

Расчет оптимальной цены на высокотехнологичный товар

© Е.Н. Горлачева, А.А. Аникьева, В.И. Плеханов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрен рынок инновационного товара, а именно — секвенатор генов. Определен тип рынка. Проведен конкурентный анализ на основе модели М. Портера. Рассмотрены основные ценовые факторы и приведен расчет оптимальной цены секвенатора генов.

Ключевые слова: инновационный товар, анализ рынка, функция спроса, оптимальная цена.

Важным фактором, движущим спрос, является предложение радикально новой ценности для потребителей. В этом смысле нанотехнологии и нанопродукты не только развивают существующие, но и формируют новые перспективные рынки. Наиболее перспективная область применения нанотехнологий для повышения качества жизни людей — медицина. Одним из примеров использования новых технологий в медицине является прибор для расшифровки ДНК человека, названный секвенатором генов. Генетическая информация представляет большую ценность для человека, так как позволяет не только подобрать индивидуальные препараты для онкологических больных, но и предотвратить развитие многих наследственных болезней.

В настоящее время перспективным подходом в медицине считается переход к превентивному предупреждению возникновения болезней путем расшифровки индивидуального генома человека и последующего исправления участков цепи, отвечающих за патологию определенного типа. Переход к новому этапу медицинской помощи невозможен без появления технологий расшифровки генома и выделения отдельных генов, отвечающих за развитие болезней, повышения производительности и скорости прочтения до нескольких миллиардов нуклеотидных оснований, а также снижения стоимости процесса секвенирования.

Существует два основных типа секвенаторов — NGS (Next Generation Sequencing) и NNGS (Next-Next Generation Sequencing), которые делятся на мультимолекулярные и мономолекулярные [1]. В настоящее время на рынке представлено около десятка моделей NGS-секвенаторов. По производительности первое место занимает секвенатор HiSeq 2500 компании Illumina (200 млрд оснований за рабочий цикл (1–2 часа). Он лидирует и по стоимости (540 тыс. долл.). Также на рынке представлен

секвенатор junior FLX корпорации Roche (125 тыс. долл.), который и по габаритам, и по внешнему виду похож на обычный лазерный принтер. Производительность у него невысокая — до 35 млн оснований, рабочий цикл занимает 10 часов, тогда как у конкурентов считывание генетической информации может продолжаться больше недели [2]. Анализ рынка секвенаторов может быть представлен в виде пяти сил Портера (рис. 1).



Рис. 1. Анализ рынка секвенаторов на основе модели М. Портера

Всего в мире насчитывается уже около 2,5 тыс. секвенаторов нового поколения [2]. Из них более 1,5 тыс. произведены компанией Illumina и по несколько сотен приборов — компаниями Life Technologies и Roche.

Для оценки степени монополизации геномных секвенаторов рассчитаем индекс Херфиндаля — Хиршмана [3], который вычисляется как сумма квадратов долей продаж каждой фирмы в отрасли:

$$HHI = S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_n^2, \quad (1)$$

где S_1^2, S_2^2 — выраженные в процентах доли продаж фирм в отрасли, определяемые как отношение объема продаж фирмы к объему всех продаж отрасли.

В случае чистой монополии, когда отрасль состоит из одной фирмы, индекс Херфиндаля — Хиршмана будет равен 10 000.

Данный показатель лучше характеризует сложившуюся ситуацию на рынке по сравнению с простым индексом концентрации и показателем пороговой доли рынка, так как дает более точные расчеты.

В табл. 1 отражены оборот выручки компаний и их доли продаж в отрасли.

Таблица 1

Доли продаж фирм за 2012 год

Производитель	Модель	Объем реализации, шт.	Цена прибора, руб.	Объем продаж, руб.×шт.	Доля продаж, %
Ion Torrent	PGM	20*	1 500 000	30 000 000	0,13
Pacific Bioscience	PacBio RS	53	20 400 000	1 081 200 000	4,65
Dohaner MOTION	Polonator G.007	220	5 100 000	1 122 000 000	4,82
Roche	FLX	200	3 750 000	750 000 000	3,22
Life Technologies	SOLiD 4	167	15 000 000	2 505 000 000	13,86
	SOLiD PI	133	5 400 000	718 200 000	
Illumina	HiSeq 2000	249	20 700 000	5 153 300 000	73,32
	GA IIx	228	12 300 000	2 804 400 000	
	GA IIe	1123	8 100 000	9 096 300 000	
Всего				232 260 400 000	100
* Данные таблицы были рассчитаны на основе [4].					

Исходя из данных, представленных в табл. 1, и используя формулу (1), найдем индекс Херфиндаля — Хиршмана:

$$HHI = 0,13^2 + 4,65^2 + 4,82^2 + 3,22^2 + 13,86^2 + 73,32^2 = 5\,623.$$

Коэффициент Херфиндаля — Хиршмана показывает, какое место, долю на данном рынке занимают продавцы, владеющие малыми долями. По значению индексов Херфиндаля — Хиршмана выделяют три типа рынков:

- 1) высококонцентрированные рынки — $1800 < HHI < 10\,000$;
- 2) умеренноконцентрированные рынки — $1000 < HHI < 1800$;
- 3) низкоконцентрированные рынки — $HHI < 1000$.

Полученное значение коэффициента находится в интервале [1 800–10 000]. Следовательно, рынок генного секвенирования является высококонцентрированным, для него характерны:

- высокие отраслевые барьеры;
- необходимость патентной защиты;
- необходимость лицензирования и сертификации деятельности.

Технология геномного секвенирования относится к классу наукоемких. Для высокотехнологичных отраслей показатель наукоемкости превышает значение в 8,5 % [4].

Основными отличительными и характерными признаками наукоемких производств являются [5]:

- эффективная и общедоступная система образования и подготовки высококвалифицированных кадров;
- эффективная система защиты прав интеллектуальной собственности и распространения нововведений;
- значимость ряда отраслей прикладных наук для укрепления обороноспособности и технологической независимости (безопасности) страны;
- умелое использование преимуществ программно-целевой методологии планирования и финансирования крупных научно-технических проектов;
- высокая динамичность производства, проявляющаяся в постоянном обновлении его элементов, изменении количественных и качественных показателей, совершенствовании научно-производственной структуры и системы управления;
- способность к активной и эффективной инвестиционной и инновационной деятельности, высокие удельные затраты на НИОКР в структуре затрат производства;
- ключевая роль государственной поддержки (прежде всего финансовой и налоговой) инновационных проектов и производств на начальном этапе их становления;
- усовершенствование системы ценообразования, заключающееся в учете всех издержек производства, включая затраты на исследования и разработки, систему управления инновационными проектами, систему образования и повышения квалификации работников и т. д.

Критерий наукоемкости компании, в свою очередь, может быть рассчитан следующим образом:

- как отношение объема затрат на НИОКР к общему объему продаж;
- и (или) как отношение численности научно-технических работников к общей численности занятых в компании.

Рассчитаем показатели наукоемкости для исследуемой технологии секвенирования генов. В качестве примера возьмем секвенатор калифорнийской компании Pacific Biosciences. Она производит секвенаторы типа NNGS, построенные на полупроводниковой технологии считывания электрического заряда на микролунках сенсорного

полупроводникового транзистора, в которых лежат фрагменты молекулы ДНК. Величина объема продаж за 2012 г. представлена в табл. 2. Затраты на НИОКР взяты из финансовой отчетности компании за 2012 г.

Таблица 2

**Финансовая отчетность компании Pacific Biosciences
за 2012 год [7]**

Показатель	Значения, руб.
Выручка	3 264 000 000
Себестоимость продаж	1 023 963 000
Расходы на исследования и развитие (НИОКР)	289 000 000
Коммерческие, административные, управленческие расходы	5 600 002
Операционная прибыль (прибыль до уплаты процентов по заемным средствам и налогов)	260 389 602
Проценты к получению	—
Проценты к уплате	—
Прочие доходы/расходы	35 806 451
Прибыль до уплаты налогов	260 389 602
Чистая прибыль	260 389 602
Амортизация	1 600 000

Рассчитаем отношение объема затрат на НИОКР компании к общему объему продаж [6]:

$$K_{\text{эф НИОКР}} = \frac{V_{\text{НИОКР}}}{V_N}, \quad (2)$$

где $V_{\text{НИОКР}}$ — затраты на НИОКР в текущем периоде; V_N — объем продаж за этот же период. Тогда

$$K_{\text{эф НИОКР}} = \frac{289\,000\,000}{3\,264\,000\,000} = 8,85 \, \%.$$

Как видим, $K_{\text{эф НИОКР}} > 8,5 \, \%$ (значение, являющееся верхним порогом для технологий высокого уровня), следовательно, секвенатор генов компании Pacific Biosciences является ведущей наукоемкой технологией.

На основе данных табл. 3 рассчитаем отношение численности научно-технических работников к общей численности занятых на предприятии [6]:

Численность персонала компании Pacific Bioscience [7]

Категория	Численность, чел.
Персонал, занятый исследованиями и разработками	118
Инженеры	40
Технологи	26
Прочие	95
Итого	279

$$H_{\text{ч.н.р}} = \text{Ч}_{\text{н.р}} / \text{Ч}_{\text{общ}}, \quad (3)$$

где $H_{\text{ч.н.р}}$ — показатель наукоемкости, рассчитанный по уровню концентрации научно-технических работников на предприятии; $\text{Ч}_{\text{н.р}}$ — численность научных и научно-технических работников на предприятии; $\text{Ч}_{\text{общ}}$ — общая численность занятых в компании. Тогда

$$H_{\text{ч.н.р}} = 118/279 = 0,4229 = 42,3 \, \%.$$

Величина рассчитанного показателя по уровню концентрации научно-технических работников больше 10 %, что свидетельствует о наукоемкости рассматриваемой технологии.

Для высокотехнологичных наукоемких товаров характерен колеблющийся спрос. Риск инновационных технологий заключается в том, что спрос на данный товар может отсутствовать. Рассчитаем существующий спрос с помощью метода наименьших квадратов [8]. Информацией для расчета спроса являются данные, приведенные в [7]. Составим таблицу исходных данных — пар чисел $(p, D(p))$, где p — независимая переменная — цена, $D(p)$ — зависимая от p величина — спрос.

Данные по оценке функции спроса и расчет оптимальной цены представлены в табл. 4.

В первом столбце — номера различных значений цены в порядке возрастания (i). Во втором столбце приведены сами значения цены (p_i). В третьем столбце указано, сколько раз названо то или иное значение (f_i). В четвертом столбце показан спрос на секвенатор генов $D(p_i)$. Цена колеблется от 10 до 110 млн руб.

Исходя из данных табл. 4, опрошенные потребители назвали 19 конкретных значений цены (максимально для них допустимых значений). Далее построим выборочную функцию спроса в зависимости от цены. Она представлена в четвертом столбце табл. 4. Зависимость можно представить графически, в координатах «спрос—цена». Абсцисса — это спрос $D(p_i)$, а ордината — цена p_i (рис. 2).

Оценка функции спроса и расчет оптимальной цены

i	Цена p_i	f_i	Спрос $D(p_i)$
1	10	1	54
2	20	2	53
3	45	5	51
4	50	3	46
5	60	2	43
6	70	2	41
7	80	3	39
8	90	5	36
9	100	14	31
10	150	3	17
11	170	2	14
12	200	3	12
13	250	1	9
14	300	2	8
15	400	2	6
16	410	1	4
17	500	1	3
18	700	1	2
19	1 100	1	1

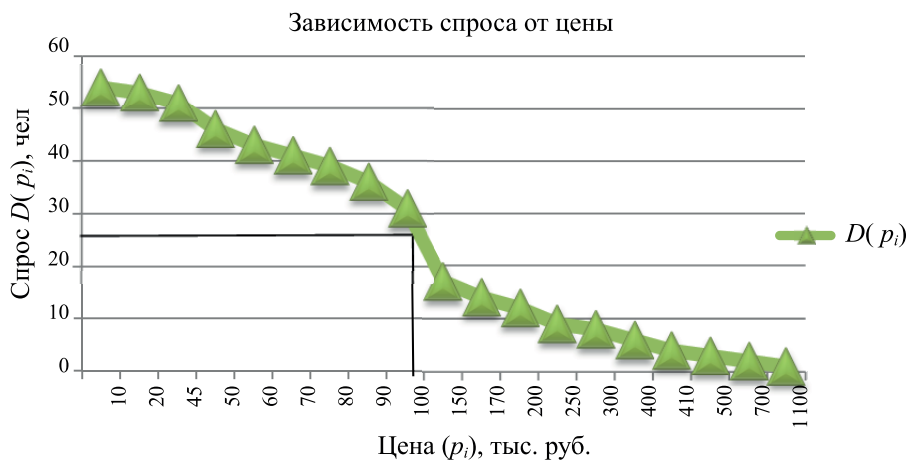


Рис. 2. Зависимость спроса от цены

Вычислим, какую цену готовы заплатить за секвенатор генов 50 % опрошенных. Для этого допустим, что каждый отрезок ломаной, заключенный между двумя точками, является прямой. Тогда уравнение любой из таких прямых записывается в следующем виде:

$$\frac{y - f(x_0)}{f(x_1) - f(x_0)} = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}. \quad (4)$$

В данном случае рассмотрим отрезок прямой, проходящей через точки $(x_0; f(x_0))$ и $(x_1; f(x_1))$, где

$$(x_0; f(x_0)) \Leftrightarrow (100; 14);$$

$$(x_1; f(x_1)) \Leftrightarrow (150; 3).$$

Также нам известно, что абсцисса точки $(x; y)$, находящейся на данной прямой, равна 27 (так как было опрошено 54 человека). Используя уравнение (4), найдем ординату точки, тем самым определим цену, по которой готовы купить предлагаемый товар 50 % опрошенных:

$$\frac{27 - 31}{17 - 31} = \frac{x - 100}{150 - 100};$$

$$\frac{4}{14} = \frac{x - 100}{50};$$

$$x = 114,3 \text{ млн руб.}$$

Таким образом, 50 % людей, участвовавших в опросе, готовы купить секвенатор генов по цене 114 млн руб. Данная точка показана на рис. 2.

Теперь найдем розничные цены, максимизирующие прибыль при пяти вариантах оптовой цены. Рассчитаем прибыль при различных значениях оптовой цены p_0 . Предполагаемые издержки при производстве секвенатора: 5, 35, 65, 95, 125 (млн руб.). Для каждого i в табл. 5 и 6 приведены произведения $(p_i - p_0) \cdot D(p_i)$, где p_0 — это издержки.

Анализируя данные табл. 4 и 5, можно отметить, что при оптовых ценах ниже 35 млн руб. максимум прибыли приходится на цену 90 млн руб. Количество организаций, купивших товар, будет составлять 36. Это 67 % всех возможных покупателей. При повышении оптовых цен от 35 до 125 млн руб. при соответствующей цене 400 млн руб. секвенатор купят 6 организаций из 54, т. е. 11 % всех покупателей.

**Расчет прибыли секвенатора
при различных значениях оптовой цены**

i	Цена p_i	f_i	Спрос $D(p_i)$	Прибыль $(p_i - 5) \cdot D(p_i)$	Прибыль $(p_i - 35) \cdot D(p_i)$	Прибыль $(p_i - 65) \cdot D(p_i)$
1	10	1	54	$5 \cdot 54 = 270$	—	—
2	20	2	53	$15 \cdot 53 = 795$	—	—
3	45	5	51	$40 \cdot 51 = 2\,040$	$10 \cdot 51 = 510$	—
4	50	3	46	$45 \cdot 46 = 2\,070$	$15 \cdot 46 = 690$	—
5	60	2	43	$55 \cdot 43 = 2\,365$	$25 \cdot 43 = 1\,075$	—
6	70	2	41	$65 \cdot 41 = 2\,665$	$35 \cdot 41 = 1\,435$	$5 \cdot 41 = 205$
7	80	3	39	$75 \cdot 39 = 2\,925$	$45 \cdot 39 = 1\,755$	$15 \cdot 39 = 585$
8	90	5	36	$85 \cdot 36 = 3\,060$	$55 \cdot 36 = 1\,980$	$25 \cdot 36 = 900$
9	100	14	31	$95 \cdot 31 = 2\,945$	$65 \cdot 31 = 2\,015$	$35 \cdot 31 = 1\,085$
10	150	3	17	$145 \cdot 17 = 2\,465$	$115 \cdot 17 = 1\,955$	$85 \cdot 17 = 1\,445$
11	170	2	14	$165 \cdot 14 = 2\,310$	$135 \cdot 14 = 1\,890$	$105 \cdot 14 = 1\,470$
12	200	3	12	$195 \cdot 12 = 2\,340$	$165 \cdot 12 = 1\,980$	$135 \cdot 12 = 1\,620$
13	250	1	9	$245 \cdot 9 = 2\,205$	$215 \cdot 9 = 1\,935$	$185 \cdot 9 = 1\,665$
14	300	2	8	$295 \cdot 8 = 2\,360$	$265 \cdot 8 = 2\,120$	$235 \cdot 8 = 1\,880$
15	400	2	6	$395 \cdot 6 = 2\,370$	$365 \cdot 6 = 2\,190$	$335 \cdot 6 = 2\,010$
16	410	1	4	$405 \cdot 4 = 1\,620$	$375 \cdot 4 = 1\,500$	$345 \cdot 4 = 1\,380$
17	500	1	3	$495 \cdot 3 = 1\,485$	$465 \cdot 3 = 1\,395$	$435 \cdot 3 = 1\,305$
18	700	1	2	$695 \cdot 2 = 1\,390$	$665 \cdot 2 = 1\,330$	$635 \cdot 2 = 1\,270$
19	1 100	1	1	$1\,095 \cdot 1 = 1\,095$	$1\,065 \cdot 1 = 1\,065$	$1\,035 \cdot 1 = 1\,035$

Таким образом, при значительном изменении оптовых цен от 5 до 125 млн руб. выгоднее оставить розничную цену ниже 35 млн руб., так как при этом мы не только сохраняем покупателей, но и получаем большую прибыль, чем при переходе на более высокую розничную цену.

На основе приведенных расчетов можно заключить, что спрос на секвенатор генов будет чувствительным к изменению цены. Данные расчеты выступают наглядным примером эластичности спроса по цене, которая показывает, на сколько процентов изменится величина спроса при изменении цены на 1 %.

Расчет прибыли секвенатора при различных издержках

i	Цена p_i	f_i	Спрос $D(p_i)$	Прибыль $(p_i - 95) \cdot D(p_i)$	Прибыль $(p_i - 125) \cdot D(p_i)$
1	10	1	54	—	—
2	20	2	53	—	—
3	45	5	51	—	—
4	50	3	46	—	—
5	60	2	43	—	—
6	70	2	41	—	—
7	80	3	39	—	—
8	90	5	36	—	—
9	100	14	31	$5 \cdot 31 = 155$	—
10	150	3	17	$55 \cdot 17 = 935$	$25 \cdot 17 = 425$
11	170	2	14	$75 \cdot 14 = 1\,050$	$45 \cdot 14 = 630$
12	200	3	12	$105 \cdot 12 = 1\,260$	$75 \cdot 12 = 900$
13	250	1	9	$155 \cdot 9 = 1\,395$	$125 \cdot 9 = 1\,125$
14	300	2	8	$205 \cdot 8 = 1\,640$	$175 \cdot 8 = 1\,400$
15	400	2	6	$305 \cdot 6 = 1\,830$	$275 \cdot 6 = 1\,650$
16	410	1	4	$315 \cdot 4 = 1\,260$	$285 \cdot 4 = 1\,140$
17	500	1	3	$405 \cdot 3 = 1\,215$	$375 \cdot 3 = 1\,125$
18	700	1	2	$605 \cdot 2 = 1\,210$	$575 \cdot 2 = 1\,150$
19	1 100	1	1	$1\,005 \cdot 1 = 1\,005$	$975 \cdot 1 = 975$

Коэффициент Херфиндала — Хиршмана показывает, что данный рынок является олигополией с высокими барьерами входа. На основе проведенных расчетов определена оптимальная розничная цена на секвенаторы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Knott T. [and others]. *The influence of fluorescent dye structure on the electrophoretic mobility of end-labeled DNA*. USA: Nucleic Acids Res, 2008, p. 2797–2802.
- [2] Зубов В.В. Приборы для чтения ДНК. URL: <http://bioinformatics.ru/Misc/genseq-roadmap.html>
- [3] Рой Л.В., Третьяк В.П. *Теория отраслевых рынков*. Москва, Инфра-М., 1997.

- [4] Rothberg J.M. *An integrated semiconductor device enabling non-optical genome sequencing et al.* USA: Nature, 2011, p. 348–352.
- [5] Базилевич А.И. *Инновационный менеджмент*. Москва, АСТ, 2009.
- [6] Зуев С.Ю. К проблеме качественной идентификации наукоемкого производства. *Вестник Томского гос. ун-та*, 2008, № 5, с. 122–126.
- [7] *Financial Report 2012 of Pacific Bioscience*. URL: <http://barfin.ru/company/pacific-biosciences-of-california/balance/ifrs/quarter/>
- [8] Орлов А.И. *Эконометрика*. Москва, Экзамен, 2002.

Статья поступила в редакцию 30.06.2014

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Горлачева Е.Н., Аникьева А.А., Плеханов В.И. Расчет оптимальной цены на высокотехнологичный товар. *Гуманитарный вестник*, 2014, вып. 4. <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/ecoleg/econom/194.html>

Горлачева Евгения Николаевна — канд. экон. наук, доцент кафедры «Промышленная логистика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: gorlacheva@yandex.ru

Аникьева Елена Анатольевна — студентка кафедры «Промышленная логистика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: anikjeva@mail.ru

Плеханов Виталий Игоревич — студент кафедры «Промышленная логистика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: Vitaliy.plekhanov@gmail.com

Calculation of the best price on high-tech goods

© E.N. Gorlacheva, A.A. Anik'eva, V.I. Plekhanov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow 105005, Russia

The main purpose of the article is to consider the innovative product market — namely, genes sequencer. We defined the type of the market and conducted a competitive analysis based on M. Porter's model. We examined the main price factors and showed the results of the calculation of the genes sequencer optimum price.

Keywords: *innovative products, market analysis, demand function, the optimal price.*

REFERENCES

- [1] Knott T. [and others]. *The influence of fluorescent dye structure on the electrophoretic mobility of end-labeled DNA*. USA: Nucleic Acids Res, 2008, pp. 2797–2802.
- [2] Zubov V.V. *Pribory dlya chteniya DNK* [Devices for reading DNA]. Available at: <http://bioinformatics.ru/Misc/genseq-roadmap.html>
- [3] Roi L.V., Tretyak V.P. *Teoriya otraslevykh rynkov* [Theory of industrial markets]. Moscow, Infra-M Publ., 1997.
- [4] Rothberg J.M. *An integrated semiconductor device enabling non-optical genome sequencing et al.* USA: Nature, 2011, pp.348–352.
- [5] Bazilevich A.I. *Innovatsionnyi menedzhment* [Innovative management]. Moscow, AST Publ., 2009.
- [6] Zuev S.Yu. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteteta — Tomsk State University Journal*, 2008, no. 5, pp. 122–126.
- [7] *Financial Report 2012 of Pacific Bioscience*. Available at: <http://barfin.ru/company/pacific-biosciences-of-california/balance/ifrs/quarter/>
- [8] Orlov A.I. *Ekonometrika* [Econometrics]. Moscow, Ekzamen Publ., 2002.

Gorlacheva E.N., Ph.D., Assoc. Professor of the Industrial Logistics Department at Bauman Moscow State Technical University. e-mail: gorlacheva@yandex.ru

Anik'eva A.A., a student of the Industrial Logistics Department at Bauman Moscow State Technical University. e-mail: anikjeva@mail.ru

Plekhanov V.I., a student of “Industrial logistics” Department, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: Vitaliy.plekhanov@gmail.com