

# К вопросу определения оптимального периода долгосрочного планирования для горнодобывающих предприятий

**С.Б. Никишичев**, к.э.н., директор, *International Economic and Energy Consulting Limited* (IEEC)

**А.А. Твердов**, к.т.н., горный инженер, IEEC

**А.В. Жура**, к.э.н., консультант по экономике и маркетингу, IEEC

**П**ри проектировании горного предприятия одним из наиболее важных вопросов является определение оптимального периода технико-экономического планирования, от правильного выбора которого зависит как точность принимаемых решений, так и инвестиционная привлекательность проекта.

Оптимальный период технико-экономической оценки горного проекта обычно составляет 20 лет, что объясняется минимальным влиянием денежных потоков, формируемых за указанным горизонтом на NPV (*Net Present Value* – чистая текущая стоимость) проекта, вследствие фактора дисконтирования. Выбор данной величины периода содержится в рекомендациях по проведению оценки компаний согласно международным стандартам. Однако этот срок не является универсальным для всех месторождений и горных производств и зависит от множества параметров.

Среди главных факторов, определяющих оптимальный период планирования производственной деятельности горного предприятия, следует выделить:

- вид полезного ископаемого и область его применения;
- экономическую эффективность проекта, включая накопленный дисконтированный денежный поток;
- период окупаемости инвестиций;
- обеспеченность предприятия извлекаемыми (эксплуатационными) запасами;
- производственную мощность горного предприятия;
- техническую и технологическую возможность обеспечивать необходимый уровень добычи;
- долгосрочный прогноз рыночной конъюнктуры добываемого сырья (объемы рынка и рыночная стоимость);
- срок службы основных фондов;
- сырьевую зависимость от предприятия смежных производств (на уровне холдинга, межотраслевом уровне и т.д.);
- социальные аспекты (роль предприятия в экономике государства, региональной экономике, рынке труда и т.д.);
- обороноспособность и геополитическая независимость государства (разработка стратегически важных видов сырья: уран, титан, золото, платина, германий и т.д.);
- внешние и внутренние риски проекта (включая погрешность проектных исследований).

Все вышеуказанные факторы так или иначе могут быть ключевыми при определении производственной мощности, а также периода планирования работы горного предприятия. В значительной степени эти факторы взаимосвязаны.

В данной статье основное внимание уделяется определению рационального периода к планированию с точки зрения надежности и обоснованности исходных данных, представляющих основу для технико-экономической оценки проекта развития горного предприятия.

Горное предприятие, как и любое другое производство, действующее в рыночной экономике, базируется на фундаментальном принципе – обеспечение максимальной экономической эффективности. При этом главными критериями экономической эффективности инвестиций в горное производство служат такие показатели, как внутренняя норма доходности, период окупаемости, накопленный дисконтированный денежный поток. Кроме этого, инвесторы используют такие критерии как срок окупаемости, индекс прибыльности (инвестиций) и другие.

Определение вышеуказанных показателей носит характер многоэтапной технико-экономической оценки, в которой роль горного инженера не менее, а даже более значима, чем экономиста. В конечном счёте именно инженерный работник определяет натуральные показатели производственной деятельности горного предприятия, такие как: объемы добычи и вскрыши, объемы подготовительных и нарезных работ, объемы капитальных работ, выход концентрата, потреб-

**IMC Montan**

Консультационные услуги  
для горнодобывающей и перерабатывающей  
промышленности

**Горно-геологический аудит**  
Отчет компетентного лица (CPR/MER),  
оценка запасов, Due Diligence

**Технический консалтинг**  
технико-экономические обоснования (Feasibility Studies),  
развитие горных компаний, оптимизация горных работ.

**Социально-экономические проекты**

[www.imcmontan.ru](http://www.imcmontan.ru)

Мы будем рады встретить вас  
в нашем Московском офисе:  
125047, Москва, ул. Чайнова, д.22, стр.4,  
Тел. +7(495)250-67-17,  
факс: +7(495)251-59-62  
E-mail: [consulting@imcgroup.ru](mailto:consulting@imcgroup.ru)

**IEEC Mining**

WYG International  
www.wyg.com

ление материалов и энергоресурсов и т.д. Совместная задача инженеров-рабочников и экономистов – определить оптимальный по комплексу технико-экономических факторов сценарий развития горного производства.

Процесс проектирования горного производства опирается на методы математического моделирования и аналогий, что неизбежно приводит к погрешностям определения производственно-технических показателей, используемых в моделях денежных потоков.

Определение финансовых параметров модели денежных потоков (ставка дисконтирования, рыночные цены на сырье и т.д.) также носит прогнозный (приближенный) характер. Таким образом, на каждом этапе технико-экономического моделирования и планирования создаются погрешности. При этом отдельные параметры модели денежных потоков не являются равнозначными. В ходе проведения вычислений с использованием исходных данных, входящих в модель денежных потоков, необходимо принимать во внимание количество верных цифр, характеризующих их относительную точность.

В общем случае нужно стремиться, чтобы точность расчетов на отдельных этапах технико-экономической оценки имела один и тот же порядок. Совершенно логично, что точность любых экономических моделей горных проектов не может превышать точности исходных данных. Тем не менее в ряде случаев собственник предприятия нацелен на максимизацию накопленных денежных потоков, в том числе за счет увеличения периода оценки без учета точности проектных решений по разработке месторождения. Такой подход логичен, однако не всегда правилен, поскольку увеличивает инвестиционные риски. При этом зачастую на ранних стадиях оценки инвесторы просят провести достаточно детальные расчеты отдельных финансовых показателей, точность расчетов которых на данной стадии не может быть обеспечена соответствующими техническими расчетами. Как отмечал академик А.Н. Крылов, в практике вычислений имеются примеры, когда 90% работы затрачивается впустую на выписывание ненужных и неверных цифр, превышающих рациональную точность вычислений.

Согласно экспертных оценок и двадцатилетнего опыта работы *IEEC* в СНГ (группа *IMC Montan*), стандартная погрешность экономических показателей типичного проекта горных работ составляет 10–15% для стадии *Feasibility Study* (аналог российского ТЭО), 25–40% для стадии *Pre-Feasibility* (аналог российского пред-ТЭО), до 70% для стадии *Scoping Study*.

Стадия *Pre-Feasibility* обычно считается необходимой для принятия инвестиционных решений.

В некоторых случаях погрешность проектирования может быть снижена до 5–10%, но такая точность достижима, как правило, для действующих производств, имеющих детально проработанную рабочую документацию, скорректированную на фактическое состояние производства.

Традиционный критерий принятия решения об эффективности инвестиций в горные проекты представляется суммой

$$NPV_t + TV, \quad (1)$$

где:  $NPV_t$  – чистый дисконтированный доход недропользователя, рассчитанный на период охваченный календарным планированием  $t$ ;  $TV$  – терминальная стоимость (остаточная стоимость).

**Табл. 1** Сопоставление погрешности различных стадий проектирования с соотношением  $TV/NPV$

Уровень проектных работ	Средняя погрешность проектирования	Минимальная обеспеченность запасами	Отношение $TV/NPV$
<i>Scoping study</i>	более 50%	17 лет	26.6%
<i>Pre-feasibility</i>	±25–40%		
<i>Feasibility</i>	±10–15%		
<i>Detailing Engineering</i>	±5–10%		

Если  $NPV$  характеризует горизонт планирования, охваченный детальными оценками, то терминальная стоимость проекта выражает потенциал месторождения. Как правило, терминальная стоимость не относится к обязательному элементу расчета, тогда как  $NPV$  рассчитывается всегда и служит базовым показателем инвестиционной привлекательности объекта.

Таким образом,  $NPV_t$  характеризует экономическую эффективность проекта и должен рассчитываться на период, который является обоснованным с точностью, соответствующей стадии исследования, а  $TV$  характеризует только потенциал развития месторождения и увеличения капитализации за счет повышения детальности технико-экономической проработки проекта.

Если терминальная стоимость оказывает влияние на увеличение горизонта планирования, то она должна принимать положительные значения. В данном случае она рассчитывается исходя из значения денежного потока последнего года планирования без учёта расходов на ликвидацию предприятия и выражает потенциал продления срока рентабельной эксплуатации предприятия.

В зависимости от целей методологии и оценки, терминальная стоимость может быть рассчитана как на остаток запасов, не охваченный детальным планированием, так и на горизонт бесконечности.

При планировании производственной деятельности предприятия важным условием становится обеспечение положительной величины накопленных денежных потоков по проекту.

Таким образом, для определения достаточности извлекаемых запасов (периода планирования) для принятия инвестиционного решения может быть предложен критерий:

$$\text{ошибка в редакции} \quad \text{правильно: } NPV_t - \Delta_{\text{пред}} > 0, \quad (2)$$

где:  $\Delta_{\text{пред}}$  – предельная погрешность технико-экономической оценки.

Предельная погрешность может быть найдена от среднеквадратической погрешности. Для определения предельной погрешности можно использовать зависимость

$$\Delta_{\text{пред}} = t \cdot \Delta_{\text{сред}}$$

где:  $\Delta_{\text{сред}}$  – среднеквадратическая погрешность;  $t$  – критерий надёжности.

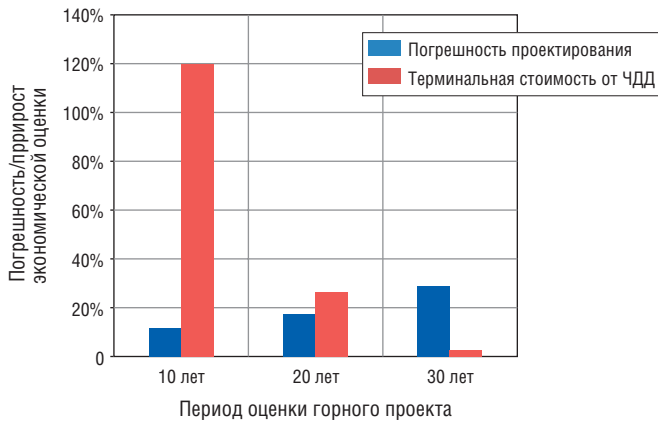
Для экономических расчётов целесообразно придерживаться значений  $t = 1.6-2$ , что соответствует вероятности не превышения предельной погрешностью указанной величины на уровне 90–95%. При необходимости более точных расчётов предельная погрешность может быть определена с учетом трехсигмового предела.

В свою очередь, в соответствии с принципами математических вычислений, нецелесообразно придерживаться точности округления отдельных параметров выше  $\frac{1}{2}$  абсолют-

**Табл. 2** Сопоставление типичных погрешностей проектирования с показателями экономического моделирования

Обобщенные оценки российских исследователей		Моделирование <i>IMC Montan / IEEC</i>	
Период оценки	Предельная погрешность проектирования	Средняя погрешность проектирования*	Отношение TV/NPV
10 лет	±20%	±12%	123.8%
до 20 лет	±30%	±17%	26.6%
более 20-30 лет	±50%	±29%	1-4%

\* Рассчитана от величины предельной погрешности



**Рис. 1** Сопоставление погрешности проектных решений и терминальной стоимости

ной погрешности их определения (верные числа – «заслуживающие доверия»).

Таким образом, для определения оптимальности величины извлекаемых запасов (горизонта планирования) может быть предложен критерий

$$\frac{NPV_t + TV}{NPV_t} = 1 + \frac{1}{2} \cdot \Delta_{пред} = 1 + (0.8 \div 0.9) \cdot \Delta_{сред} \quad (3)$$

Ниже приводится практический пример анализа достаточности извлекаемых запасов небольшого месторождения с учётом вышеприведенных критериев.

- календарный план горных работ, а также показатели капитальных затрат, себестоимости добычи и переработки – согласно проектных исследований (уровня *Pre-Feasibility*);
- ставка дисконтирования – согласно специфики сырья и экспортной оценки рисков;
- $NPV_t$  проекта оцененных на объем извлекаемых запасов в контурах, охваченных геологоразведочными работами;
- терминальная стоимость (TV) рассчитывалась за период, превышающий срок обеспеченности извлекаемыми запасами (17 лет).

Как видно из табл. 1, соотношение TV/NPV сопоставимо с погрешностью, соответствующей стадии *Pre-Feasibility*.

**Табл. 3** Чувствительность проекта к изменению параметров экономического моделирования

Параметр	Значение NPV при изменении исходных параметров						
	-30%	-20%	-10%	Базовый вариант	10%	20%	30%
Объем добычи / товарная продукция	-55%	-37%	-18%	100%	18%	37%	55%
Капитальные затраты рудника	2%	1%	1%		-1%	-1%	-2%
Себестоимость добычи	5%	3%	2%		-2%	-3%	-5%
Цена товарной продукции	-86%	-57%	-29%		29%	57%	86%
Ставка дисконтирования	57%	35%	16%		-14%	-26%	-36%

Таким образом, обеспеченность запасами достаточна для принятия инвестиционного решения, т.к. выполняется условие (2).

В свою очередь, оптимальный период планирования для рассматриваемого примера, рассчитанный по критерию (3), составит – 23 года.

Дальнейшее увеличение периода планирования хотя и приведет к росту NPV, однако будет необоснованно с

точки зрения надежности исходных данных. Совершенно очевидно, что, независимо от детальности проектных решений погрешность проектирования имеет тенденцию к росту с увеличением горизонта планирования горных работ.

Проблемам применения вероятностных методов и теории ошибок в различных областях горного дела были посвящены исследования российских ученых, в том числе Д.И. Шитова, М.А. Ревазова, В.Н. Попова, Н.В. Мельникова, А.М. Арсентьева, Г.А. Холодникова и других. В.С. Хохряковым были определены наиболее типичные величины погрешностей проектирования горных предприятий, соответствующие различным горизонтам планирования.

На основании обобщенных исследований российских ученых *IMC Montan / IEEC* провело сопоставление типичных погрешностей проектирования с показателями экономического моделирования рассматриваемого месторождения (табл. 2). Как видно из табл. 2, средняя погрешность проектных решений, характерная для горизонта планирования 20–30 лет, примерно в 9 раз превышает прирост NPV проекта за счет увеличения периода планирования с 20 до 30 лет.

Оптимальная величина построения денежных потоков в рассматриваемом случае будет также близка к 20 годам.

Следует подчеркнуть, что указанные выводы по оптимальности периода оценки в 20–23 года относятся только к рассматриваемому месторождению. При изменении исходных параметров экономической модели (капитальных затрат, годового объема и т.д.) достаточный и оптимальный периоды оценки будут также изменяться, ввиду изменения соотношения TV/NPV. Как правило, проектам с большим периодом окупаемости соответствует и больший оптимальный срок планирования.

Как уже было сказано, погрешность проектирования – величина, накапливаемая и складывающаяся из погрешности прогнозирования отдельных показателей проекта (объем добычи, качество товарной продукции, отпускная цена товарной продукции и т.д.), которые представляют собой неравноточные показатели.

В некоторых случаях погрешность отдельно взятого исходного параметра существенно превышает погрешности определения других показателей проекта.

Таким образом, оптимальный период планирования целесообразно ограничивать тем годом, за который прирост NPV проекта становится существенно меньше совокупного влияния погрешностей.

Для более объективного анализа обеспеченности извлекаемыми запасами *IMC Montan / IEEC* провело тест на чувствительность изменения NPV к ключевым показателям рассматриваемого проекта (табл.2).

Из табл. 3 видно, что NPV наиболее чувствителен к объему добычи (сбыту товарного продукта), цене товарной

продукции и ставке дисконтирования. При этом на рассматриваемой стадии исследования выход товарной продукции характеризуются наибольшей погрешностью прогнозирования, которая по экспертному мнению составляет примерно 10%.

Изменение указанных показателей на 10%, приводит к изменению NPV на 18–29%, что может расцениваться как погрешность проекта по фактору точности прогнозирования выхода товарной продукции. Данная величина сопоставима с приростом экономической оценки за счет терминальной стоимости при увеличении горизонта планирования относительно базового.

Таким образом, в рассматриваемом примере, оптимальный объем запасов должен обеспечить производственную деятельность на период 20–25 лет, однако минимальный прогнозный объем извлекаемых запасов месторождения (17 лет) достаточен для проведения объективной экономической оценки проекта и надежного планирования горных работ.

Запасы же, отрабатываемые за период, превышающий 25 лет, не дают существенного прироста к экономической оценке проекта по освоению месторождения и выходят за рамки точности проектных исследований. Тем не менее, они характеризуют потенциал для развития компании, включая наращивание добычи сверх проектных показателей, а также устойчивость проекта к рискам неподтверждения геологических запасов.

Можно резюмировать, что оптимальный период проведения технико-экономической оценки горного проекта индивидуален для каждого случая и определяется:

- ошибкой проектных решений на горизонте планирования;
- точностью долгосрочного прогноза цен и объемов сбыта для минерального сырья;

- увеличением NPV проекта при увеличении срока планирования;
- перспективой расширения производства.

Среди вопросов, требующих отдельного решения, находится разработка обоснованных алгоритмов и методик как для определения погрешностей отдельных показателей проекта разработки месторождения, так и погрешности экономической оценки проекта.

Учитывая, что поведение рынка обусловлено рядом субъективных факторов, не всегда поддающихся строгому математическому прогнозу, разработка данных алгоритмов должна предполагать широкую автономию эксперта в оценке погрешностей для ряда ключевых параметров (цены, объемы рынка и т.д.).

Следует отметить, что как в России, так и за рубежом, вопрос выбора оптимального периода планирования находится в стадии дискуссии. Опыт оценки *IMC Montan / IEEC* горнодобывающих предприятий согласно наиболее распространенной международной системы классификации-Кодексу показывает, что существенная роль выбора срока планирования возлагается на Компетентных Лиц, которые, исходя из своего опыта и располагаемой информации, определяют период планирования для конкретного предприятия без существенных регламентирующих указаний, кроме комментариев к Кодексу. На практике это приводит к нарушению равновесия к подходам оценки для разных компаний и месторождений.

Возможно, методология определения оптимального периода планирования будет одним из ключевых вопросов, подлежащих решению при гармонизации систем оценки запасов по Российским стандартам и по международным стандартам, включая CRIRSCO, SAMREC, JORC и др.