

Разработка оптимальных управленческих решений на основе портфельной теории

Матиив Виталий Михайлович
РГУ Нефти и Газа им. И. М. Губкина
matiiiv@matiiiv.ru

Проблема выбора оптимальной совокупности инвестиционных проектов занимает центральное место среди задач, с которыми сталкиваются нефтегазовые компании (далее НГК). Объекты реального инвестирования образуют инвестиционный портфель НГК. В его состав могут включаться, как проекты, связанные с разработкой новых месторождений, мероприятия по повышению нефтеотдачи или геологоразведочные работы. Задача ЛПР¹ состоит в определении набора инвестиционных проектов, который в наибольшей степени обеспечивает эффективное и устойчивое развитие на заданном горизонте планирования.

Задача осложняется тем, что деятельность на стадиях разведки, разработки и добычи сопряжена с рисками, т.е. со значительной неопределённостью конечных результатов производственной деятельности. Неопределённость, связанная с развитием во времени ключевых переменных проекта вынуждает современную теорию решений отходить от детерминированных критериев эффективности, заменяя их стохастическими оценками. Смежные технические дисциплины, например геология, к настоящему времени выработали подходы, позволяющие в вероятностном формате характеризовать основные источники технологической неопределённости. На основе вероятностной характеристики внутреннего и внешнего окружения проекта можно использовать методы Монте-Карло для расчёта распределения вероятностей показателей эффективности проекта. Задача принятия решений трансформируется из детерминированной в стохастическую.

В условиях вероятностной неопределённости основной задачей в выборе решений является максимизация, как экономических эффектов, так и вероятности их осуществления. Соответственно, в отношении риска должна выполняться параллельная задача - минимизация возможных потерь и снижение вероятности их появления в ходе реализации инвестиционной программы.

Проблема состоит в том, что, имея набор проектов, ЛПР сталкивается с необходимостью рассматривать множество их комбинаций. Например, на основе только десяти инвестиционных проектов, число возможных сочетаний составит более тысячи, а именно – 1023^2 . Если нефтегазовая компания рассматривает возможность долевого участия в совместных проектах, пространство выбора будет содержать бесконечное число решений.

В условиях многообразия инвестиционных альтернатив является необходимым сокращение пространства выбора. В этих целях оправданным является использование теории Марковица, которая находит широкое применение в нефтегазовой промышленности [1-9,17]. Несмотря на то, что в исходном виде она была разработана для финансовых рынков, её адаптация к управлению реальными активами является оправданной, что подтверждается успешным опытом её применения в отечественных и зарубежных НГК. В теории Марковица активы характеризуются парой значений – математическим ожиданием и дисперсией чистого дисконтированного дохода. Портфели, представляющие собой совокупность активов характеризуются теми же показателями. Применительно к задачам принятия решений в нефтегазовой сфере основные положения данной теории формулируются следующим образом:

1. ЧДД актива является случайной величиной. Детерминированной характеристикой доходности актива является оЧДД;

¹ ЛПР – лицо принимающее решение

² Если число исходных проектов составляет n , то полное число целочисленных комбинаций составит $2^n - 1$ с учётом того, что портфель с нулевыми долями проектов не рассматривается.

2. ЧДД портфеля является совокупностью (суммой) случайных величин, в силу чего доходность портфеля также является случайной величиной. Соответственно детерминированный эквивалент доходности портфеля является суммой оЧДД проектов, входящих в него;
3. Индивидуальный риск портфеля определяется величиной дисперсии. В этой связи, величина портфельного риска зависит не только от дисперсии активов, входящих в портфель, но также от взаимных корреляций между ними;
4. Совокупный риск портфеля не соответствует сумме рисков по активам, его образующих;
5. Инвестор не склонен к риску – из двух портфелей с равной доходностью он предпочитает портфель с наименьшим риском.

Последнее утверждение является очень важным, т.к. центральным понятием портфельной теории является понятие эффективного портфеля, которое состоит в том, что портфель является таковым, если ни один другой не имеет меньшего риска при схожем или большем уровне доходности. В теории Марковица поиск оптимального портфеля осуществляется решением задачи (1).

$$(1) \begin{cases} D\left(\sum_i a_i X_i\right) \rightarrow \min \\ E\left(\sum_i a_i X_i\right) = E_{ц} \\ a_i \leq \frac{C_i}{I} \\ \sum_i a_i = 1, \quad a_i \geq 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{где} \\ a_i - \text{доля } i\text{-го проекта в портфеле} \\ X_i - \text{случайная величина ЧДД } i\text{-го проекта} \\ E_{ц} - \text{целевой уровень оЧДД} \\ C_i - \text{капиталовложения по } i\text{-му проекту} \\ I - \text{совокупный инвестиционный бюджет} \\ D(\cdot) - \text{дисперсия} \\ E(\cdot) - \text{математическое ожидание} \end{array}$$

Решением системы (1) является вектор, образованный весами a_i , т.е. долями проектов в эффективном портфеле. Варьируя значение целевого уровня оЧДД ($E_{ц}$) можно получить множество решений, которые будут определять эффективные портфели. Следует сделать важное замечание, касающееся ограничения $\sum_i a_i = 1$. Данное ограничение, по сути, означает, что сумма долей проектов в эффективном портфеле строго равна единице. Это приводит к тому, что доходность любого эффективного портфеля не превосходит доходности проекта имеющего максимальный оЧДД [10]. Безусловно, такое ограничение существенно сокращает возможности поиска решений. Поэтому, далее, говоря о границе эффективности, будет подразумеваться множество эффективных портфелей, полученных решением оптимизационной задачи (2). Постановка задачи в виде системы (2) широко используется для поиска оптимальных портфелей в условиях нефтегазовой промышленности.

$$(2) \begin{cases} D\left(\sum_i a_i X_i\right) \rightarrow \min \\ E\left(\sum_i a_i X_i\right) = E_{ц} \\ \sum_i a_i C_i \leq I \\ a_i \in [0;1] \in \mathbb{R} \end{cases} \quad \begin{array}{l} a_i - \text{доля } i\text{-го проекта в портфеле} \\ X_i - \text{случайная величина ЧДД } i\text{-го проекта} \\ E_{ц} - \text{целевой уровень оЧДД} \\ C_i - \text{капиталовложения по } i\text{-му проекту} \\ I - \text{совокупный инвестиционный бюджет} \\ D(\cdot) - \text{дисперсия} \\ E(\cdot) - \text{математическое ожидание} \end{array}$$

Как правило, решение систем (1) и (2) представляют собой сложную задачу и в данной работе аспекты, связанные с их решением рассматриваться не будут. Тем не менее, существует большое число эффективных оптимизационных алгоритмов. Описание некоторых из них можно найти в специальной литературе [10, 11].

Всё множество портфелей, отвечающих принципу эффективности, образуют границу эффективности. На рисунке 1 портфели «А», «В» и «С» являются оптимальными, в то время как

портфели, принадлежащие внутренней области множества, таковыми не являются. Например, портфель «F» не является эффективным, т.к. при схожем значении риска, портфель «B» обеспечивает большую доходность, а при схожей доходности портфель «A» сопряжён с меньшим риском.

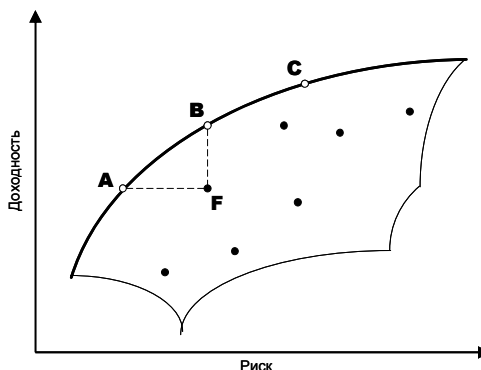


Рисунок 1. Схематический вид границы эффективности

Проблема выбора конечного решения

Применение портфельной теории позволяет получить ограниченный набор альтернативных решений, за счёт чего пространство выбора сужается и ограничивается только эффективными портфелями. Однако *основной задачей ЛПР является выбор единственного решения из множества на границе эффективности.*

Оценивая последовательность эффективных портфелей, инвестор исходит из критерия доходности и риска, при этом основная сложность состоит в нахождении оптимального паритета. Однако показатели симметричных мер риска, таких как дисперсия или стандартное отклонение в полной мере не отражают качественную специфику риска. Большее значение дисперсии часто обусловлено большей вероятностью положительных исходов. Если ЧДД проектов подчинено нормальному закону распределения, симметричность в оценке рисков не искажает процесс выбора решений. В действительности ЧДД нефтегазовых проектов имеет ассиметричное распределение³, что в конечном итоге приводит к ситуации, когда большее значение дисперсии не свидетельствует о реальном возрастании риска в его экономической интерпретации. Проиллюстрировать указанный эффект можно на следующем примере. На рисунке 2 приведена граница эффективности, состоящая из четырёх эффективных портфелей. Согласно теории, с ростом оЧДД риск должен возрастать. Рассмотрим распределение ЧДД для портфелей ПФ2 и ПФ3. Как следует из Таблицы 1 риск портфеля ПФ3 выше, чем у портфеля ПФ2.

Рисунок 2. Граница эффективности

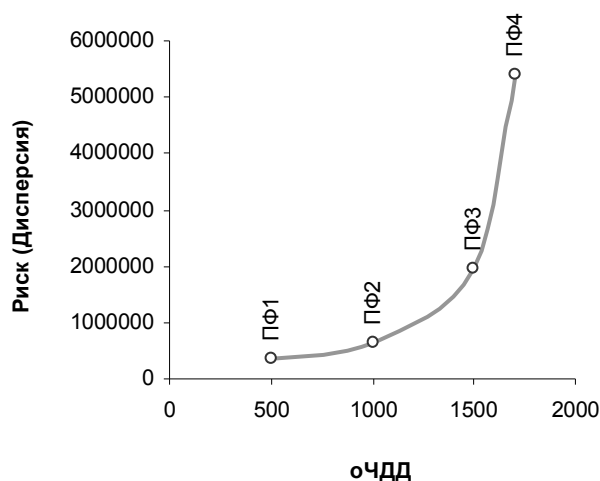


Таблица 1. Характеристика эффективных портфелей		
	оЧДД	Дисперсия
ПФ1	500	348100
ПФ2	1000	640000
ПФ3	1500	1960000
ПФ4	1700	5382400

³ Ассиметричные распределения чаще всего характерны для геологоразведочных проектов

Рисунок 3. Гистограмма ЧДД портфелей ПФ2 и ПФ3

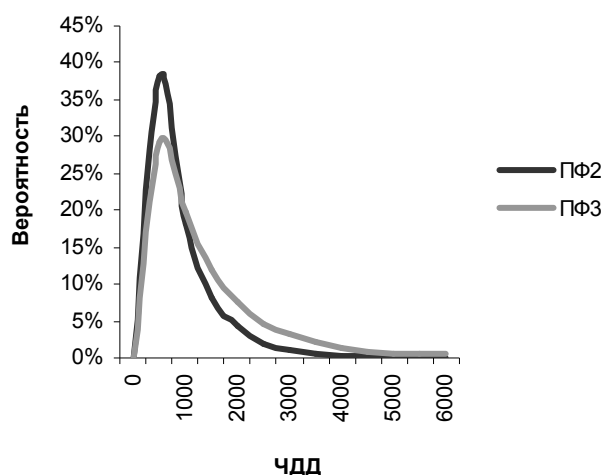
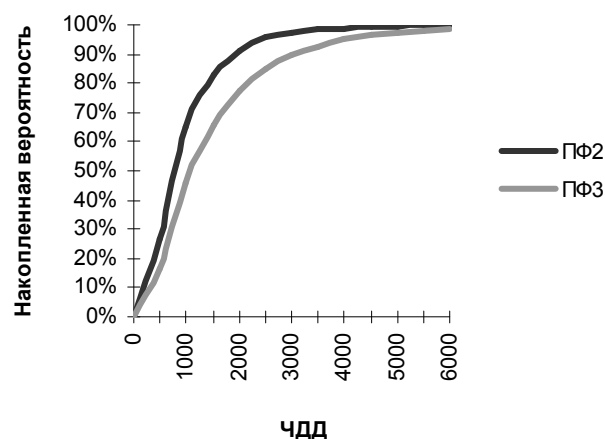


Рисунок 4. График накопленной вероятности портфелей ПФ2 и ПФ3



Однако, если проанализировать распределение вероятностей ЧДД для данных портфелей (Рисунок 3,4), можно отметить, что фактически ПФ3 является более привлекательным решением, т.к. имеет большие вероятности превышения целевых уровней ЧДД. Из Рисунка 3 также следует, что ЧДД рассматриваемых портфелей отлично от нормального распределения. Следует добавить, что в ситуации, когда не рассматривается возможность долевого участия в проектах, результирующее распределение портфельного ЧДД может быть мультимодальным. Данный пример иллюстрирует, что выбор портфеля на основе оценки только пары значений – оЧДД и дисперсии может иметь недостатки в случае, если распределение ЧДД портфелей ассиметрично. Ассиметричность и вообще произвольный вид распределений ЧДД инвестиционных проектов, существенно осложняет процесс принятия решений. В настоящее время не существует строгих математических алгоритмов позволяющих оптимизировать сумму случайных величин, имеющих произвольные распределения. С учётом сказанного, количественные методы портфельной теории могут выступать достаточным «первым приближением» [12] в целях разработки управленческих решений.

Условное ожидание ЧДД

Основой разработки решений и соответственно выбора инвестиционной стратегии может являться методология, базирующаяся на более полном изучении стохастической характеристики эффективных портфелей, т.к. в условиях вероятностной неопределённости она выступает единственной основой для количественного анализа. В этих целях граница эффективности представляется источником исходной информации, т.к. доходность каждого портфеля представленного на границе эффективности является случайной величиной, что делает возможным её дополнительное исследование.

Использование дополнительных критериев оценки эффективных портфелей позволит получить более качественную характеристику решений, и проследить то, каким образом изменяется их вероятностная специфика с ростом оЧДД. Это тем более необходимо для того, чтобы установить причины роста риска на границе эффективности. Как отмечалось выше, причины такого роста не всегда состоят в том, что портфель является более рискованным с точки зрения возможности достижения худших результатов.

Руководствуясь целью обретения в известной степени достоверной, но обобщённой оценки альтернативных решений представляется оправданным использование показателя условного математического ожидания (3). В работах отечественных и зарубежных авторов [12,13] показаны преимущества данного критерия в сравнении с такими показателями, как квантиль.

$$V(X, C) = E(X|X > C) = \int_{-\infty}^{+\infty} Xf(X|X > C)dX \quad (3),$$

где X – случайная величина, $f(X|X > C)$ – функция условной плотности

Выражение (3) обладает свойством когерентности, при условии $C = Q_\gamma$, где Q_γ – квантиль уровня γ . Помимо свойства когерентности, к преимуществам условного математического ожидания стоит отнести безразличие к типам распределений, т.е. для оценки могут быть использованы ассиметричные, а также дискретные распределения дисконтированного дохода. На основе выражения (3) представляется возможным разработать критерии дополнительной оценки риска. Для этого предлагается использовать следующие функции:

$$V(X, Q_{50\%})^{\leftarrow} = E(X|X < Q_{50\%}) = \int_{-\infty}^{Q_{50\%}} Xf(X|X < Q_{50\%})dX \quad (4)$$

$$V(X, Q_{50\%})^{\rightarrow} = E(X|X > Q_{50\%}) = \int_{Q_{50\%}}^{+\infty} Xf(X|X > Q_{50\%})dx \quad (5)$$

$Q_{50\%}$ – медиана случайной величины X , $f(X|X > (<)Q_{50\%})$ – функция условной плотности

Фактически, величина (5) представляет собой среднее тех значений ЧДД, которые могут быть достигнуты с вероятностью более 50%. Соответственно величина (4) отражает среднее тех исходов ЧДД, которые имеют вероятность менее 50%. Предлагаемые показатели дают возможность осуществить косвенную оценку склонности инвестора к риску. Косвенный характер оценок здесь состоит в том, что существуют отличия между предлагаемым подходом и классической теорией полезности. Инвестор менее склонный к риску примет конечное решение, в большей мере основываясь на показателе V^{\leftarrow} . В то время как для ЛПР склонного к риску решающим показателем будет являться V^{\rightarrow} .

Возможность классификации портфелей с точки зрения отношения к риску можно продемонстрировать следующим образом. Допустим, множество X - это множество эффективных портфелей, число которых n . Решение x_i - представляет собой эффективный портфель, соответственно $x_i \in X$, $i \in [1; n]$. При этом строго выполняется неравенство $E(x_i) < E(x_{i+1})$, т.е. оЧДД портфеля x_i строго больше оЧДД портфеля x_{i+1} . Каждое решение x_i характеризуется значениями $V(x_i, Q_{50\%})^{\leftarrow}$ и $V(x_i, Q_{50\%})^{\rightarrow}$. Альтернативные решения соответствуют стратегии уклонения от риска, если соблюдается следующая система условий:

$$\begin{cases} V(x_i)^{\leftarrow} < V(x_{i+1})^{\leftarrow} \\ V(x_i)^{\rightarrow} < V(x_{i+1})^{\rightarrow} \\ x_i \in X \\ i \in [1; n] \end{cases} \quad (4)$$

По сути, V^{\leftarrow} является функцией согласованной с заданным типом предпочтения, т.е. бинарным отношением вида « \leq » на множестве эффективных портфелей X , и действительно:

$$V(x_i, Q_{50\%})^{\leftarrow} \leq V(x_{i+1}, Q_{50\%})^{\leftarrow} \Leftrightarrow x_i \leq x_{i+1}$$

Следует отметить, что для эффективных портфелей, с ростом оЧДД, показатель V^{\rightarrow} будет возрастать. Очевидно, что наибольшее внимание следует уделять значению критерия V^{\leftarrow} . Выбор решений, основанный на принципе уклонения от риска, соответствует условию максимизации V^{\leftarrow} , который может, как возрастать, так и убывать с увеличением оЧДД.

Иллюстрация предлагаемого подхода

Использование предлагаемых критериев можно проиллюстрировать следующим примером. Допустим, объектами инвестирования выступают проекты, в которых компания может принимать доленое участие. Проекты Д1 и Д2 связаны с разработкой месторождений. Помимо этого в совокупный инвестиционный портфель могут быть вовлечены геологоразведочные проекты на трёх перспективных участках Р1, Р2 Р3 с последующим их вовлечением в разработку при обнаружении рентабельных запасов.

В условиях рассматриваемого примера требуется определить оптимальную совокупность проектов, т.е. портфель, который обеспечивает максимальные вероятности достижения наибольших уровней доходности. В виду наличия бюджетных ограничений, выбор нефтяной компании ограничен. В данном случае величина инвестиционного бюджета составляет 860 млн. рублей. После проведения имитационных процедур Монте-Карло на основе полученных итераций для каждого проекта были рассчитаны показатели индивидуального оЧДД, риска, а также других показателей эффективности (Таблица 2).

№	Проект	$P_{г\gamma}^*$	оЧДД	Риск	$P_{\{чдд<0\}}^{**}$	Запасы***	Кап.затраты****	Описание
1	Д1	100%	265	33,8	13%	60	699	Разработка
2	Д2	100%	55	3,9	7%	11	128,33	Разработка
3	Р1	58%	96,	32,62	44%	26,65	200,87	Гидроразрыв
4	Р2	30%	144,2	114,37	62%	80,5	606,4	ГРП и разработка
5	Р3	30%	319,83	187,6	68%	119,57	900	ГРП и разработка

* Вероятность геологического успеха
** Вероятность отрицательного ЧДД
*** Для ГРП проектов приведена средняя величина потенциальных экономически рентабельных запасов. По проекты ГЗ показатель соответствует величине прироста извлекаемых запасов, в следствие повышении КНИ
**** Средняя величина капитальных затрат по освоению месторождений. Для проектов Р1, Р2, Р3 приведена средняя величина совокупных капитальных затрат с учётом вовлечения месторождений в разработку

Как следует из Таблицы 2 наименьшие риски сопряжены с реализацией проектов по разработке месторождений Д1 и Д2, т.к. данные проекты имеют меньшие геологические риски, что отражается на вероятности убытка, которые для них составляют 13% и 7% соответственно. Остальные проекты Р1, Р1 и Р2 сопряжены со значительными геологическими и экономическими рисками. Вероятность получения отрицательного ЧДД здесь варьируется от 44% до 68% (Таблица 2). На первый взгляд наименее рисковым является решение, предполагающее совместную реализация проектов Д1 и Д2, тем более что величина капитальных затрат в таком случае не превышает бюджетного ограничения и составляет ≈ 827 млн. долларов. Казалось бы, добавление более рисковых активов в такой портфель могло бы снизить его инвестиционную привлекательность. Однако применение подходов основанных на портфельной теории может приводить к иным результатам, что обусловлено возникновением эффекта синергии, который является основой для диверсификации совокупного риска портфеля.

После применения оптимизационных процедур была определена последовательность портфелей, образующих границу эффективности (График 1):

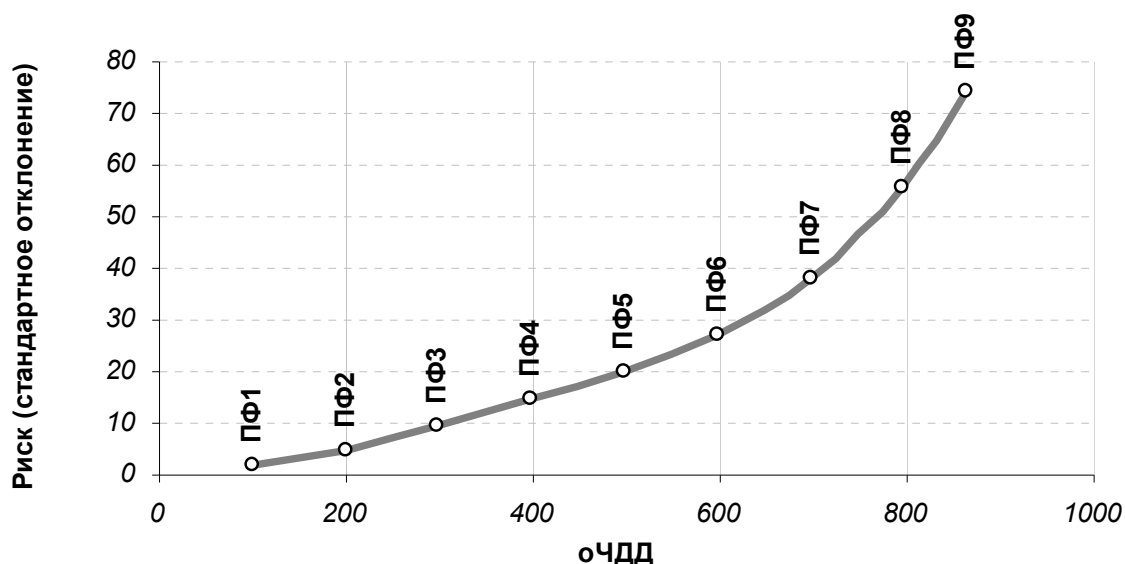


График 5. Граница эффективности

Каждый портфель образован различными долями инвестиционными проектами. При этом для каждого значения оЧДД, комбинация проектов, образующая эффективный портфель сопряжена с

минимально возможной величиной дисперсии (риска). В таблице 2 приведены характеристики и состав эффективных портфелей:

Таблица 2. Характеристики эффективных портфелей								
№ портфеля	оЧДД	Риск	Доли проектов в портфеле					Средняя величина совокупных капитальных затрат
			a1	a2	a3	a4	a5	
1	99,50	1,72	11%	85%	15%	1%	0%	157,41
2	199,00	4,96	32%	100%	36%	4%	0%	317,85
3	298,50	9,53	58%	100%	52%	7%	2%	484,16
4	398,00	14,61	81%	100%	70%	10%	4%	642,86
5	497,50	20,05	100%	100%	93%	15%	7%	788,49
6	597,00	27,07	100%	100%	100%	48%	10%	852,66
7	696,50	37,40	87%	100%	84%	97%	20%	860,00
8	796,00	54,28	70%	100%	93%	100%	65%	860,00
9	868,69	73,60	57%	100%	100%	100%	100%	860,00

В соответствии с предлагаемым подходом была проведена дополнительная оценка эффективных портфелей на основе показателей условного ожидания ЧДД. Результаты полученных оценок показаны на Графике 6.

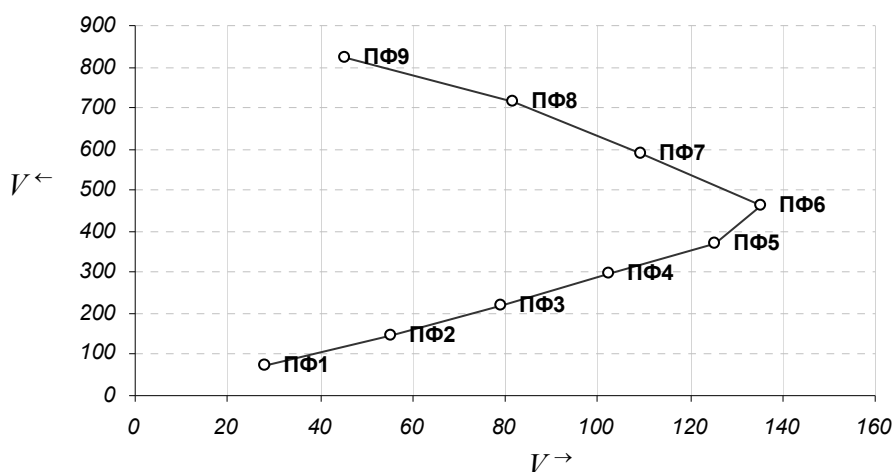


График 6. Соотношение условных ожиданий ЧДД

Оценивая динамику соотношения условных ожиданий ЧДД нетрудно убедиться, что последовательности решений ПФ1-ПФ6 удовлетворяют условиям (4), в то время как портфели ПФ7-ПФ9 им не соответствуют. На основе этого можно заключить, что решения ПФ1-ПФ6 и связанные с ними стратегии оптимальны для инвестора менее склонного к риску. Решения ПФ6-ПФ9 напротив предполагают сознательное принятие риска.

Верность полученных выводов можно подтвердить, совместно оценивая вероятности превышения целевых уровней дисконтированного чистого дохода для эффективных портфелей. В результате проведения такой оценки, ЛПР обретает полную стохастическую характеристику альтернативных решений. График 7 иллюстрирует реализацию указанного подхода. Ось ординат образована последовательность эффективных портфелей. Ось абсцисс – это целевые уровни ЧДД, а цветовая градация соответствует вероятности превышения целевого уровня ЧДД. Например, для портфеля ПФ4 вероятность превысить ЧДД в размере 150 млн. находится в диапазоне 80%-100%. Вероятность превышения указанного уровня доходности для портфеля ПФ8 составляет уже 60%-80%, в тоже время ПФ8 имеет большие вероятности превышения уровня доходности, например, свыше 900 млн.

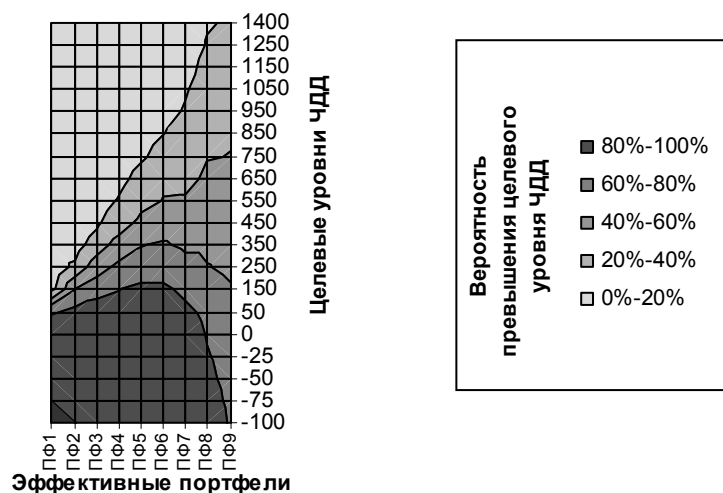


Рисунок 7. Вероятностная характеристика эффективных портфелей

Вышеприведённый график содержит в себе информацию, учёт которой при разработке решений может оказать существенную поддержку ЛПР. На основе визуального анализа можно установить специфические закономерности. Анализ последовательности решений ПФ1-ПФ6 характеризуется одновременным ростом вероятностей превышения целевых уровней. При этом практически отсутствуют возможности достижения значительных показателей доходности. Интервал ПФ6-ПФ9 напротив содержит решения с вероятностями достижения высоких уровней ЧДД, однако такие перспективы сопряжены с резким падением вероятностей по превышению тех значений ЧДД, которые с лёгкостью преодолеваются на интервале ПФ1-ПФ6. «Расхождение» вероятностей в последовательности решений ПФ6-ПФ9 объясняется усиливающимся доминированием геологоразведочных проектов в эффективных портфелях, что приводит к росту потенциальных возможностей и одновременно к увеличению возможных потерь в денежном выражении. Тем самым, оценка полной стохастической характеристики альтернативных решений приводит к тем же выводам, которые были получены на основе анализа показателей условного ожидания ЧДД (V^{\leftarrow} и V^{\rightarrow}).

В данном примере максимум V^{\leftarrow} приходится на портфель ПФ6, полностью включающий проекты Д1, Д2 и Р1, а также 48% геологоразведочного проекта Р2 и 10%-ую долю в Р3 (Таблица 2). Из Рисунка 7 также следует, что портфель ПФ6 обеспечивает наибольшие уровни целевого ЧДД, которые могут быть превышены с вероятностью более 80%. В случае, если ЛПР придерживается стратегии уклонения от риска, решение ПФ6 стоит признать оптимальным. И действительно, если ЛПР готов осознанно принимать больший риск, его выбор должен лежать в пределах портфелей ПФ7-ПФ9. Однако данные решения в сравнении с ПФ6 имеют меньшую вероятность преодоления целевого уровня дисконтированного дохода в размере 150 млн. (См. Рисунок 7).

Данный пример наглядно демонстрирует возможности диверсификации, которые состоят в том, что включение в инвестиционный портфель проектов со значительными рисками может не приводить к ухудшению стохастической характеристики. Схожие выводы были получены в публикации [14,15], где рассматривалось влияние рискового проекта на существующую систему активов.

Следует указать также на следующий факт: ожидаемая величина совокупных капитальных затрат по портфелю ПФ6 ниже величины располагаемого инвестиционного бюджета в размере 860 млн. рублей. Во многих случаях такая разница может быть существенна, что позволяет говорить о том, что портфельные методы позволяют не только определять решения, удовлетворяющие стратегическим ограничениям, но также корректировать существующую стратегию развития, что подчёркивалось рядом зарубежных авторов [16,17]. Неиспользованные инвестиционные ресурсы можно впоследствии направлять на увеличение акционерной доли в те проекты, которые по результатам текущей оптимизации предполагают неполное участие. В некоторой степени это доказывает, что на основе портфельной теории возможно формирование не только текущих, но и отложенных решений.

Обобщая полученные в данной статье выводы можно заключить следующее:

1. В условиях вероятностной неопределённости методы принятия решений, основанные на применении портфельного подхода, позволяют значительно сокращать пространство поиска решений, сводя их только к эффективным портфелям;
2. Особую проблему в рамках портфельной теории представляет собой выбор единственного решения из множества на границе эффективности;
3. Распределения ЧДД нефтегазовых проектов, как правило, характеризуются существенной асимметрией. В силу этого выбор конечного решения, основанный только на показателях оЧДД и дисперсии, имеет известные недостатки;

Учитывая необходимость применения дополнительных критериев оценки эффективных портфелей, было предложено использовать показатели условного ожидания ЧДД, где параметром условия выступает квантиль уровня 50%, т.е. медиана. Приведённый пример показал, что выбор конечного решения, основанного на условных ожиданиях ЧДД, позволяет определять стохастически устойчивые конечные решения, которые могут иметь меньшую потребность в инвестиционных ресурсах. Также показано, что риск портфеля может быть сокращён за счёт вовлечения в портфель более рискованных активов. Кроме прочего подчеркнута возможность формирования отложенных решений.

Литература

1. «Notes on Exploration and Production Portfolio Optimization» / Ben C. Ball & Sam L. Savage
2. «PORTFOLIO OPTIMIZATION FOR CAPITAL INVESTMENT PROJECTS» / Jay April, Fred Glover, James Kelly
3. «Portfolio Optimization for Oil and Gas Investments» / Don Merritt – Merak Projects
4. «Strategic Risk Management within the Oil Industry A Portfolio Approach» / M. W. Whiteside - Indeva Energy Consultants
5. «Decision Support in Oil Exploration. Case Study in the “Neiva - Acevedo Blocks” –Colombia.» / Ivan Reyes Coral, Frans Floris – NITG-TNO
6. «E&P Decision Support System for Asset Management» / Martin R.H.E. Peersmann, Frans J.T. Floris NITG-TNO
7. SPE71421 «An Investigation of Risk and Probability in a Portfolio Management Context» / James R. DuBois, Portfolio Decisions Inc.
8. SPE71425 «A Portfolio Management Approach to Assessing Acquisition and Divestiture Candidates» / Paul D. Allan, Portfolio Decisions, Inc
9. SPE65146 «E&P Decision Support System for Asset Management - A case study» / F.J.T. Floris, NITG-TNO, M.R.H.E. Peersmann, Turnkiek Technical Systems
10. Ю. Ф. Касимов., «Введение в теорию оптимального портфеля ценных бумаг», Москва, издательство «АНКИЛ», 2005 год
11. «Портфельный метод анализа инвестиционных программ в решении задач реструктуризации промышленных секторов», О. С. Сухов
12. А. Г. Шаломицкий, «Теория риска. Выбор при неопределённости и моделирование риска», Издательский дом ГУ ВШЭ, Москва, 2005
13. «Expected Shortfall: a natural coherent alternative to Value at Risk» / Carlo Acerbi, Dirk Tasche, May 9, 2001
14. «THE DECISION MAKER’S DILEMMA» / James R. DuBois and John I. Howell III - Portfolio Decisions, Inc.
15. SPE71425 «A Portfolio Management Approach to Assessing Acquisition and Divestiture Candidates» Paul D. Allan, Portfolio Decisions, Inc
16. SPE68576 «Using Portfolio Analysis to Develop Corporate Strategy» John I. Howell III, Portfolio Decisions, Inc and Peter A. Tyler, Merak Projects
17. Portfolio Management for Strategic Growth / Tom Adams, Jeff Lund, Kerr-McGee Oil and Gas Corp. Houston, Texas, USA; Jack A. Albers - Burlington Resources International, Houston, Texas; Michael Back, Jason McVean, Calgary, Alberta, Canada; John I. Howell III - Portfolio Decisions, Inc. Houston, Texas