получают положительную прибыль. Для простоты, мы рассматриваем основной случай из работы Kremer, Snyder (2004), где h является известной константой. В других случаях ситуация аналогична, но технически более сложная.

5.1 Фиксированные побочные эффекты

В этом разделе мы предполагаем, что побочные эффекты фиксированы и фирмы не могут их менять. Агент α предпочтет вакцины только тогда, когда его вероятность заболеть достаточно высока:

$$x_\alpha \geq \max(\frac{p_V + l_V}{p_D + l_D}, \frac{p_V + l_V}{h}).$$

Если у лекарства есть покупатели, то $p_D + l_D \leq h$, так что второй член можно отбросить. Таким образом, агенты с $x_\alpha > \frac{p_V+l_V}{p_D+l_D}$ покупают вакцину, а остальные предпочитают купить лекарство в случае заболевания. Найдем равновесие в конкуренции фирм по Бертрану. В этом равновесии

$$(*)\ p_V + l_V - l_D \leq p_D \leq h - l_D,$$

так что прибыль производителя вакцин равна

$$\bar{\mathrm{V}} = p_V(1 - \Phi(\frac{p_V + l_V}{p_D + l_D})).$$

Условие первого порядка для задачи максимизации таково:

$$\frac{p_V f(\frac{p_V+l_V}{p_D+l_D})}{p_D + l_D} + \Phi(\frac{p_V + l_V}{p_D + l_D}) = 1.$$

Прибыль производителя лекарств равна

$$\bar{\mathrm{D}} = p_D \int_0^{\frac{p_V+l_V}{p_D+l_D}} x f(x) dx$$

с условием первого порядка

$$\frac{p_D}{p_D + l_D} = \frac{(\frac{p_D+l_D}{p_V+l_V})^2 \int_0^{\frac{p_V+l_V}{p_D+l_D}} x f(x) dx}{f(\frac{p_V+l_V}{p_D+l_D})}.$$

[22]Решающую роль здесь играют побочные эффекты лекарств, в то время как побочные эффекты вакцин могут по-прежнему отсутствовать.

Этого условия достаточно для максимизации в случае широкого класса функций распределения. Например, если $\Phi(x) = x^\lambda$ с $\lambda > 0$, то правая часть постоянна и равна $\frac{\lambda}{\lambda+1}$, в то время как левая часть является монотонной функцией. Для простоты, начиная с этого момента мы рассматриваем только функции распределения такого вида.

Пусть p_V^* и $p_D^* = \lambda l_D$ являются решениями приведенных выше условий первого порядка. Ввиду (*), равновесная цена лекарств равна p_D^*, если и только если

$$\frac{h - l_D}{h} \geq \frac{\lambda}{\lambda + 1} \geq \frac{p_V + l_V - l_D}{p_V + l_V},$$

так что

$$h \geq (\lambda + 1) l_D \geq p_V + l_V,$$

что эквивалентно (*). В этом случае, если равновесная цена p_V вакцин равна p_V^*, то она удовлетворяет

$$p_V(\lambda + 1) + l_V = \frac{(\lambda + 1)^\lambda l_D^\lambda}{(p_V + l_V)^{(\lambda - 1)}}.$$

Когда p_V достаточно высока, левая часть превосходит правую. С другой стороны, когда $p_V = 0$, правая часть превосходит левую при $(\lambda+1)l_D \geq l_V$. Неравенство $p_V + l_V \leq (\lambda+1)l_D$ легко следует из приведенного выше уравнения для p_V. Это означает, что при условии

$$h \geq (\lambda + 1) l_D \geq l_V$$

равновесные цены равны $p_D^* = \lambda l_D$ и $p_V^* > 0$, так что в этом случае обе фирмы получают положительную прибыль при $l_D > 0$. Более того, равновесная прибыль лекарственной фирмы может возрастать по l_D или, другими словами, убывать по качеству лекарств. Например, при $\lambda = 1$ лекарственная фирма зарабатывает

$$\bar{\mathrm{D}} = 0.5 p_D \left(\frac{p_V + l_V}{p_D + l_D}\right)^2 = \frac{(2l_D + l_V)^2}{32 l_D}$$

и $\bar{\mathrm{D}}$ возрастает по l_D.

Предположим теперь, что неравенство

$$h \geq (\lambda + 1) l_D \geq l_V$$

не выполняется, так что мы имеем дело с краевыми решениями. Если лекарства не слишком эффективны, а именно, $h < (\lambda + 1)l_D$, то равновесная цена лекарств равна монопольной цене $p_D = h - l_D$, так что потребительский излишек от потребления лекарств равен нулю и цена вакцин так же равна монопольной цене, а дуополия реплицирует двухпериодную монополию.

Эта ситуация очень похожа на единственное нетривиальное равновесие из теоремы 2, где побочные эффекты отсутствовали. Разница заключается в том, что в данном случае монополия, производящая оба вида медикаментов, может не быть оптимальной для монополиста (например, если вред от вакцин выше вреда от лекарств, то монополисту выгодно производить только лекарства).

Если лекарства более эффективны, чем вакцины, и $(\lambda+1)l_D < l_V$, то равновесная цена лекарств равна $p_D = l_V - l_D$, что является максимальной ценой, при которой никто не покупает вакцины в равновесии. Таким образом, если вакцинная фирма останется на рынке,[23] то прибыль лекарственной фирмы в этом случае будет меньше монопольной. Этот случай более вероятен для болезней, вакцины от которых имеют довольно большие побочные эффекты, в то время как λ достаточно мала, то есть большая часть людей имеет маленькие шансы заболеть.

В итоге, возможны случаи:

(i) $l_V > (\lambda+1)l_D$.

(ii) $l_V \leq (\lambda+1)l_D \leq h$.

(iii) $(\lambda+1)l_D > h$.

Мы доказали следующий результат:

Теорема 3. *Пусть $\Phi(x) = x^\lambda$, h является известной константой и побочные эффекты $0 \leq l_V < h$ и $0 < l_D < h$ фиксированы. Тогда существует единственное равновесие Нэша в чистых стратегиях в конкуренции лекарственной и вакцинной фирм по Бертрану. В случаях (ii) и (iii) каждая фирма получает положительную прибыль в равновесии, в то время как в случае (i) равновесный спрос на вакцины равен нулю, а цена на лекарства ниже монопольной. В случае (iii) обе фирмы устанавливают монопольные цены в равновесии.[24] В случае (ii) равновесная цена на вакцины положительно зависит от l_D, равно как и цена на лекарства в случае, когда, например, $\lambda = 1$.*

5.1.1 Кто зарабатывает больше?

Когда фирма вкладывает средства в разработку новых лекарств или вакцин, она должна принимать во внимание возможность появления на рынке конкурента, производящего другой вид медикаментов. Следующее предложение показывает, что если перед принятием решения об инвестировании, фирма ожидает появление такого конкурента, то ее выбор типа производимых медикаментов может отличаться от соответствующего выбора фирмы, не ожидающей появления конкурента. Ниже мы предполагаем для простоты $\lambda = 1$.

[23] Причиной этому может служить, например, возможность улучшения качества вакцины в будущем.

[24] Тем не менее, прибыль лекарственной фирмы меньше монопольной из-за меньшего числа инфицированных.

Предложение 2. *В случаях (ii) и (iii) существуют такие значения побочных эффектов l_V и l_D, что в дуополии вакцинная фирма более успешна, чем лекарственная, в то время как в случае монополии ситуация обратна.*[25]

Не сложно посчитать, что вакцинная фирма зарабатывает больше в случае (ii) дуополии, если

$$\frac{2l_D - l_V}{2l_D + l_V} > 0.5.$$

Значит,

$$\bar{\mathrm{V}}^{(ii)} > \bar{\mathrm{D}}^{(ii)} \Longleftrightarrow l_D > 1.5 l_V.$$

В случае (iii) прибыль лекарственной фирмы меньше прибыли вакцинной фирмы, если, например, $l_V = 0$. Простые вычисления влекут следующее

Предложение 3. *Монопольные цены вакцинной и лекарственной фирм равны, соответственно,*

$$p_V(l_V) = 0.5(h - l_V), p_D(l_D) = h - l_D,$$

а соответствующие прибыли равны

$$\mathrm{V}(l_V) = \frac{(h - l_V)^2}{4h}, D(l_D) = 0.5(h - l_D).$$

Используя это предложение не сложно показать, что в случае монополии вакцинная фирма зарабатывает меньше лекарственной если $l_D < \max\{2l_V, 0.5h\}$. Поэтому для значений l_V и l_D, удовлетворяющих

$$1.5l_V < l_D < 2l_V \text{ или } l_V = 0, l_D < 0.5h,$$

монопольная прибыль вакцинной фирмы меньше монопольной прибыли лекарственной фирмы, в то время как прибыли в случае дуополии удовлетворяют противоположному соотношению. Эти значения l_V и l_D предоставляют пример, доказывающий предложение 2. Интуитивно, в случае конкуренции фирм агенты с большим риском заболеть покупают вакцины и тем самым уменьшают размер спроса на лекарства. Итак, даже если в случае монополии оптимально инвестировать в лекарства, фирма, предвидящая возникновение дуополии, может предпочесть разработку вакцин.

[25] Позже мы увидим, что это всегда так, если фирмы могут свободно манипулировать побочными эффектами своих продуктов.

5.2 Гибкие побочные эффекты

Предположим теперь, что побочные эффекты медикаментов регулируются фирмами, которые могут выбирать их из отрезка $[0, h]$. В этом случае можно представить следующую ситуацию: вначале лекарства и вакцины были абсолютно безвредны, и конкуренция между фирмами закончилась равновесием Нэша, в котором они ничего не заработали. В этом случае лекарственной фирме оказывается выгодным снизить эффективность своих лекарств чтобы переместиться в более прибыльное равновесие. Вакцинная фирма тоже может варьировать эффективность своей продукции если сочтет это выгодным. Какой случай из теоремы 3 выберут фирмы для получения максимальной равновесной прибыли? Следующая теорема отвечает на этот вопрос для $\lambda = 1$.

Теорема 4. *Пусть $\Phi(x) = x$, h постоянна и известна, и одна из фирм на рынке производит лекарства, а другая вакцины, причем каждая фирма может выбрать уровень $0 \leq l_V \leq h$ или $0 \leq l_D \leq h$ побочных эффектов соответствующего медикамента, равно как и его цену. В этой игре есть единственное равновесие Нэша в чистых стратегиях, и равновесные побочные эффекты равны*

$$l_V = 0;\ l_D = 0.5h.$$

Такая дуополия реплицирует двухпериодную монополию, производящую эффективные вакцины в первом периоде и наполовину эффективные лекарства во втором.[26] *(см. раздел 3). Равновесная прибыль вакцинной фирмы в случае дуополии превосходит равновесную прибыль лекарственной фирмы, в то время как в случае монополии (где оптимальные побочные эффекты равны нулю) мы наблюдали обратную ситуацию.*[27]

Заметим, что для вакцинной фирмы всегда является оптимальным установить $l_V = 0$, поскольку при таких побочных эффектах ситуация (i), несущая ей нулевую прибыль, исключена, а прибыль вакцинной фирмы в обоих оставшихся равновесиях монотонно убывает по l_V. С другой стороны, в рамках равновесия из случая (ii), прибыль лекарственной фирмы монотонно возрастает по l_D, в то время как в равновесии из случая (iii) она монотонно убывает по l_D. Значит, принимая во внимание предыдущие результаты, в случае подвижных побочных эффектов мы

[26] Несложно показать, что, с точки зрения полезности потребителя, такая монополия эквивалентна двухпериодной монополии, производящей медикаменты без побочных эффектов.

[27] Мы не специфицировали очередность принятия решений об установке цен и побочных эффектов. В следующем параграфе станет ясно, что она не влияет на результат.

получаем единственное равновесие, и оно лежит на границе между равновесиями (ii) и (iii). Поэтому равновесные побочные эффекты равны

$$l_V = 0 \text{ и } l_D = 0.5h.$$

Легко показать (см. раздел 5.1), что в этом случае равновесные цены равны

$$p_V = p_D = 0.5h,$$

а равновесные прибыли равны

$$\bar{\mathrm{V}} = 0.25h;\ \bar{\mathrm{D}} = 0.0625h.$$

Заметим, что вакцинная фирма зарабатывает больше лекарственной в этом равновесии. С другой стороны, в случае монополий оптимальные побочные эффекты равны нулю, оптимальные цены равны $p_D = h$, $p_V = 0.5h$, и лекарственный монополист зарабатывает больше. Таким образом, мы получили даже более сильный, чем из предложения 2, результат в пользу производителей вакцин.

С точки зрения покупателя, наша дуополия эквивалентна двухпериодной монополии, производящей эффективные вакцины и лекарства произвольной эффективности (потребительский излишек от лекарств в любом случае равен нулю). Поэтому общественное благосостояние при дуополии находится между общественными благосостояниями в случае монополий, а потребительский излишек такой же, как и в случае вакцинной монополии.

Теорема 4 говорит, что если фирмы могут манипулировать побочными эффектами своих медикаментов, то *монополия, производящая оба типа медикаментов, генерирует такой же потребительский излишек, как и конкуренция двух фирм разного типа.* Гораздо менее интуитивный результат состоит в том, что *в случае дуополии снижение качества лекарств может быть выгодно для лекарственной фирмы*! С другой стороны, вакцинная фирма всегда выбирает оптимальное качество вакцин.

5.3 Частично гибкие побочные эффекты

Предположим теперь, что технологически минимальны побочные эффекты равны $l_V^0 > 0$ и $l_D^0 \geq 0$, и фирмы могут лишь увеличивать их. Конечно, в случае монополии фирмы выберут минимально возможные побочные эффекты, так же как и вакцинная фирма в случае дуополии. Однако, поскольку $l_V^0 > 0$, этот выбор не может исключить возможность случая (i), в котором равновесная прибыль вакцинной фирмы равна нулю. Зная значение l_V^0 и ограничение $l_D \geq l_D^0$, лекарственная фирма выбирает случай, в котором она может получить максимальную возможную прибыль. Удобно рассмотреть следующие случаи:

(a) $2l_D^0 < l_V^0$,

(b) $l_V^0 \le 2l_D^0 \le h$,

(c) $2l_D^0 > h$.

В случае (c) лекарства не являются эффективным способом лечения болезни, и мы попадаем в случай (iii) из теоремы 3, где равновесная прибыль лекарственной фирмы монотонно убывает по l_D, так что в равновесии $l_D = l_D^0$.

В случае (b) возможны варианты (ii) и (iii) из теоремы 3 и, как и в случае гибких побочных эффектов, лекарственная фирма предпочтет равновесие на границе между ними, установив $l_D = 0.5h$ как и в предыдущем разделе.

В случае (a) лекарства гораздо более эффективны чем вакцины и возможны все варианты (i), (ii) и (iii) из теоремы 3. В этой ситуации есть два кандидата на оптимальное значение l_D: $l_D = l_D^0$ и $l_D = 0.5h$. Первый соответствует случаю (i), а второй — границе между случаями (ii) и (iii).

Поскольку равновесная прибыль лекарственной фирмы в случае (i) монотонно убывает по l_D, она предпочтет установить $l_D = 0.5h$ если равновесная прибыль $\bar{\mathrm{D}}^{(i)}$ в случае, когда побочные эффекты фиксированы и равны $l_V = l_V^0, l_D = 0$ меньше, чем равновесная прибыль $\bar{\mathrm{D}}^{(ii)}$ в случае когда побочные эффекты равны $l_V = l_V^0, l_D = 0.5h$. Как показывает простой подсчет, это происходит тогда и только тогда, когда

$$\frac{(h + l_V^0)^2}{16h} > 0.5 l_V, \text{ или } h^2 - 6hl_V^0 + (l_V^0)^2 > 0.$$

Поскольку $h > l_V^0$, это эквивалентно условию

$$(3 + 2\sqrt{2})l_V^0 < h.$$

Если вакцины достаточно вредны, чтобы это условие не выполнялось, то лекарственная фирма сравнивает возможные прибыли

$$\bar{\mathrm{D}}^{(ii)} = \frac{(h + l_V^0)^2}{16h} \text{ и } \bar{\mathrm{D}}^{(i)} = 0.5(l_V^0 - l_D^0).$$

Если $\bar{\mathrm{D}}^{(ii)} > \bar{\mathrm{D}}^{(i)}$, то равновесные побочные эффекты от лекарств равны $l_D = 0.5h$ как и в предыдущем разделе. Если же $\bar{\mathrm{D}}^{(ii)} < \bar{\mathrm{D}}^{(i)}$, то лекарственная фирма предпочитает производить наиболее эффективные лекарства с $l_D = l_D^0$. В случае равенства имеется два (не строгих) равновесия Нэша. Пользуясь полученными результатами, рассмотрим обновленные случаи:

(1) $2l_D^0 < l_V^0$ и $(3 + 2\sqrt{2})l_V^0 \ge h$

(2) $l_V^0 \le 2l_D^0 \le h$ или $(3 + 2\sqrt{2})l_V^0 < h$

(3) $2l_D^0 > h$.

Теперь мы можем сформулировать следующее утверждение.

Теорема 5. *Пусть $\Phi(x) = x$, h известна и постоянна и фирмы могут выбирать побочные эффекты своих продуктов $l_V \in [l_V^0, h]$ и $l_D \in [l_D^0, h]$, равно как и цены на свой товар. Тогда равновесные побочные эффекты вакцин всегда минимальны, т.е $l_V = l_V^0$. Равновесные побочные эффекты лекарств равны $l_D = l_D^0$ в случае (3) и $l_D = 0.5h$ в случае (2). В случае (1), если*

$$\frac{(h + l_V^0)^2}{16h} > 0.5(l_V^0 - l_D^0),$$

то $l_D = 0.5h$ в равновесии. Если выполнено обратное неравенство, то равновесные побочные эффекты лекарств минимальны, т.е $l_D = l_D^0$, а равновесная цена лекарств равна $p_D = l_V^0 - l_D^0$. В случае равенства оба значения $l_D = l_D^0$ и $l_D = 0.5h$ возможны в (не строгом) равновесии.[28]

Интуицию, стоящую за этой теоремой, довольно сложно понять. Предположим, например, что $l_D^0 = 0$ т.е. имеется эффективная технология производства лекарств, а $l_V^0 = 0.2h$, так что мы попадаем в случай (1), и неравенство из теоремы 5 не выполняется. Тогда в равновесии $l_D = 0$ и $p_D = l_V^0$, поскольку $0.2(3 + 2\sqrt{2})l_V^0 > 1$.

Представим теперь, что после технологического прорыва вакцинная фирма получила возможность производить более эффективную вакцину, а именно, $l_V^0 < \frac{h}{3+2\sqrt{2}}$. В этом случае равновесные побочные эффекты от лекарств равны $l_D = 0.5h$, так что равновесные цены равны (см. теорему 3) $p_V = 0.5(h - l_V^0)$ и $p_D = 0.5h$. В этом равновесии цены на оба вида медикаментов значительно выше, чем цена безвредных лекарств в предыдущем равновесии, в то время как лекарства потеряли половину своей эффективности, так что покупателям стало строго хуже. Легко показать, что равновесная прибыль лекарственного монополиста теперь меньше, чем раньше, в то время как прибыль вакцинного монополиста увеличилась с нуля до положительной величины. Следующее предложение показывает, что равновесное общественное благосостояние стало меньше, чем социальное благосостояние $SW_0 = 0.5h$ перед скачком технологии.

Предложение 4. *В случае (ii) из теоремы 3, при условии*

$$l_V < \frac{h}{3 + 2\sqrt{2}},$$

равновесное общественное благосостояние удовлетворяет

$$SW = \frac{(h - l_V)(3h + l_V)}{8h} - \frac{l_V(h - l_V)}{2h} + \frac{(h + l_V)^2}{8h} \leq 0.5h,$$

причем равенство достигается только при $l_V = 0$.

[28] Равновесные цены и прибыли уже подсчитаны в теореме 3 для каждого случая.

Для доказательства заметим, что в случае (ii) равновесная цена вакцин равна $p_V = 0.5(h - l_V)$, так что только те агенты, для которых $x > \frac{h+l_V}{2h}$, покупают вакцины и теряют

$$L_V = \frac{(h - l_V)l_V}{2h},$$

в то время как их польза от потребления вакцин равна

$$G_V = \frac{(h - l_V)(3h + l_V)}{8h}.$$

Поскольку равновесные побочные эффекты от лекарств равны $l_D = 0.5h$, оставшаяся часть населения получает

$$G_D = \frac{(h + l_V)^2}{8h}$$

в ожидании. Простые вычисления показывают, что производная функции $SW(l_V) = G_D + G_V - L_V$ по l_V равна

$$SW'(l_V) = \frac{(5l_V - h)h - (h + l_V)}{4h^2},$$

что меньше нуля при

$$l_V < \frac{h}{3 + 2\sqrt{2}}.$$

С другой стороны, $SW(0) = 0.5h$, так что предложение 4 доказано.

Таким образом, после технологического прогресса, позволившего достичь более низкого уровня побочных эффектов от вакцин, проиграли не только потребители, но и все общество, а выиграли только производители вакцин, так что в нашем случае технологический прогресс оказался нежелательным для общества.

6 Недооценка серьезности болезни

Хорошо известно (см., например, Milstien, Batson, Wertheimer (2005)), что перед заражением люди обычно недооценивают вред от болезни (или вероятность заболевания) и не заботятся об ее предотвращении. Этот феномен часто рассматривается как одна из основных причин низкого спроса на вакцины. Посмотрим, что произойдет, если мы включим эту недооценку в нашу модель. Предположим, что в первом периоде агенты думают, что вред от болезни равен $a < h$. Ниже мы пересмотрим анализ раздела 5.1 с учетом этого изменения. Агент α предпочтет вакцину если и только если вероятность его заболевания достаточно высока:

$$x_\alpha \geq \bar{x} = \max\left(\frac{p_V + l_V}{p_D + l_D}, \frac{p_V + l_V}{a}\right).$$

Если $p_D + l_D > a$, то в первом периоде агенты не принимают во внимание существование лекарств, и нам нужен второй член, в противном случае ситуация такая же как раньше. Все агенты с $x_\alpha > \bar{x}$ покупают вакцину, а остальные предпочитают в случае чего купить лекарство. Найдем равновесие в конкуренции фирм по Бертрану. Наилучший ответ вакцинной фирмы будет такой же, как в разделе 5.1, если $p_D + l_D < a$. В противном случае прибыль вакцинной фирмы равна

$$\bar{\mathrm{V}} = p_V(1 - \Phi(\frac{p_V + l_V}{a})).$$

Пусть p_V^* — оптимальная цена вакцинной фирмы в этом случае.

Если $p_D + l_D > a$, то прибыль лекарственной фирмы равна

$$\bar{\mathrm{D}} = p_D \int_0^{\frac{p_V^* + l_V}{a}} x f(x) dx.$$

Это возрастающая функция p_D, поэтому если $p_D + l_D > a$ в равновесии, то $p_D = h - l_D$.

Предположим теперь, что, как и раньше, $\Phi(x) = x^\lambda$ где $\lambda > 0$. В случае (iii) теоремы 3, где лекарства не очень эффективны, в равновесии выполняется $p_D + l_D = h > a$, так что равновесные цены вновь равны монопольным, но прибыль вакцинной фирмы меньше из-за недооценки вреда болезни. Тем не менее, поведение порогового уровня $\bar{x} = \frac{p_V + l_V}{a}$ (а значит, и прибыли лекарственной фирмы) по отношению к a в этом случае оказывается не однозначным. Цена p_V удовлетворяет условию первого порядка

$$(\frac{p_V + l_V}{a})^\lambda + \frac{\lambda p_V}{a^\lambda} = 1.$$

Если $\lambda \leq 1$, то $\frac{p_V + l_V}{a}$ монотонно убывает по a (в противном случае, $\frac{p_V}{a}$, а вместе с ней и вся левая часть возрастала бы с ростом a, что невозможно), так что, чем больше a, тем больше агентов вакцинируется в равновесии и тем меньше прибыль лекарственной фирмы. То, что прибыль лекарственной фирмы монотонно убывает по оценке агентом вреда от болезни в первом периоде, выглядит вполне естественным. Однако, если $\lambda > 1$, то есть средний риск заболевания достаточно высок, результат может измениться на противоположный. Например, предположим $l_V = 0$ и $\lambda = 2$. В этом случае

$$\frac{p_V + l_V}{a} = \frac{\sqrt{1 + a^2} - 1}{a},$$

что является возрастающей по a функцией. В этой ситуации, чем больше a, тем меньше агентов вакцинируется в первом периоде и тем больше прибыль лекарственной фирмы, так что оба производителя заинтересованы в снижении поведенческого эффекта недооценки вреда болезни в первом периоде, что кажется не слишком интуитивным.

В равновесиях из случаев (i) и (ii) из теоремы 3 цена лекарств равна $p_D = \lambda l_D < h - l_D$. Если $(\lambda+1)l_D > a$, то эти равновесия перестают быть таковыми, поскольку наилучший ответ лекарственной фирмы становится равным $p_D = h - l_D$. В этом случае единственным возможным равновесием становится равновесие из предыдущего параграфа. Однако оно не является таковым, поскольку цена наилучшего ответа лекарственной фирмы на цену p_V^* вакцинной фирмы равна $p_D = \lambda l_D$, а не $p_D = h - l_D$, поскольку в этой ситуации выполняется

$$\lambda l_D \int_0^{\frac{p_V+l_V}{(\lambda+1)l_D}} xf(x)dx \leq (h - l_D) \int_0^{\frac{p_V+l_V}{a}} xf(x)dx,$$

где $p_V = p_V^*$ является оптимальной ценой вакцинной фирмы в случае $p_D + l_D > a$. Таким образом, если a достаточно мало, в то время как l_D не слишком велико, то равновесия Нэша в чистых стратегиях отсутствуют.

Если $(\lambda+1)l_D \leq a$, то равновесия из случаев (i) и (ii) из теоремы 3 остаются такими же, если наилучший ответ лекарственной фирмы не меняется на $p_D = h - l_D$. В случае (ii) это условие эквивалентно следующему неравенству:

$$\lambda l_D \int_0^{\frac{p_V+l_V}{(\lambda+1)l_D}} xf(x)dx \geq (h - l_D) \int_0^{\frac{p_V+l_V}{a}} xf(x)dx,$$

где p_V является наилучшим ответом вакцинной фирмы. Заметим, что если это неравенство выполняется (или не выполняется) для функции $f(x) = \lambda x^{\lambda-1}$ и какого-то значения p_V, то то же самое верно для всех остальных значений $p_V < a - l_V$. Это означает, что если старое равновесие остается таковым, то новых равновесий нет. С другой стороны, если бывшее равновесие исчезает, то новое равновесие будет таким же, как в модифицированном случае (iii). Данное неравенство выполняется для $a = h$? поскольку в этом случае наилучший ответ лекарственной фирмы на цену $p_V < a - l_V$ всегда равен $p_D = \lambda l_D$. С другой стороны, если $a = (\lambda+1)l_D$, то это неравенство не выполняется. Это значит, что есть такой уровень $\bar{a} > (\lambda+1)l_D$, что для $a > \bar{a}$ равновесие такое же, как и раньше, в то время как если $(\lambda+1)l_D < a < \bar{a}$, то равновесие такое же, как в модифицированном случае (iii).

В случае (i) условие стабильности старого равновесия эквивалентно следующему неравенству:

$$(l_V - l_D) \int_0^1 xf(x)dx \geq (h - l_D) \int_0^{\frac{l_V}{a}} xf(x)dx.$$

Это неравенство выполняется при a близком к h? поскольку $p_D = l_V - l_D$ является наилучшим ответом на $p_V = 0$ в этом случае (см. теорему 3). Однако, при a близком к l_V это неравенство не выполняется. В любом случае пара цен $p_D = h - l_D$ и $p_V = p_V^*$ составляют равновесие если выполнено условие

$$(p_V + l_V - l_D) \int_0^1 x f(x) dx \leq (h - l_D) \int_0^{\frac{p_V + l_V}{a}} x f(x) dx.$$

Это верно при достаточно малых (близких к $p_V + l_V$) a. Глядя на условие первого порядка для p_V^*, несложно заметить, что это происходит, когда вакцины пользуются маленьким спросом в первом периоде, то есть когда l_V близко к a. Если a близко к h, то это неравенство не выполняется (см. снова теорему 3). Итак, когда a близко к l_V, единственную равновесную пару цен составляют $p_V = p_V^*$ и $p_D = h - l_D$, в то время как когда a близко к h, единственное равновесие такое же, как прежде. Для промежуточных значений a имеется два равновесия. Это означает, что в случае (i) вакцинной фирме может быть выгодно снизить оценку агентом вреда от болезни (если она слишком высока, то равновесная прибыль вакцинной фирмы нулевая как в теореме 3). Теперь мы можем сформулировать следующее утверждение.

Теорема 6. *Пусть $\Phi(x) = x^\lambda$, h постоянна и известна фирме в обоих периодах, а агентам во втором периоде, побочные эффекты $0 \leq l_V < h$ и $0 < l_D < h$ фиксированы, а ожидаемый в первом периоде вред от болезни равен $a \in (l_V, h)$. Тогда в случае (iii) равновесные цены снова монопольные, равновесная прибыль вакцинной фирмы возрастает с ростом a, а поведение равновесной прибыли лекарственной фирмы не однозначно.*

В случае (ii) существует порог $\bar{a} \geq (\lambda + 1) l_D$ такой, что для $a > \bar{a}$ равновесные цены и прибыли такие же как в теореме 3, в то время как при $(\lambda + 1) l_D < a < \bar{a}$ равновесие такое же, как в случае (iii), а при $a < (\lambda + 1) l_D$ равновесий в чистых стратегиях нет.

В случае (i) есть два порога $a_1, a_2 \in (l_V, h)$ такие, что для $a > a_2$ равновесие такое же, как в теореме 3, для $a < a_1$ равновесие такое же, как в случае (iii), а для $a_1 \leq a \leq a_2$ есть два равновесия (одно из которых влечет нулевую прибыль для вакцинной фирмы).

Данная теорема имеет два интересных следствия. Во-первых, если a достаточно мало, странное равновесие из случая (ii) исчезает, а вместо этого появляется равновесие, в котором обе фирмы ведут себя как монополии, причем лекарственная фирма имеет преимущество ввиду отсутствия асимметрии информации. Во-вторых, в случае (i) вакцинной фирме может быть более выгодно снижение (в случае множественных равновесий достаточно, чтобы оно было временным, чтобы перейти в более прибыльное равновесие) оценки агентом вреда от болезни. С другой стороны, в случае (iii) лекарственной фирме может быть выгодно повышение этой оценки. Таким образом, поведенческий подход помогает исключить странное равновесие, но, в то же время, из него следуют неожиданные результаты о возможной рекламной политике, точнее, об оптимальных усилиях фирм, направленных на более адекватное оценивание агентами вреда от болезни.

7 Заключение

В этой работе был проведен анализ рынка лекарств и вакцин в случаях монополии и дуополии. В случае монополии оказалось, что выбор типа производимых медикаментов зависит от информированности игроков о вреде болезни и вероятности заболевания.

В случае дуополии решающую роль для существования нетривиального равновесия играло предположение о не полной эффективности медикаментов. Мы рассмотрели ситуацию, в которой лекарственный монополист имеет преимущество по отношению к вакцинному, в то время как в дуополии это не так.

С другой стороны, мы получили несколько довольно неожиданных результатов. Один из них состоит в том, что фирме может быть выгодно снижать качество своего товара, а второй — в том, что технологический прогресс может вести к меньшему потребительскому излишку и общественному благосостоянию.

Этих результатов можно избежать, используя поведенческий подход, предполагающий недооценку здоровыми агентами вреда болезни. Неожиданный результат состоит в том, что (при определенных условиях) эта недооценка может быть выгодна вакцинной фирме, в то время как при других значениях параметров она может быть не выгодна лекарственной фирме.

Список литературы

[1] M. Kremer, C. M. Snyder "Why is there No AIDS Vaccine?", CID Working Paper No. 111, October 2004.

[2] M. Kremer, C. M. Snyder "Why are Drugs More Profitable than Vaccines?", NBER Working Paper Series, Working Paper 9833, July 2003.

[3] P. Thomas "The Economics of Vaccines", Harvard Medical International (HMI) World, September/October 2001.

[4] World Health Organization (2001) Macroeconomics and Health: Investing in Health for Economic Development. Geneva.

[5] J.B. Milstien, A. Batson, A.I. Wertheimer "Vaccines and Drugs: Characteristics of their Use to Meet Public Health Goals.", HNP Discussion Paper, March 2005.