

Применение накопленных дисконтированных величин для оптимизации развития ТЭК

А. С. Лукьянов, к.т.н. Институт энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН), г. Москва

Накопленные дисконтированные величины

Если сроки окупаемости инвестиционных проектов больше одного года, то инвесторы, при анализе эффективности, вынуждены прибегать к дисконтированию денежных потоков, т.е. приведению их к одному моменту времени.

Например, добыча нефти весьма капиталоемка, а сроки разработки месторождений измеряются десятками лет. Это заставляет инвесторов очень ответственно подходить к принятию инвестиционного решения, в частности, составлять бизнес-план на весь период разработки месторождения или действия лицензии на добычу и применять дисконтирование денежных потоков.

Общепринятым критерием стоимости проекта для инвестора является чистый дисконтированный доход (ЧДД) за весь период реализации проекта

$$\text{ЧДД} = \int_{t_0}^T \text{ПН}(t) e^{-Et} dt, \quad (1)$$

где E – коэффициент дисконтирования, t_0 – начало реализации проекта, T – момент окончания проекта, $\text{ПН}(t)$ – поток наличных

$$\text{ПН}(t) = \text{Выр}(t) - \text{Тр}(t) - \text{Нал}(t) - \text{К}(t) - \text{Зам}(t), \quad (2)$$

где $\text{Выр}(t)$ – выручка, $\text{Тр}(t)$ – транспортные затраты, $\text{Нал}(t)$ – налоги, $\text{К}(t)$ – капиталовложения, $\text{Зам}(t)$ – текущие затраты.

Согласно (1) и (2), величину ЧДД можно разложить на сумму соответствующих накопленных дисконтированных величин

$$\text{ЧДД} = \text{ДВыр} - \text{ДТр} - \text{ДНал} - \text{ДК} - \text{ДЗам}, \quad (3)$$

где

$$\text{ДВыр} = \int_{t_0}^T p(t) q(t) e^{-Et} dt, \quad (4)$$

где $p(t)$ – цена продукции,

$q(t)$ – производство продукции в натуральных величинах,

$$\begin{aligned} ДНал &= \int_{t_0}^T Нал(t) e^{-Et} dt, & ДТр &= \int_{t_0}^T Тр(t) e^{-Et} dt, \\ ДК &= \int_{t_0}^T К(t) e^{-Et} dt, & ДЗам &= \int_{t_0}^T Зам(t) e^{-Et} dt. \end{aligned} \quad (5)$$

Соотношения накопленных дисконтированных величин характеризуют проект в целом.

Введем, также, величину *ДОП* – накопленную дисконтированную операционную прибыль

$$ДОП = ДВыр - ДТр - ДНал - ДЗам, \quad (6)$$

независящую от капиталовложений.

Средние величины

Для целей принятия инвестиционного решения прогноз цены $p(t)$ можно заменить прогнозом средней цены p_{cp} :

$$p_{cp} = \frac{ДВыр}{Дq}, \quad (7)$$

где

$$Дq = \int_{t_0}^T q(t) e^{-Et} dt, \quad (8)$$

$Дq$ – накопленное дисконтированное производство.

Использование величины p_{cp} значительно облегчает, как процесс прогнозирования, так и последующую оптимизацию проекта. Если прогноз цены p не зависит от времени, то величина средней цены p_{cp} , рассчитанная по формулам (7) и (8), совпадает с величиной p , в противном случае надо учитывать, что на величину средней цены p_{cp} влияет зависимость производства $q(t)$ от времени t [5].

Пусть цена $p(t)$ и производство $q(t)$ на интервале $[0, \infty)$ имеют экспоненциальную зависимость от времени t (постоянный рост или падение):

$$\begin{aligned} p(t) &= p_0 e^{st}, \\ q(t) &= q_0 e^{-mt} \end{aligned} \quad (9)$$

где s и m – константы, тогда величина $ДВыр$ конечна и равна:

$$ДВыр = p_0 q_0 \frac{1}{E+m-s}, \quad \text{при } s < E+m.$$

Отметим, что при $s \geq E+m$ эта формула неверна, а величина $ДВыр$ бесконечна.

При $m > 0$, накопленная за бесконечное время $[0, \infty)$ добыча (извлекаемые запасы месторождения)

$$Q_0 = \int_{t_0}^{\infty} q(t) dt \quad (10)$$

конечна и равна $Q_0 = q_0/m$. Как видим, величина m – это темп отбора. При этом накопленная дисконтированная добыча равна $Дq = mQ_0/(m+E)$, а величина p_{cp} зависит от темпа отбора m

$$p_{cp} = p_0 \left(1 + \frac{s}{E+m-s} \right).$$

Так же, делением на $Дq$, могут быть введены другие средние величины, например, средние удельные операционные затраты за весь период реализации проекта.

Условия существования (конечности) накопленных дисконтированных величин

Наличие дисконтирования приводит к тому, что становится возможным рассматривать экономические задачи на бесконечном интервале времени $T = \infty$, что может быть необходимо для объектов, существующих неопределенное время (компании, отрасли).

Все компоненты разложения $ПН(t)$ (2) и $ЧДД$ (3) положительны (неотрицательны), а сами поток наличных $ПН(t)$ и чистый дисконтированный доход $ЧДД$ могут быть отрицательными, но для эффективного экономического объекта $ЧДД > 0$. Следовательно, для эффективного объекта накопленная дисконтированная выручка $ДВыр$ разлагается в сумму положительных слагаемых:

$$ДВыр = ДЗат + ДК + ДТр + ДНал + ЧДД, \quad (11)$$

в этом случае значение $ДВыр$ больше любого слагаемого, в частности

$$ДК < ДВыр. \quad (12)$$

Таким образом, если интеграл (4) от $Выр(t)$ сходится, то и остальные интегралы (5) сходятся.

Оценим условия, при которых величина *ДВыр* конечна. Если средняя цена продукции $p(t)$ ограничена (в неизменных долларах) и величина Dq (8) ограничена, то и *ДВыр* конечна. Величина Dq ограничена для добычи невозобновляемого ресурса, но не только.

Когда цена $p(t)$ растет не быстрее, чем с темпом s ,

$$p(t) \leq p_0 e^{st}, \quad (13)$$

то для невозобновляемого ресурса с исчерпанием постоянным темпом m (9) условием конечности величины *ДВыр* является неравенство

$$s < E + m. \quad (14)$$

Теперь рассмотрим неограниченное производство. Примем, что капиталовложения с некоторого момента τ растут не быстрее, чем с темпом θ ,

$$K(t) = K_0 \cdot e^{\theta(t-\tau)}, \quad t \geq \tau. \quad (15)$$

Натуральный выпуск продукции (услуг) $q(t)$ удовлетворяет уравнению

$$\frac{dq}{dt} = \frac{K(t)}{k} - mq, \quad (16)$$

где k – капиталоемкость единичной мощности,

m – темп выбытия мощностей.

В этом случае, для конечности *ДВыр*, кроме условия (14), требуется выполнение условия

$$s + \theta < E. \quad (17)$$

Учтем, что для производства, не связанного с ограниченным ресурсом, не видно причин неограниченного роста цены. Если величина θ мала, то условие (17) для зрелых производств обычно выполняется. Новая технология может развиваться очень быстрыми темпами, но условия (14) и (17) должны выполняться на временном интервале $[\tau, \infty)$, когда уже технология стала старой.

Горизонт планирования

Сходимость интеграла (4) при $T = \infty$ означает, что каждому $\varepsilon > 0$, существует такой момент времени t_ε , что

$$\left| \int_{t_0}^{t_\varepsilon} p(t) \cdot q(t) \cdot e^{-Et} dt - \text{ДВыр} \right| < \varepsilon,$$

т.е. экономическую задачу можно рассматривать на конечном интервале времени $[0, t_\varepsilon]$, зависящем от темпов роста цены и капиталовложений и от параметра m . События, которые могут произойти после момента t_ε , не имеют значения для принятия текущих решений ни инвесторами, ни государством. Но они, конечно, будут важны для наших потомков, но у них будет и время, и деньги, чтобы к ним подготовиться и своевременно принять нужные решения.

Критерий оптимизации для инвестора

Задача оптимизации одного инвестиционного проекта является лишь частью более общей задачи оптимизации совокупности проектов. Даже если мы оптимизировали отдельный проект, остается вопрос, впишется ли это решение в решение для совокупности проектов, в частности тот ли критерий мы максимизировали (минимизировали). Известно, что при наличии общего (суммарного по проектам) ограниченного ресурса критерий оптимизации для отдельного проекта (функция Лагранжа) не совпадает с функцией цели ЧДД.

Для инвестора таким ограниченным ресурсом могут быть суммарные накопленные дисконтированные капиталовложения ДК. В этом случае функция Лагранжа L примет вид

$$L_f = \text{ЧДД} - f \cdot \text{ДК} \quad (18)$$

или

$$L_f = \text{ДОП} - (1+f) \cdot \text{ДК}, \quad (19)$$

где $f \geq 0$ – множитель Лагранжа (скаляр).

Величина f принимает нулевое значение, если ограничение на ДК не активно, т.е. инвесторы способны осуществить все проекты в экономике, для которых $\text{ЧДД} > 0$. Замыкающие проекты в этом случае имеют $\text{ЧДД} = 0$, величина ЧДД для всех проектов максимальна.

В остальных случаях, возникает проблема наиболее эффективного распределения капиталовложений по проектам.

Величину f можно называть замыкающей эффективностью капиталовложений [2], она имеет три функции замыкающих величин [1]. Во-первых, величина f служит параметром оптимального решающего правила. Во-вторых, прирост суммарной функции цели ЧДД при единичном приросте суммарных капиталовложений ДК (производная) равен f . Наконец, в-третьих, если каждый независимый проект оптимизировать по критерию L_f , то реализуется

оптимальное распределение суммарных капиталовложений $ДК$ между проектами, дающее максимальное значение суммарному $ЧДД$. Критерий $L_f > 0$ дает необходимые и достаточные условия реализации проекта для заданного f . Проект, или мероприятие в составе проекта, принимается, только тогда, когда выполняется условие эффективности на приращения

$$\Delta ЧДД > f \cdot \Delta ДК. \quad (20)$$

Характеристика «ДК-ЧДД»

Для месторождения, как инвестиционного проекта, может быть построена характеристика «ДК-ЧДД», весьма полезная для инвестора [2]. Если выполняются условия (14) и (17), то такая характеристика может быть построена и для более крупного экономического объекта.

Характеристика строится под определенный сценарий развития событий, в том числе под определенную налоговую систему.

Если имеется оптимизационная модель компании или отрасли, то можно провести серию расчетов с критерием L_f для широкого интервала значений величины f . Нанеся полученные оптимальные точки на график с осями $ДК$ и $ЧДД$, и соединив их отрезками прямых, получим характеристику «ДК-ЧДД» экономического объекта. Это будет растущая функция $ЧДД(ДК)$ с убывающей положительной производной (выпуклая вверх).

Такую характеристику можно построить и для отдельного нового проекта. Если он не эффективен, то она состоит из одной точки $ДК=0, ЧДД=0$.

Простейшая линейная эффективная характеристика состоит из двух точек $(0,0)$ и $(ДК, ЧДД)$, где $ДК > 0, ЧДД > 0$. Точка $(0,0)$ оптимальна при $f \geq f_n = ЧДД/ДК$, а вторая точка при $0 \leq f \leq f_n$. Даже если отдельные проекты имеют простейшую характеристику, уже совокупность нескольких проектов имеет выпуклую (вверх) кусочно-линейную характеристику «ДК-ЧДД».

Для нефтяного или газового месторождения проект разработки имеет нелинейную выпуклую (вверх) характеристику «ДК-ЧДД» достигающую максимума. В общем случае характеристика «ДК-ЧДД» может иметь и прямолинейные, и гладкие нелинейные участки.

В детерминированном случае (т.е. без учета рисков) распределение капиталовложений $ДК$ между экономическими объектами любой величины (проекты, компании, отрасли и т.д.), должно производиться так, чтобы достигался максимум критерия $L_f > 0$ для всех объектов при одинаковой f . Если это не так, то возможен переток капиталовложений от одного объекта к другому увеличивающий величину суммарного $ЧДД$.

Зная характеристику «ДК-ЧДД», можно построить характеристику «ДК- f » (как производную) и обратную ей характеристику « f -ДК». Если величина f задана, то характеристики « f -ДК» проектов дают прямой ответ о распределении капиталовложений ДК между независимыми проектами и о суммарном ДК.

Условия существования максимума функции цели ЧДД

При каких условиях величина $ДВыр$ может расти до бесконечности при увеличении капиталовложений ДК? Для этого нужно, например, чтобы условие (17) неограниченно приближалось к равенству. Если величины $ДЗат$, $ДНал$ и $ДТр$ растут не быстрее величины $ДВыр$, то в этом случае и величина $ДОП$ (6) неограниченно растет.

Наоборот, если при любом развитии событий выполняются условия для некоторого $\delta > 0$

$$E-s-\theta \geq \delta, \quad E+m-s \geq \delta, \quad \frac{ke^{E\tau}}{K_0} \geq \delta,$$

то величина $ДВыр$ ограничена константой на всем бесконечном интервале времени. При $ДК \geq ДВыр$ величина ЧДД находится в отрицательной области, следовательно, если существует положительная точка $ЧДД > 0$, то существует точка максимума характеристики «ДК-ЧДД».

Двухэтапная процедура оптимизации налогов

При оптимизации налоговой системы необходимо учитывать отклик инвесторов на изменения налогов и введение налоговых льгот.

Процедура должна быть двухэтапной. Сначала предлагаются некоторые изменения в налогах. Затем оцениваются изменения в поведении инвесторов и вычисляются соответствующие изменения в сборе налогов. Теперь можно ставить задачу о выборе такой налоговой системы и льгот, которые дадут максимум целевому критерию.

Кроме того, льгота должна реализовываться только после того, как инвестор выполнит связанные с ней условия. Такой подход может быть эффективным, если инвесторы будут уверены в том, что договоренности о льготе не будут пересмотрены. Для этого налоговая система и формулы льгот должны быть прописаны в законе с оговоркой о неухудшении налогового режима на весь срок реализации инвестиционного проекта. Иначе, принимая инвестиционное решение, инвесторы исходят из наихудших предположений.

Критерий оптимизации налоговых льгот

Опираясь на критерий L_f или на характеристики «ДК-ЧДД» компаний можно реализовать двухэтапную процедуру оптимизации налогов.

Например, пусть ищется доля выручки n , идущая на налоги, и надо максимизировать величину $ДНал$ [3]. Можно построить характеристику « n - $ДНал$ ». При $n=0$ налогов не будет, но будут максимальные капиталовложения $ДК$ со стороны инвесторов. При $n=1$ не будет ни $ДК$, ни добычи (производства), ни налогов. Но при каком-то значении n характеристика « n - $ДНал$ » будет иметь максимум, который будет зависеть от принятых инвесторами значений f .

Если эту процедуру применять к каждому i -му проекту в отдельности, то у каждого будет своя оптимальная величина n_i и суммарные налоги $ДНал$ будут выше, чем при общем значении n для всех проектов. Рассмотрим проблему эффективности индивидуальных налоговых льгот.

Обозначим $ДНСТ$ – накопленные дисконтированные налоги при стандартном налогообложении, а $ДЛ$ – накопленные дисконтированные льготы, тогда

$$ДНал = ДНСТ - ДЛ . \quad (21)$$

Будем считать величину $ДЛ$ ограниченным ресурсом. Тогда критерием выбора применения льготы именно для данного проекта будет условие $L_f > 0$, где

$$L_f = ДНал - f_L ДЛ \quad (22)$$

критерий оптимизации льгот для государства (в узком смысле), где f_L – замыкающая эффективность льгот [4]. Если государство не может устанавливать налоговые льготы каждый раз, когда они в перспективе приводят к росту налогов $\Delta ДНал > 0$, то оно должно в долгосрочной перспективе установить пороговое значение величины эффективности f_L и применять льготы тогда и только тогда, когда

$$\Delta ДНал > f_L \Delta ДЛ . \quad (23)$$

Например, имеет смысл давать налоговую льготу небольшому месторождению на строительство дороги и ЛЭП, если это приведет к тому, что это месторождение будет введено в разработку и от него начнут поступать налоги (в количестве, многократно превышающем размер льготы).

Высокое значение величины f_L гарантирует возврат кредита, если бюджет будет вынужден его взять, чтобы предоставить налоговые льготы.

Критерий оптимизации для общества

В общественную функцию цели $Об$ входят, во-первых, функции цели инвесторов $ЧДД$ и государства $ДНал$, а также накопленная дисконтированная заработная плата $ДЗП$. Во-вторых, в общественной функции цели используется мультипликатор μ капиталовложений. Так как налоги в определенной доле тоже используются на капиталовложения, то можно ввести мультипликатор μ_n налогов

$$Об = ЧДД + ДНал + ДЗП + \mu ДК + \mu_n ДНал. \quad (24)$$

Если $\mu > 1$, то возникает парадокс: чем больше капиталовложений, тем лучше, вне зависимости от их эффективности. Например, такими капиталовложениями может быть «проклятие нулевого цикла». Капиталовложения, за счет мультипликатора, действительно во время кризиса могут улучшить состояние экономики, но как выбрать наиболее эффективные проекты?

Если учесть ограниченность капиталовложений и льгот, перейдя к критерию Лагранжа, то общественным критерием оптимизации будет:

$$L_{Об} = L_f + L_\Gamma + ДЗП + \mu ДК + \mu_n ДНал \quad \text{или} \\ L_{Об} = ДОП + (1 + \mu_n) ДНал + ДЗП - (1 + f - \mu) ДК - f_\Gamma ДЛ \quad (25)$$

т.е. в общественный критерий оптимизации входит сумма критериев оптимизации для инвестора и для государства. Следует принимать только проекты с $L_{Об} > 0$.

Чтобы с капиталовложениями не было парадокса, коэффициент при $ДК$ должен быть отрицательным, т.е.

$$\mu < 1 + f. \quad (26)$$

Выводы

1 Использование накопленных дисконтированных величин позволяет принимать решения с учетом их долговременных последствий.

2 Критерием оптимизации с точки зрения инвесторов должен быть капиталосберегающий критерий $L = ЧДД - f \cdot ДК$, где $f \geq 0$, множитель Лагранжа, замыкающая эффективность капитала.

3 Критерий L отбирает только те мероприятия, которые обладают необходимой эффективностью капиталовложений f , в частности дает необходимые и достаточные условия реализации инвестиционного проекта.

4 Для разных по масштабам экономических объектов (проект, компания, отрасль, энергетика и т.д.) могут быть построены характеристики «ДК-ЧДД».

5 Для объектов с ограниченными ресурсами (добыча нефти, газа, угля и т.д.) характеристика «ДК-ЧДД» нелинейна уже на уровне отдельного проекта, в остальных случаях по крайней мере с уровня нескольких проектов (компаний).

6 С точки зрения государства (Минфина) надо оптимизировать критерий $L_{Г} = ДНал \cdot f_{Л} \cdot ДЛ$, где $f_{Л} \geq 0$ – замыкающая эффективность налоговых льгот.

7 Критерий $L_{Г}$ отбирает наиболее эффективные льготы, при условии учета изменения поведения инвесторов в связи с объявлением льгот (двухэтапная постановка).

8 Зная набор характеристик «ДК-ЧДД» для разных значений льгот, можно построить характеристику «ДЛ-ДНал», имеющую максимум.

9 Общественная целевая функция при мультипликаторе $\mu > 1$ приводит к неправильным решениям. Следует оптимизировать функцию Лагранжа $L_{об}$ с отрицательными коэффициентами при ДК и ДЛ.

10 Средние величины следует рассчитывать, как отношения накопленных дисконтированных величин.

Литература

1. Нефть в структуре энергетики. Научные основы долгосрочного прогнозирования. Под редакцией В.И.Эскина. – М.: Наука, 1989 г., 266 С.
2. Лукьянов А.С. Учёт замыкающей эффективности капитала при планировании добычи углеводородного сырья. // «Известия РАН. Энергетика», № 4, 2010. с. 133-148.
3. Лукьянов А.С. Влияние тарифных и налоговых льгот на развитие нефтедобычи в Восточной Сибири // Объединенный симпозиум Энергетика России в XXI веке: Стратегия развития – восточный вектор (всероссийская конференция), 2010 г., ИСЭМ СО РАН.
4. Лукьянов А.С. Доклад на международной конференции «Энергетическая кооперация в Азии: Риски и барьеры» (АЕС2012) «Влияние инфраструктурных затрат на развитие нефтедобычи в Восточной Сибири». Россия, Иркутск, август 2012 г.
5. Лукьянов А.С. Доклад на Шестой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2012) «Инвестиционная модель месторождения нефти». Россия, Москва Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, октябрь 2012 г.