

ББК 65.9(2P5)30+65.9(2P)-1  
УДК 338:98  
М 617

*Рецензенты:*

*д.э.н. Литвинцева Г.П., д.э.н. Пляскина Н.И., д.г.-м.н. Толстов А.В.*

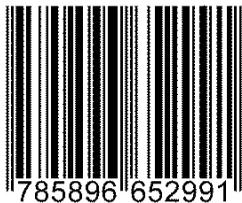
**М 617 Минерально-сырьевой сектор Азиатской России: как обеспечить социально-экономическую отдачу / под ред. акад. РАН В.В. Кулешова – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2015. – 352 с.**

ISBN 978-5-89665-299-1

В монографии рассматриваются проблемы функционирования и развития минерально-сырьевого комплекса (МСК) регионов Сибири: Республик Бурятия, Тывы, Забайкальского края, Иркутской и Тюменской областей. На основе обширного статистического материала о развитии МСК регионов обосновывается необходимость новых подходов к процессам ресурсно-индустриального и инновационного развития. Показана необходимость учета региональных особенностей при формировании государственной политики в минерально-сырьевом комплексе.

Книга предназначена для специалистов по проблемам государственного регулирования и функционирования МСК, а также для всех тех, кто изучает экономические вопросы комплексного использования ресурсов недр.

ISBN 978-5-89665-299-1



9 785896 652991

**Авторский коллектив:**

Введение, Заключение – чл.-корр. РАН, д.э.н. В.А. Крюков;  
Глава I – чл.-корр. РАН, д.э.н. В.А. Крюков, к.э.н. А.Е. Севастьянова,  
д.э.н. А.Н. Токарев, к.э.н. В.В. Шмат;  
Глава II – д.э.н. И.П. Глазырина, к.э.н. И.А. Забелина, к.э.н. Е.А. Клевакина,  
д.т.н. С.М. Лавлинский, И.С. Калгина, к.б.н. О.К. Кирилук, к.г.н. И.Е. Михеев,  
к.г.н. Н.В. Помазкова, к.т.н. Л.М. Фалейчи;  
Глава III – д.э.н. Э.Ц. Садыкова, к.г.н. В.С. Батомункуев;  
Глава IV – д.г.н. Н.М. Сысоева;  
Глава V – к.э.н. Д.Ф. Дабиев;  
Глава VI – д.т.н. С.М. Лавлинский;  
Глава VII – к.э.н. С.Д. Ареева

УДК 338:98  
ББК 65.9(2P5)30+65.9(2P)-1  
М 617

© ИЭОПП СО РАН, 2015 г.  
© Коллектив авторов, 2015 г.

## **Глава VI**

### **МОДЕЛИ**

### **ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ПРИРОДНО-РЕСУРСНОЙ СФЕРЕ**

Вопрос о том, как стратегически верно сконструировать программу освоения природно-ресурсного потенциала, обеспечив при этом достойный уровень жизни населения, – ключ к созданию условий и предпосылок устойчивого социально-экономического развития в большинстве ресурсных регионов России. Основной проблемой здесь является разработка механизма согласования долгосрочных интересов государства и частного инвестора в процессе социально-экономического развития, обеспечивающего инвестиционную привлекательность, бюджетные поступления и соблюдение экологических ограничений.

Для большинства сибирских регионов наиболее характерной является ситуация, когда большая часть экономического потенциала сосредоточена в природно-ресурсной сфере, а перспективы промышленного развития открываются при ликвидации основных «узких» мест в развитии инфраструктуры – дефицита электроэнергии, дорог и транспортных коммуникаций. При этом экономика проекта частного инвестора, как правило, очень чувствительна к наличию дорог, мостов, ЛЭП и т.п. в районе «привязки» проекта и в ряде случаев не выдерживает дополнительных затрат, отличных от исходных проектных. И здесь на помощь частному инвестору приходит государство, берущее на себя часть инфраструктурных проектов общего назначения. Созданная инфраструктура может быть использована и в дальнейшем, стимулируя развитие экономики за счет новых инвестиционных проектов: регион получает серьезные конкурентные преимущества перед другими территориями, прежде всего, в части возможного снижения необходимых затрат.

Для крупных инвестиционных проектов в природно-ресурсной сфере, наиболее характерных для сибирских и восточных регионов РФ, на первый план выходят не только соображения

глобальной экономической эффективности, но и необходимость учета экологических последствий реализации мероприятий, существенно нарушающих экологию. Именно поэтому в качестве содержательной основы механизмов управления масштабными проектами с участием частных инвесторов и государства необходимо использовать процедуру поиска долгосрочного компромисса между уровнями развития социально-экономической и экологической сфер. При таком подходе государство может взять на себя и часть затрат, связанных с компенсацией экологических потерь, вызванных реализацией инвестиционных проектов.

Такова общая концепция механизма согласования интересов в рамках содержательной модели государственно-частного партнерства (ГЧП), которая для практических нужд территориального планирования должна быть трансформирована в соответствующий экономико-математический инструментарий, позволяющий сформировать и провести оценку используемого механизма с позиции критериев устойчивого развития. Такой инструментарий предлагается строить в виде комбинации модели планирования и модели прогнозирования. Модель планирования формулируется в виде задачи целочисленного программирования и генерирует оптимальный механизм взаимодействия государства и частного инвестора. Модель прогнозирования позволяет провести оценку последствий реализации программы развития территории, использующей конкретный механизм государственно-частного партнерства.

## **1. ОЦЕНКА МОДЕЛИ ГЧП**

Как построить эффективный механизм государственно-частного партнерства?

Вовлечение в разработку проекта ГЧП большого числа участников и сторон предъявляет высокие требования к уровню организации и управления процессом реализации проекта. Уже на этапе разработки проекта необходима априорная оценка модели ГЧП на основе прогноза последствий реализации проекта. Такая оценка невозможна без комплексного анализа всех деталей проектного финансирования и процессов взаимодействия государства, банков-кредиторов и частного инвестора.

Современная история развития российских моделей ГЧП в минерально-сырьевой сфере говорит о приоритете политических аргументов в процессе принятия решения. Социально-экономические и экологические последствия такого управления первоначально отходят на второй план, но именно они приводят со временем к разрушению партнерских отношений и приостановке проекта.

Имеющийся опыт показывает, что для разработки эффективной в российских условиях модели ГЧП в минерально-сырьевом секторе необходим специализированный модельный инструментарий поддержки процесса оценки и сопровождения проекта ГЧП. Только он может дать комплексную социально-экономическую и экологическую оценку механизма реализации проекта ГЧП и используемой схемы проектного финансирования.

### **1.1. Методология оценки**

Рассматривая программу освоения минерально-сырьевой базы как совокупность инвестиционных проектов, реализуемых в рамках фиксированной модели государственно-частного партнерства, можно говорить о том, что государство реализует проект, в ходе которого оно строит инфраструктурные объекты, финансирует природоохранные мероприятия и получает налоговые доходы по всему перечню инвестиционных проектов, а также и внепроектные доходы, порождаемые развитием инфраструктуры территории. Соответственно сама модель ГЧП может быть оценена на основе анализа уровня достижения компромисса интересов всех заинтересованных сторон – государства, населения и частных инвесторов.

#### **1.1.1. Общая схема**

Важную роль в отборе проектов инвестором играет рентная оценка месторождения – характеристика рентабельности проекта, основанная на построении чистого дисконтированного дохода (NPV), полученного в результате реализации проекта:

$$NPV = \sum_{t=1}^T (D^t - R^t) / (1 + E)^t \quad (1.1)$$

где  $D^t$  и  $R^t$  – доходы от продажи продукции и технологические расходы по реализации проекта (капитальные вложения, эксплуатационные затраты и расходы по оплате труда), выраженные в сопоставимых ценах в году  $t$ ,  $E$  – норма дисконта,  $T$  – длительность периода освоения.

В технологических расходах  $R^t$  не учтены налоговые платежи инвестора – это соответствует тому, что они включены в положительную часть потока наличности проекта. Показатель  $NPV$  отражает общий уровень эффективности проекта и соответствует дисконтированному потоку наличности пары «инвестор – государство», в которой государство играет пассивную роль собственника ресурсов и получателя налоговых доходов в соответствии с фиксированной системой налогообложения.

Активная позиция государства, использующего механизмы государственно-частного партнерства, существенно меняет дело. В рамках ГЧП государство уже участвует в финансировании капитальных вложений, строя часть инфраструктурных объектов, необходимых для реализации технологического проекта, и реализуя некоторый набор проектных природоохранных мероприятий.

В этой ситуации для государства также может быть построено аналогичное (1.1)  $NPV_{\text{гос}}$ , в котором используется больший временной горизонт  $TG$  и существенно меньший, чем у инвестора, дисконт  $E_{\text{гос}}$ :

$$NPV_{\text{гос}} = \sum_{t=1}^{TG} \frac{VDI_{\text{гос}}^t - R_{\text{гос}}^t + tax^t}{(1 + E_{\text{гос}})^t}. \quad (1.2)$$

Здесь расходы государства  $R_{\text{гос}}^t$  – капитальные вложения в инфраструктуру и природоохранные мероприятия, а в составе доходов присутствуют не только налоговые платежи  $tax^t$  от оцениваемого проекта, но и внепроектные доходы  $VDI_{\text{гос}}^t$ , порождаемые со временем развитием инфраструктуры территории.

Для инвестора ключевым показателем эффективности является аналог (1.1) –  $NPV_{\text{инв}}$ , в котором капитальные расходы уменьшены с учетом партнерского участия государства, а в качестве дополнительных расходов включены налоговые платежи:

$$NPV_{инв} = \sum_{t=1}^T \frac{D^t - (R^t - R_{зос}^t) - tax^t}{(1 + E_{инв})^t}, \quad (1.3)$$

инвестору интересен проект, если  $NPV_{инв} \geq 0$ .

Государство реализует программу освоения минерально-сырьевой базы как комплексный проект, состоящий из совокупности инвестиционных проектов, использующих фиксированную модель ГЧП. Для такого комплексного проекта может быть построен аналогичный (1.2) интегральный  $NPV$  государства, определяемый выбранной моделью ГЧП (механизмом раздела затрат) –  $NPV_{зос}^{инт}$ . Компромисс интересов всех заинтересованных сторон – государства, населения и инвесторов – достигнут, если растет уровень жизни населения территории, а также

$$\{\text{для каждого инвестора } NPV_{инв} \geq 0\}, \{NPV_{зос}^{инт} \geq 0\}. \quad (1.4)$$

Таким образом, для выбора эффективной стратегии освоения минерально-сырьевой базы необходимо провести оценку эффективности проектов, очертить круг объектов с  $NPV \geq 0$  и сформировать программу государственного инфраструктурного и природоохранного строительства, реализующую выбранную модель ГЧП и обеспечивающую рост уровня жизни населения территории и выполнение условия (1.4).

### 1.1.2. Модельный инструментарий

Ключевую роль в разработке инструментария оценки программы освоения минерально-сырьевой базы, использующей конкретный механизм ГЧП, играет модель процесса реализации инвестиционного проекта. Эта модель позволяет оценить рентабельность проекта и последствия его реализации для территории в рамках фиксированного сценария внешних условий, часть из которых определяется выбранной моделью государственно-частного партнерства.

Основная идея – использование детальной компьютерной модели процесса функционирования предприятия, созданного инвестором для реализации проекта. Такая модель позволяет сгенерировать прогноз траектории ключевых экономических показателей деятельности в зависимости от целого ряда факторов.

Формальная схема модели имеет вид системы рекуррентных соотношений вида

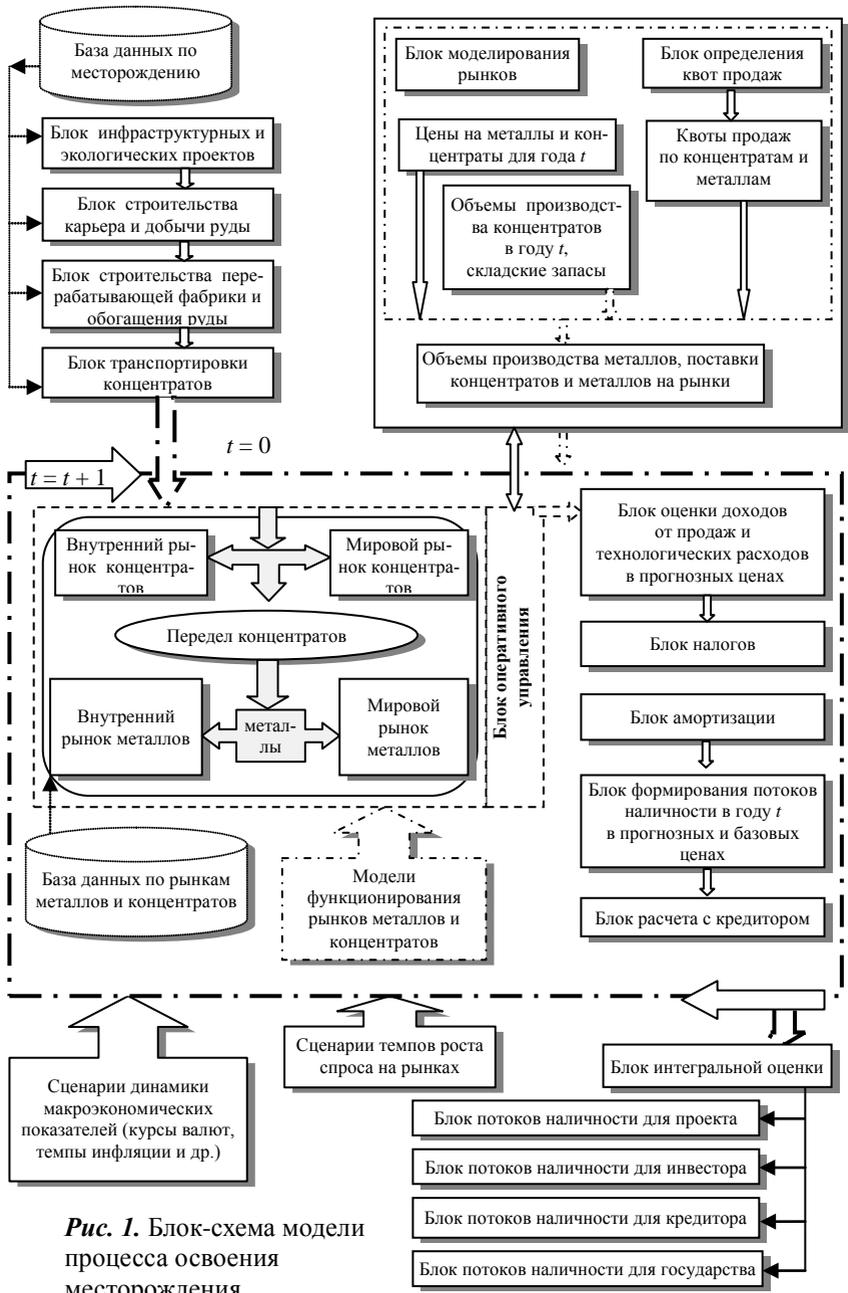
$$X(t) = F(X(t-1), P, E(t), MPPP), \quad t=1, \dots, T, \quad (1.5)$$

где  $P$  – проект,  $E(t)$  – прогноз внешних условий функционирования,  $X(t)$  – вектор состояния предприятия на конец года  $t$ , компоненты которого определяют мощности и объемы выпуска продукции, добычи руды, нефти, газа, результаты их переработки, затраты на транспортировку и переработку, объемы продаж, наличие средств на счетах, объемы кредитования и выплаченных процентов, налоговые платежи по видам, финансово-экономические показатели, фиксирующие результаты деятельности предприятия в году  $t$ .

Используемая модель государственно-частного партнерства *MPPP* непосредственно воздействует на конфигурацию проекта (часть производственной инфраструктуры и необходимых экологических проектов берет на себя государство). Оператор  $F$  системы формализован в виде совокупности алгоритмов, в определенном смысле имитирующих процессы функционирования отдельных подразделений предприятия инвестора, их взаимодействие, применяемые на практике рутинные процедуры принятия текущих производственных решений и возникающие в результате материальные и финансовые потоки всех видов. Пример структуры такого взаимодействия для типичного сырьевого проекта – проекта освоения месторождения полиметаллических руд – приведен на рис. 1.

Задав начальное состояние предприятия  $X(0)$  и прогноз внешних условий  $\{E(t), t=1, \dots, T\}$ , с помощью модели (1.5) для фиксированного проекта  $P$  и модели государственно-частного партнерства *MPPP* можно получить траекторию развития предприятия инвестора  $\{X(t), t=0, \dots, T\}$  – динамические ряды показателей функционирования. Анализ такой траектории дает возможность оценить общие результаты процесса реализации проекта с точки зрения экологии, бюджетных поступлений, числа новых рабочих мест, рентабельности для инвестора.

Каким образом может быть найден эффективный механизм государственно-частного партнерства? Для простейшего случая, когда в орбиту проектирования искомого механизма вовлечен



**Рис. 1.** Блок-схема модели процесса освоения месторождения

лишь один инвестиционный проект, достаточно вышеописанной модели. Задавая на входе конкретный способ раздела затрат между государством и инвестором, эксперт на основе модельного прогноза и учета долгосрочных последствий реализации проекта для территории строит  $NPV_{soc}$ , объединяющий социально-экономическую и экологическую<sup>1</sup> оценки предлагаемой архитектуры партнерства [1].

Для проектов освоения месторождения, наиболее характерных для природно-ресурсной сферы, модель (1.5) позволяет построить годовые графики доходов и расходов инвестора и государства, рентную оценку месторождения  $NPV$ , а также соответствующие  $NPV_{инв}$  и  $NPV_{soc}$ . Анализ пропорций раздела ренты между участниками позволяет определить уровень достижения приемлемого компромисса интересов, обеспечивающего государству получение большей части природной ренты, и оценить использованный механизм ГЧП.

В общем случае в ресурсном регионе государство имеет дело с набором месторождений и группой потенциальных инвесторов, за каждым из которых стоят конкретные технологические проекты, реализуемые при определенном наборе условий. В данной ситуации механизм государственно-частного партнерства – базовый элемент программы освоения минерально-сырьевой базы территории. Разработка такой программы предполагает использование специального инструментария, основанного на моделях территориального планирования и прогнозирования с ярко выраженным акцентом в части проблем освоения природно-ресурсной базы. И здесь не обойтись без моделей освоения месторождений, которые образуют базис процедур оценки конкретного механизма партнерства как элемента общей стратегии развития.

Как может быть произведена такая оценка? В основу положено представление о процессе освоения территории как совокупности инвестиционных проектов и конкретной модели государственно-частного партнерства, гармонизирующей намерения

---

<sup>1</sup> Идеология использования набора компенсирующих экологических мероприятий, позволяющих минимизировать ущерб, нанесенный окружающей среде в процессе реализации инвестиционного проекта, дает инструментальную базу для стоимостной экологической оценки проекта.

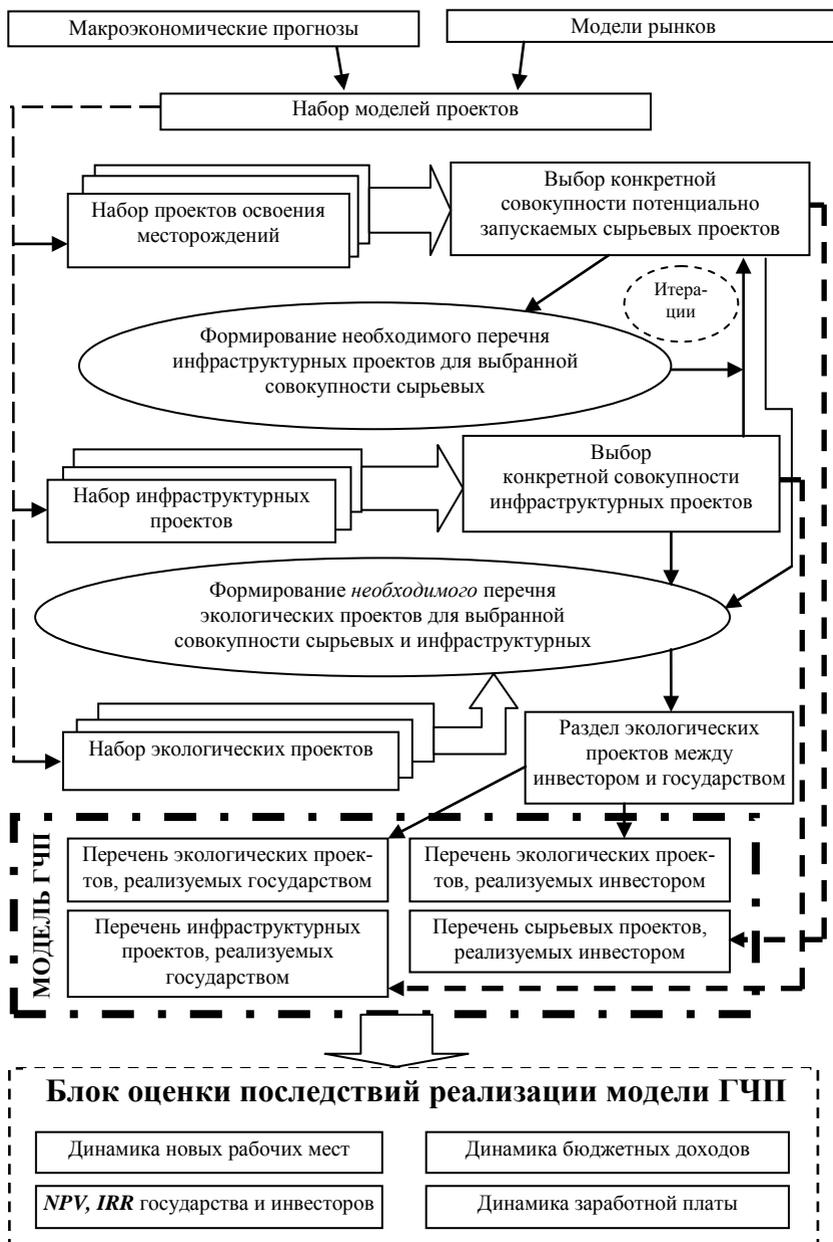


Рис. 2. Общая схема модели пучка инвестиционных проектов

участников и придающей содержательную жесткость инвестиционному разделу программы социально-экономического развития. Именно поэтому можно рассматривать программу освоения минерально-сырьевой базы как пучок инвестиционных проектов, подразумевая при этом набор проектов, «опоясанных» конкретной моделью государственно-частного партнерства. Общая схема соответствующей модели представлена на рис. 2.

Базовый элемент модели пучка – эволюционная модель процесса реализации типового инвестиционного проекта (1.5) в рамках фиксированного механизма государственно-частного партнерства. Для набора проектов освоения месторождений могут быть использованы типовые модели нефтегазового комплекса и горно-обогатительного комбината [2], в которых могут варьироваться количество и местоположение технологических переделов. Такая конструкция позволяет покрыть широкий спектр проектов – например, для твердых полезных ископаемых от карьеров добычи руды до фабрик по обогащению и металлургических комбинатов, производящих концентраты и металлы соответственно. При этом часть технологической цепочки (например, металлургического цикла) может быть локализована за границей РФ. Такие схемы кооперации в совместных проектах с КНР характерны для некоторых восточных российских приграничных регионов и их анализ представляет собой давно назревшую проблему, требующую специального инструментария исследования.

Для набора инфраструктурных проектов типовыми являются проекты строительства дорог, ЛЭП, ГЭС, ГРЭС и т.п. Здесь наиболее сложный объект – ГЭС, и для него нужна оригинальная модель с выделенным экологическим блоком, описывающая процессы подготовки, строительства и функционирования. В общем случае экологический блок содержит набор моделей экологических проектов, реализующих комплекс компенсирующих мероприятий, связанных с переселением населения из зоны подтопления, инженерной защитой территории от заторных наводнений, мероприятиями по борьбе с ослаблением льда и т.п. Модель ГРЭС – это фактический аналог модели металлургического завода с двумя видами продукции (тепло и электроэнергия). Модели дорог и ЛЭП описывают процессы строительства и функционирования (поддержания в рабочем состоянии, оказания услуг) на

основе общей модели реализации инвестиционного проекта с детализацией источников финансирования, определяемых на основе анализа схемы проектного финансирования и модели государственно-частного партнерства.

Архитектура модельного комплекса задается следующими входными данными модели пучка инвестиционных проектов:

- набор инвестиционных проектов, реализуемых частным инвестором, конкретную конфигурацию которых инвестор выбирает в зависимости от того, что предлагает государство в области инфраструктурного строительства;
- набор инфраструктурных проектов, реализуемых государством, конкретный перечень которых государство выбирает, исходя из своих оценок эффективности с точки зрения перспектив долгосрочного развития территории;
- перечень экологических проектов, необходимых для компенсации экологических потерь, вызванных реализацией инвестиционных и инфраструктурных проектов<sup>1</sup>.

На выходе модели – прогноз динамики доходов и расходов частных инвесторов и государства в процессе реализации всей совокупности проектов в рамках оцениваемого механизма раздела затрат. Для населения модель пучка инвестиционных проектов генерирует прогноз новых рабочих мест и дополнительных доходов, который используется в модели регионального прогнозирования для построения динамики основных индикаторов уровня жизни [2].

Вся совокупность выходных данных дает возможность проверки критерия эффективности использованной модели государственно-частного партнерства и достижения компромисса интересов – положительности соответствующих чистых дисконтированных потоков государства и частных инвесторов, а также роста уровня жизни.

Таким образом, основу предлагаемой технологии оценки механизма государственно-частного партнерства составляет модель

---

<sup>1</sup> Конкретный раздел обязательств по реализации экологических проектов между частным инвестором и государством на входе не определен и должен быть получен в результате выбора конкретного механизма раздела затрат в рамках ГЧП.

прогнозирования, позволяющая эксперту произвести оценку механизма и обнаружить его внутренние дисбалансы (отрицательные *NPV* некоторых участников, падение уровня жизни). Соответствующим образом «вручную» скорректировав способ раздела затрат и вновь используя модель, мы получаем эффективный алгоритм поиска механизма партнерства, обеспечивающего достижение компромисса интересов.

## 1.2. Примеры оценки модели ГЧП

Методически инвестиционные проекты становятся проектами ГЧП только в том случае, когда частная компания финансирует строительство и (или) эксплуатацию объектов государственной собственности [3]. В российских проектах ГЧП производственно-инфраструктурный комплекс строится по принципу – каждый субъект финансирует только свой объект. На практике это означает, что государство финансирует объекты своей собственности (дороги, мосты, ЛЭП и т.п.), а бизнес строит свои объекты – заводы, комбинаты и пр.

Сегодня государство ищет эффективные формы партнерства для экономического развития малоосвоенных территорий с перспективной минерально-сырьевой базой, но российский бизнес не доверяет государству и работает только на условиях собственности. Он не понимает, как и на каких условиях он может финансировать собственность, принадлежащую государству. Максимум, на что он пока согласен – реализация крупных производственно-инфраструктурных проектов, когда частные компании строят объекты своей собственности, а государство – своей.

Именно так построены наиболее крупные инфраструктурные проекты, реализуемые с участием Инвестиционного фонда. Федеральный инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья» включает в себя инфраструктурные проекты, строительство Богучанской ГЭС, алюминиевого завода и целлюлозно-бумажного комбината. Государственная поддержка предполагает софинансирование на договорных условиях инвестиционного проекта в части строительства ГЭС и объектов инфраструктуры с оформлением прав собственности Российской Федерации.

Другой проект этого ряда – «Создание транспортной инфраструктуры для освоения минерально-сырьевых ресурсов юго-востока Читинской области». В рамках этого проекта государство строит железнодорожную ветку «Нарын–Лугокан», открывающую доступ к целой группе перспективных месторождений, осваивать которые должен частный инвестор (ОАО «Норильский никель») [4].

Предлагаемый подход иллюстрируется далее на примере оценки неклассических, специфически русских моделей ГЧП, использованных в этих производственно-инфраструктурных проектах.

### 1.2.1. Программа развития Нижнего Приангарья

Нижнее Приангарье в Красноярском крае обладает несомненным потенциалом промышленного развития при ликвидации двух основных «узких» мест в развитии инфраструктуры – дефицита электроэнергии и нехватки дорог. Модельный полигон – яркий пример типичной ресурсной территории, на которой «разворачивается» крупнейший инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья» с запуском целого ряда производств [5].

Это как раз тот случай, когда на первый план выходят не только соображения глобальной экономической эффективности, но и необходимость анализа принципов государственно-частного партнерства и учета экологических последствий реализации столь крупного мероприятия. Центральный объект программы развития Нижнего Приангарья – инвестиционный проект достройки Богучанской ГЭС, предполагающий капитальные вложения в объеме 70 млрд руб. и обеспечивающий к 2016 г. установленную мощность 3000 МВт, внутреннюю рентабельность проекта – 18%, дисконтированный срок окупаемости – 20 лет<sup>1</sup>.

Проект предусматривает формирование водохранилища с отметкой уровня 208 м и зоной затопления на участке от г. Кодинска до плотины Усть-Илимской ГЭС. Общие параметры проекта:

- площадь зеркала – 2326 км<sup>2</sup>;

---

<sup>1</sup> Оценка инвестиционного консультанта – консорциума ABN-AMRO / Calyon, London.

- площадь затопления земель – 1494 км<sup>2</sup>;
- полный объем водохранилища – 58 км<sup>3</sup>;
- протяженность: водохранилища по основному руслу – 375 км;
- количество населенных пунктов, из которых производится переселение населения – 22.

Такие параметры ГЭС предполагают масштабное воздействие на экологическую и социально-экономическую сферы, которое необходимо оценить уже в рамках всей программы, сопоставив экономические выгоды от появления на территории Нижнего Приангарья источника сравнительно дешевой электроэнергии объемом 17,8 млрд кВтч в год и негативные последствия, перечень и масштабы которых позволяют спрогнозировать многочисленные практические примеры строительства гидростанций.

Для этого мы будем рассматривать программу освоения Нижнего Приангарья, построенную на основе проектов первой очереди федерального инвестиционного проекта «Комплексное развитие Нижнего Приангарья». Это, прежде всего, проекты Богучанской ГЭС (БогГЭС), Богучанского алюминиевого завода и Богучанского целлюлозно-бумажного комбината с одной стороны, и проекты создания объектов инфраструктуры за счет государственных средств, с другой. Для проектов, финансируемых частными инвесторами автономные экономические оценки уже сделаны, но без ответа остается основной вопрос о конкретном механизме государственно-частного партнерства и эффективности государственных инвестиций с точки зрения соотношения затрат и ожидаемых результатов социально-экономического развития. Государство, финансируя инфраструктурные проекты и, частично, строительство БогГЭС, должно понимать, насколько это будет для него эффективно на долгосрочном горизонте, и оценивать комплекс экологических последствий реализации столь крупного проекта с точки зрения принципов устойчивого развития.

В данном случае наиболее важен учет экологического фактора – именно здесь проблема формирования эффективного механизма государственно-частного партнерства выходит на первый план. Так, в ходе строительства и функционирования ГЭС возникают затраты, связанные с проведением мероприятий, компенсирующих негативные экологические последствия реализации проекта и выходящие за рамки системы мероприятий, финансируе-

мых инвестором в рамках технического проекта строительства БоГЭС. Кто должен финансировать эти затраты?

Этот вопрос в достаточной степени сложен<sup>1</sup>. Если мы все затраты такого рода перекладываем на инвестора, то его уровень рентабельности становится отрицательным и фиксирует отсутствие достаточных экономических стимулов для реализации проекта<sup>2</sup>. Государство, заинтересованное в развитии территории, должно в этой ситуации найти некий компромисс интересов, взяв на себя часть затрат такого рода, понимая роль ключевого объекта программы, способного на длительной перспективе создать энергетическую базу и интенсифицировать развитие экономики региона.

В нашем случае к экологическим затратам следует отнести целый комплекс компенсирующих мероприятий – переселение населения из зоны подтопления; инженерная защита территории от заторных наводнений; мероприятия по борьбе с ослаблением льда; возмещение потерь сельскохозяйственного производства; организация на акватории водохранилища мест оптимального обитания рыбы; создание на примыкающих к водохранилищу территориях особо охраняемых природных территорий разного статуса и иных зон экологического покоя; мероприятия по усилению качества медицинского обслуживания населения в населенных пунктах нижнего бьефа; мониторинг различных видов; реализация программ стабилизации социально-экономического положения поселений и т.п.

Приведенный перечень не исчерпывает полного комплекса компенсирующих мероприятий экологического толка, выходящих за рамки технического проекта БоГЭС, он скорее определяет не-

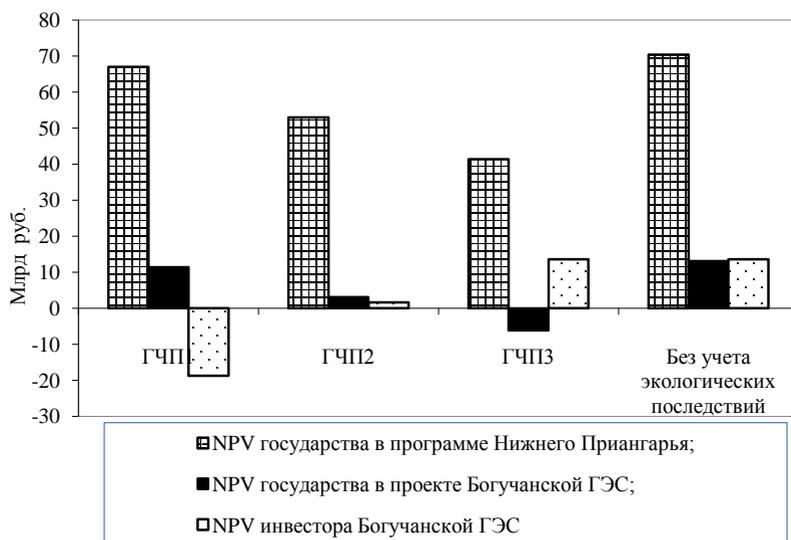
---

<sup>1</sup> Процесс принятия инвестиционного решения о строительстве ГЭС регулируется методическими указаниями [6], в центре которых – экспертная процедура качественно-количественного анализа прямых и косвенных эффектов строительства и эксплуатации конкретного гидротехнического объекта по трем основным направлениям: экологическому, физическому, социально-экономическому. В предлагаемой модели все эти факторы «выложены» на единую плоскость финансовых показателей с помощью системы компенсирующих экологических мероприятий. Это позволяет придать процессу принятия инвестиционного решения строгую алгоритмическую основу и уже на этой основе искать компромисс между частным инвестором и государством.

<sup>2</sup> И это с учетом того, что часть сооружений ГЭС была построена в советское время.

обходимые экологические затраты первого уровня. Уже в таком виде этот перечень «тянет» на сумму порядка 18 млрд руб., и проблема определения источника этих средств требует своего решения.

На рис. 3 приведена оценка последствий реализации различных стратегий раздела вышеупомянутых экологических затрат в проекте Богучанской ГЭС с точки зрения показателей эффективности участников, полученная с помощью модели пучка инвестиционных проектов. Можно видеть, что оптимистические оценки, полученные без учета экологических затрат, существенно образом меняются, как только мы начинаем считать затраты на проведение компенсирующих мероприятий.



**Рис. 3.** Стратегия раздела экологических затрат в проекте Богучанской ГЭС и показатели эффективности участников:

ГЧП1 – экологические затраты за счет инвестора;

ГЧП2 – экологические затраты пополам;

ГЧП3 – экологические затраты за счет государства

Полное бремя экологических затрат, взятое на себя инвестором, подрывает для него экономические стимулы реализации проекта. В этой ситуации со стороны государства необходима партнерская помощь – например, реализация стратегии равного

раздела затрат, существенно ухудшающая показатели эффективности государства в проекте и Программе в целом, но позволяющая обеспечить положительный *NPV* для инвестора. Таким образом, модель государственно-частного партнерства в строительстве Богучанской ГЭС, предусматривающая государственное финансирование строительства части производственной инфраструктуры проекта, а также половины необходимых экологических затрат первого уровня, обеспечивает эффективный компромисс интересов участников.

При этом необходимо учесть, что мы принимали во внимание только часть необходимых экологических затрат, строя систему компенсирующих мероприятий для всего комплекса в целом. Корректнее было бы рассмотреть более широкий перечень, принимающий во внимание значительную часть негативных экологических последствий строительства гидростанции, а также дополнить его мероприятиями, компенсирующими экологические последствия строительства алюминиевого завода и ЦБК.

Исчерпывающий перечень такого рода потребует, как минимум, в три раза больше ресурсов, чем ранее рассмотренные варианты. В этих условиях модель государственно-частного партнерства, основанная на полном государственном финансировании экологических затрат широкого перечня ставит под вопрос экономическую целесообразность реализации Программы в целом. Расчеты показывают, что включение в орбиту Программы дополнительных проектов, достаточно «тяжелых» с экологической точки зрения<sup>1</sup> и сопровождаемых соответствующей системой компенсирующих мероприятий экологического профиля, может привести к отрицательному *NPV* государства. Таким образом, с экономической точки зрения в рамках патерналистской модели государственно-частного партнерства с реальной программой развития Нижнего Приангарья уже может конкурировать сценарий «нулевого варианта», оставляющий все как есть, без строительства каких-либо объектов.

---

<sup>1</sup> Проекты газопереработки, газохимического производства, освоения Горецкого свинцово-цинкового месторождения – типичные «грязные» с экологической точки зрения проекты, включенные в федеральный инвестиционный проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья».

Но для территории важен уровень жизни населения, который в рамках стратегии «нулевого варианта» может существенно вырасти лишь на основе дополнительных внешних ресурсов. И в этой ситуации необходима рациональная программа освоения территории, производящая жесткий экологический отбор проектов в рамках модели государственно-частного партнерства, основанной на стратегии раздела экологических затрат между государством и инвестором.

Такая модель существенно меняет положение дел для государства и населения, но она реализуема лишь в том случае, если каждый «отягощенный» экологическими затратами инвестор остается в области положительного *NPV*. Поиск пропорций раздела затрат на компенсирующие экологические мероприятия для каждого проекта и компоновка эффективных программ развития территории – сложная задача, для решения которой уже необходима модель планирования, генерирующая оптимальный механизм взаимодействия государства и частного инвестора.

### 1.2.2. Программа освоения минерально-сырьевой базы Забайкальского края

На сегодняшний день ядро программы освоения МСБ Забайкальского края – представленный в таблице набор инвестиционных проектов, которые реализуются и планируются к реализации в соответствии с проводимыми государственными программами по развитию региона.

Перечисленные проекты входят в программу сотрудничества между регионами Дальнего Востока и Восточной Сибири Российской Федерации и Северо-Востока Китайской Народной Республики [7]. Реализация части проектов происходит в рамках приграничного сотрудничества, некоторые проекты используют механизмы ГЧП.

Так, для группы, состоящей из Бугдаинского и Быстринского месторождений, объект государственно-частного партнерства – железнодорожная ветка «Нарын–Лугокан». Завершение профинансированного Инвестфондом РФ усеченного варианта первого этапа комплексного инвестиционного проекта «Создание транспортной инфраструктуры для освоения минерально-сырьевых ресурсов юго-востока Читинской области» – строительства части

железнодорожной ветки «Нарын–Лугокан» до станции Газимуровский завод с общей стоимостью 20 млрд руб. ценах 2007 г. – открывает перспективы запуска I очереди второго этапа этого проекта и разработки Быстринского и Бугдаинского месторождений. Используемый механизм государственно-частного партнерства позволил ОАО Норильский никель построить ключевой элемент необходимой транспортной инфраструктуры за счет федерального бюджета и создать экономические предпосылки для запуска этих проектов.

Таблица

**Основные характеристики месторождений  
Забайкальского края**

№	Месторождение	Балансовые запасы	Возможная продукция	Инвестор
1	Березовское	450 млн т руды, железо – 33–46%	Концентрат железной руды и окатыши	ООО «Компания по производству огнеупорных материалов Си Ян, КНР (ООО «Горнопромышленная компания «Лунэн»)
2	Нойон-Тологойское	14 млн т руды, свинец – 205 тыс. т, цинк – 217 тыс. т, серебро – 949 т	Цинковый и свинцовый концентраты с сопутствующими металлами	ООО Горная компания «Баоцзинь», г. Эргуна, Автономный район Внутренняя Монголия, КНР
3	Быстринское	292 млн т руды	Кондиционные медный, железо- и золото-содержащий концентраты	ООО «Востокгеология», ГРК «Быстринское»
4	Бугдаинское	594 млн т руды, молибден – 401 тыс. т, серебро – 1724 т	Концентрат молибдена	ООО «Бугдаинский рудник»
5	Удоканское	медь – 24,6 млн т, серебро – 196 млн унций	Катодная медь и медная катанка	ООО «Байкальская горная компания»

Для освоения Нойон-Тологойского месторождения в ТЭО проекта приведено обоснование необходимости строительства ЛЭП 110 кВт с подстанцией 110/10 кВт, предварительной стоимостью 235 млн руб. в ценах 2007 г. в варианте государственно-частного партнерства. При этом вопрос о соотношении затрат краевого бюджета и инвестора на строительство ЛЭП остается открытым.

Насколько оправдан выбор модели ГЧП, использованной для Бугдаинского и Быстринского месторождений? Какой механизм раздела затрат между краевым бюджетом и инвестором целесообразен при строительстве ЛЭП для Нойон-Тологойского месторождения?

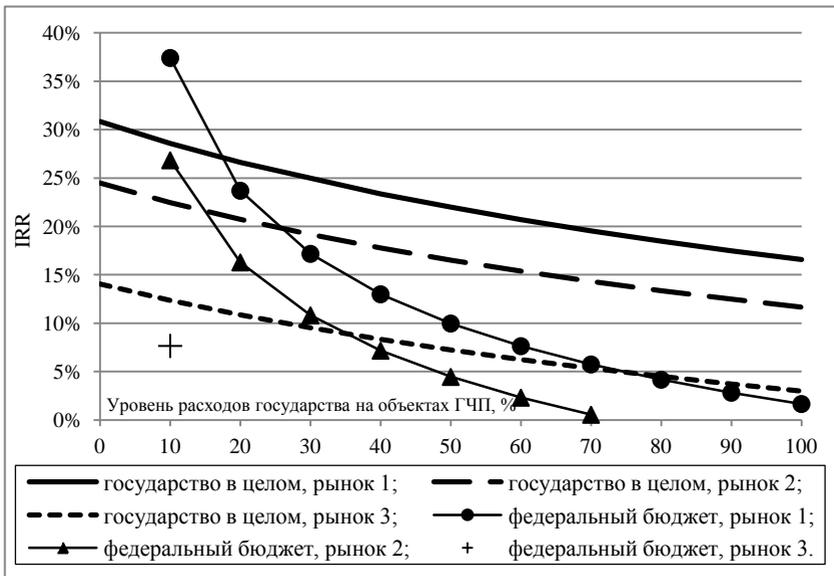
Для ответа на эти вопросы может быть использована модель пучка инвестиционных проектов, позволяющая произвести оценку перспектив реализации всей совокупности проектов из таблицы с точки зрения инвесторов, краевого и федерального бюджетов при различных вариантах механизма ГЧП.

В рамках модельных экспериментов для рассматриваемой программы освоения МСБ Забайкальского края участие государства в реализации инвестиционных инфраструктурных проектов в форме прямых расходов выражается в совместном с инвесторами финансировании строительства железнодорожной ветки и ЛЭП. Интенсивность участия государства в таких расходах может составлять для каждого конкретного проекта от 0 до 100%. Уровень прямых расходов государства 0% соответствует ситуации, когда инвестор самостоятельно финансирует реализацию инфраструктурных проектов – объектов ГЧП. Стопроцентный уровень участия государства означает, что строительство объектов инфраструктуры ведется за счет федерального (краевого) бюджета. Для дальнейших численных экспериментов мы для удобства зафиксируем 11 уровней интенсивности участия государства с шагом 10%.

Мы будем рассматривать три сценария динамики цен на проектную продукцию – оптимистический (рынок 1), инерционный (рынок 2) и пессимистический (рынок 3), построенные на основе анализа ретроспективы и сохраняющие общие повышательные тенденции цены в сырьевом секторе, наблюдаемые последние 10 лет. Как показывают расчеты, минимальное число переделов,

заложенное в проектах, предопределяет максимальный уровень чувствительности показателей эффективности к изменению рыночной конъюнктуры.

Анализ рис. 4 позволяет говорить о том, что внутренняя рентабельность федерального бюджета, финансирующего строительство железнодорожной ветки, резко падает с увеличением основного параметра механизма ГЧП – доли государства в капитальных вложениях этого инфраструктурного объекта. Уровень чувствительности государства в целом существенно меньше, но, тем не менее, для неблагоприятных рыночных условий при уровне расходов больше 75%, внутренняя рентабельность становится менее 5% – принятого в расчетах дисконта государства<sup>1</sup>.



**Рис. 4.** Внутренняя рентабельность государства в проектах ГЧП

<sup>1</sup> Общий характер зависимости показателей рентабельности государства от уровня расходов практически очевиден и, вообще говоря, не требует сложных модельных расчетов. Однако здесь важно понять: до какого предела государство может идти навстречу инвестору, оставаясь в зоне эффективного инвестирования и разумного компромисса при различных внешних условиях. А для такого знания необходим описанный инструментарий и представительное множество вариантных расчетов.

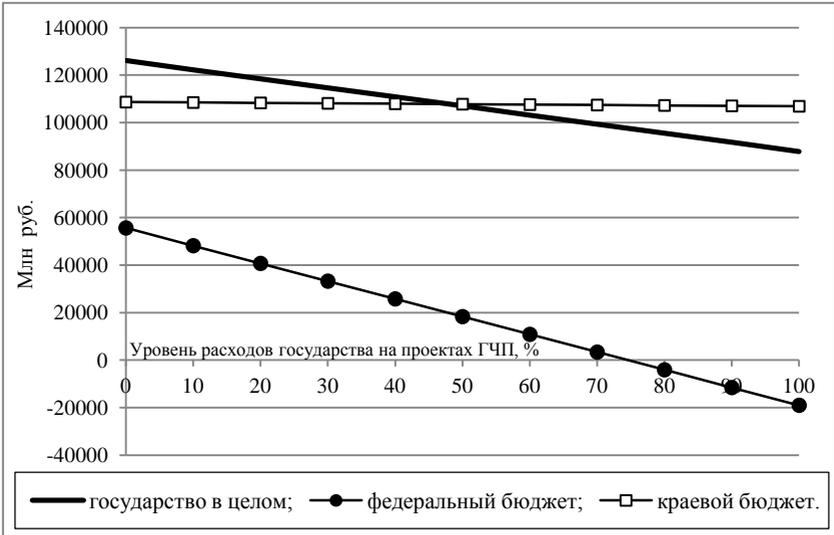


Рис. 5. NPV бюджетов, рынок 1

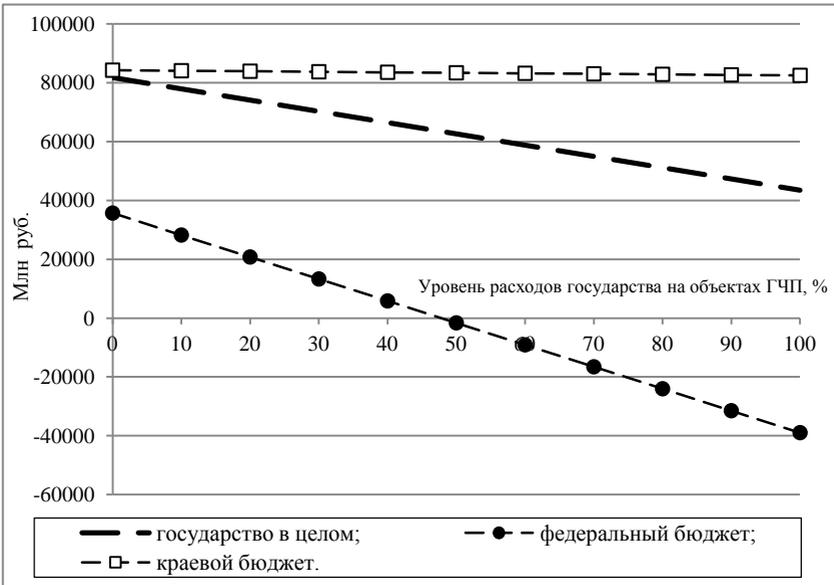


Рис. 6. NPV бюджетов, рынок 2

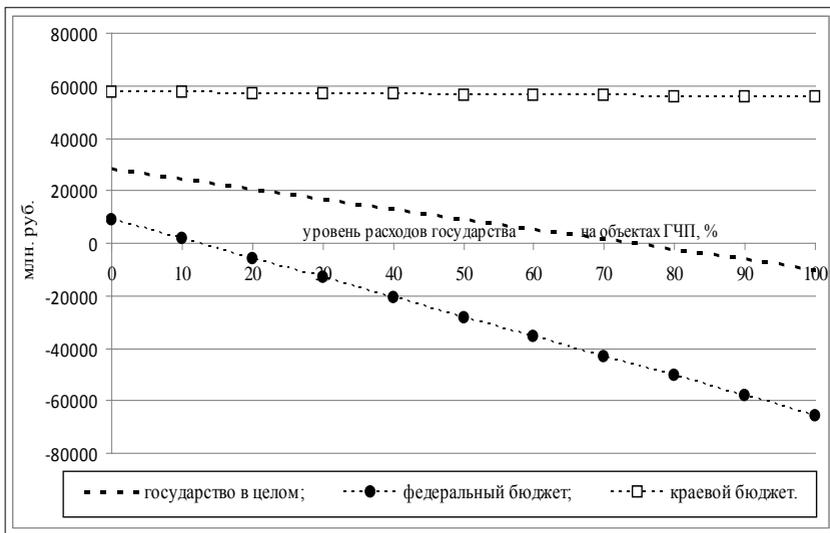


Рис. 7. NPV бюджетов, рынок 3

Представленная на рис. 5–7 зависимость NPV краевого бюджета от конкретного механизма ГЧП, используемого на Нойон-Тологойском месторождении, говорит о том, что для бюджета более важны рыночные условия, в которые попадает инвестор. Для неблагоприятного случая государство в целом оказывается в области отрицательного NPV уже при 75%-ом уровне расходов государства на объектах ГЧП.

Для инвесторов Быстринского и Бугдаинского месторождений даже в максимально благоприятных ценовых условиях необходим как минимум 80%-ый уровень помощи со стороны государства, а всякая другая рыночная конъюнктура переводит их в область отрицательного NPV (рис. 8). Инвестор Нойон-Тологойского месторождения при любых ценовых сценариях вполне может обойтись без помощи государства в строительстве ЛЭП (рис. 9).

Таким образом, оцениваемая программа освоения минерально-сырьевой базы Забайкальского края, использующая механизм ГЧП, в рамках которого государство строит железнодорожную ветку «Нарын-Газимуровский завод» и ЛЭП, обеспечивает госу-

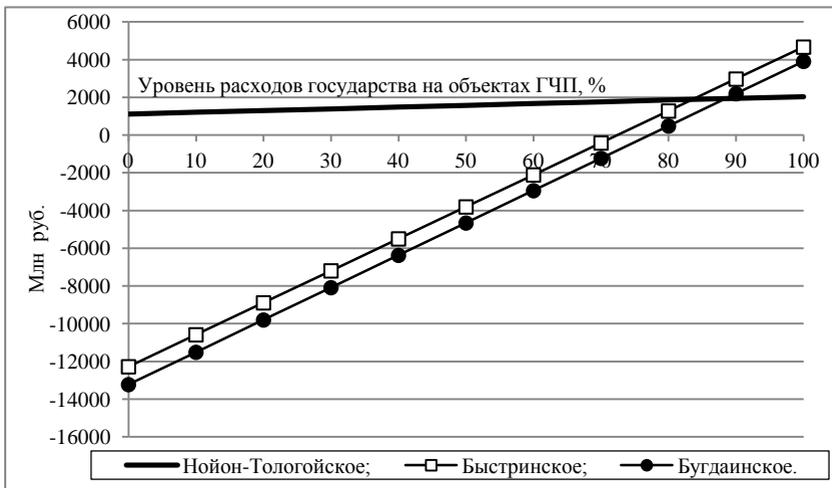


Рис. 8. NPV инвесторов, рынок 1

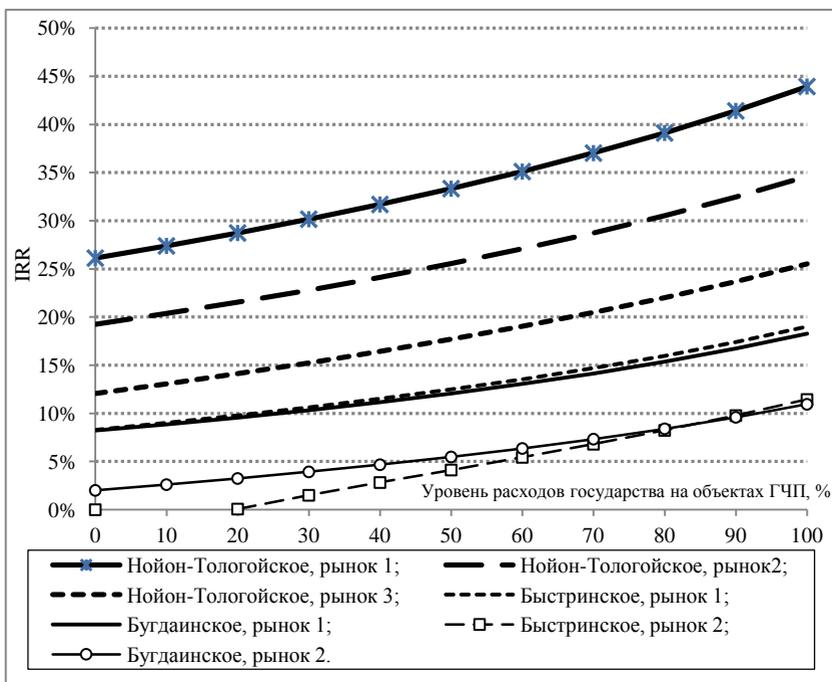


Рис. 9. IRR инвесторов

дарству положительную рентабельность при широком спектре рыночных условий. Высокая рентабельность Нойон-Тологойского месторождения позволяет переложить все затраты на строительство ЛЭП на инвестора – такая корректировка модели ГЧП оставляет инвестора в области положительного *NPV*. Для исходных технологических проектов освоения Быстринского и Бугдаинского месторождений использованный механизм ГЧП обеспечивает достаточный уровень рентабельности инвесторам лишь в условиях благоприятной рыночной конъюнктуры; для придания большей ценовой устойчивости проектам необходим переход к большему числу переделов.

## **2. ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ГЧП**

В рассмотренных примерах специальный прогнозный инструментарий – модель пучка инвестиционных проектов – позволил эксперту рациональным образом разделить между инвестором и государством набор экологических и инфраструктурных проектов, задействованных в программе освоения минерально-сырьевой базы региона, и построить на этой основе конкретный механизм ГЧП, реализующий компромисс интересов инвестора и государства. В реальной практике для решения подобной задачи для программы освоения МСБ с десятками месторождений уже требуется специальная модель планирования, дополняющая модель пучка инвестиционных проектов и позволяющая оптимизировать процесс формирования механизма ГЧП в рамках программы развития ресурсного региона [8].

### **2.1. Задача двухуровневого целочисленного программирования**

Каким образом может быть сформулирована задача поиска компромисса интересов государства, населения и инвестора в нормативной постановке? Один из возможных подходов к решению этой проблемы основан на поиске равновесия по Штакельбергу. Соответствующая модель планирования формулируется в виде задачи двухуровневого целочисленного программирования, на вход которой подается следующий перечень данных:

- набор инвестиционных проектов, реализуемых частным инвестором, конкретную конфигурацию которых инвестор выбирает в зависимости от того, что предлагает государство в области инфраструктурного строительства;
- набор инфраструктурных проектов, реализуемых государством, конкретный перечень которых государство выбирает, исходя из своих оценок эффективности с точки зрения перспектив долгосрочного развития территории;
- перечень экологических проектов, необходимых для компенсации экологических потерь, вызванных реализацией инвестиционных проектов; конкретный раздел обязательств по реализации экологических проектов между частным инвестором и государством на входе не определен и должен быть получен на выходе модели планирования.

Выход модели – программа развития территории и механизм ГЧП, определяющий раздел затрат в процессе реализации инфраструктурных и экологических проектов между государством и инвестором.

Формальное описание задачи планирования может быть представлено следующим образом.

#### ***Производственные проекты***

$CFP_i^t$  – поток наличности производственного проекта  $i$ ,  $i=1, \dots, NP$ ,  $t=1, \dots, T$ .

$EPP_i^t$  – стоимостная оценка экологических потерь при реализации проекта  $i$ ,  $i=1, \dots, NP$ ,  $t=1, \dots, T$ .

$DBP_i^t$  – доходы бюджета от реализации проекта  $i$ ,  $i=1, \dots, NP$ ,  $t=1, \dots, T$ .

$ZPP_i^t$  – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта  $i$ ,  $i=1, \dots, NP$ ,  $t=1, \dots, T$ .

#### ***Инфраструктурные проекты***

$ZI_j^t$  – график затрат на реализацию проекта  $j$  в году  $t$ ,  $j=1, \dots, NI$ ,  $t=1, \dots, T$ .

$EPI_j^t$  – стоимостная оценка экологических потерь при реализации проекта  $j$ ,  $j=1, \dots, NI$ ,  $t=1, \dots, T$ .

$VDI'_j$  – внепроектные доходы бюджета от реализации проекта  $j$ , связанные с общим развитием экономики территории,  $j=1, \dots, NI, t=1, \dots, T$ .

$ZPI'_j$  – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта  $j$ ,  $j=1, \dots, NI, t=1, \dots, T$ .

### **Экологические проекты**

$ZE'_k$  – график затрат на реализацию проекта  $k$  в году  $t$ ,  $k=1, \dots, NE, t=1, \dots, T$ .

$EDE'_k$  – стоимостная оценка экологического дохода при реализации проекта  $k$  в году  $t$ ,  $k=1, \dots, NE, t=1, \dots, T$ .

$ZPE'_k$  – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта  $k$ ,  $k=1, \dots, NE, t=1, \dots, T$ .

### **Взаимосвязь проектов**

$\mu_{ij}$  – индикатор технологической связности производственных и инфраструктурных проектов, равный 1, если для реализации производственного проекта  $i$  необходима реализация инфраструктурного проекта  $j$ , и равный 0 в противоположном случае,  $i=1, \dots, NP, j=1, \dots, NI$ .

$V_{ik}$  – индикатор связности производственных и экологических проектов, равный 1, если реализация производственного проекта  $i$  влечет необходимость реализации экологического проекта  $k$ , и равный 0 в противоположном случае,  $i=1, \dots, NP, k=1, \dots, NE$ .

### **Дисконты и бюджетные ограничения**

$DG$  – дисконт государства,  $DI$  – дисконт инвестора,  $DN$  – дисконт населения.

$BudG^t, BudI^t$  – бюджетные ограничения государства и инвестора.

Введем следующие булевы переменные, принимающие значения:

$\xi_i = 1$ , если инвестор запускает производственный проект  $i$ , и  $\xi_i = 0$  в противном случае,  $i=1, \dots, NP$ ;

$\theta_j = 1$ , если государство запускает инфраструктурный проект  $j$ ,  $\theta_j = 0$  в противном случае,  $j=1, \dots, NI$ ;

$\zeta_k = 1$ , если государство запускает экологический проект  $k$ , и  $\zeta_k = 0$  в противном случае,  $k=1, \dots, NE$ ;

$\omega_l = 1$ , если инвестор реализует экологический проект  $l$ ,  $\omega_l = 0$  в противном случае,  $l=1, \dots, NE$ .

Тогда модель планирования может быть записана в виде следующей двухуровневой задачи целочисленного программирования.

### ***Задача государства***

Максимизировать дисконтированный поток наличности региона:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^{NP} (DBP_i^t + ZPP_i^t - EPP_i^t) * \xi_i^* + \right. \\ & + \sum_{j=1}^{NI} (VDI_j^t + ZPI_j^t - EPI_j^t - ZI_j^t) * \theta_j + \\ & + \sum_{k=1}^{NE} (EDE_k^t + ZPE_k^y - ZE_k^t) * \zeta_k + \\ & \left. + \sum_{k=1}^{NE} (EDE_k^t + ZPE_k^t) * \omega_k^* \right) / (1 + DG)^t \Rightarrow \max \end{aligned} \quad (2.1)$$

при условиях

$$\theta_j \geq \xi_i^* * \mu_{ij}, \quad i=1, \dots, NP, j=1, \dots, NI, \quad (2.2)$$

$$\zeta_k = \lambda_k^* - \omega_k^*, \quad k=1, \dots, NE, \quad (2.3)$$

$$\sum_{j=1}^{NI} ZI_j^t * \theta_j + \sum_{k=1}^{NE} ZE_k^t * \zeta_k \leq BudG^t, \quad t=1, \dots, T, \quad (2.4)$$

где векторы  $(\xi_i^*, \lambda_k^*, \omega_k^*)$  – оптимальное решение задачи инвестора.

### Задача инвестора

Максимизировать свой суммарный чистый приведенный доход:

$$\sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^{NP} CFP_i^t * \xi_i - \sum_{l=1}^{NE} ZE_l^t * \omega_l \right) / (1 + DI)^t \Rightarrow \max \quad (2.5)$$

$$\lambda_i \geq \xi_i * v_{il}, \quad i=1, \dots, NP, \quad l=1, \dots, NE, \quad (2.6)$$

$$\omega_l \leq \lambda_l, \quad l=1, \dots, NE, \quad (2.7)$$

$$\sum_{l=1}^{NE} \omega_l * \sum_{t=1}^T ZE_l^t \geq D * \sum_{l=1}^{NE} \lambda_l * \sum_{t=1}^T ZE_l^t, \quad (2.8)$$

$$\sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^{NP} CFP_i^t * \xi_i - \sum_{l=1}^{NE} ZE_l^t * \omega_l \right) / (1 + DI)^t \geq 0, \quad (2.9)$$

$$\sum_{l=1}^{NE} ZE_l^t * \omega_l - \sum_{i=1}^{NP} CFP_i^t * \xi_i \leq BudI^t, \quad t=1, \dots, T, \quad (2.10)$$

$$\sum_{t=1}^T \left( \left( \sum_{i=1}^{NP} (ZPP_i^t - EPP_i^t) * \xi_i + \sum_{j=1}^{NI} (ZPI_j^t - EPI_j^t) * \theta_j + \right. \right. \quad (2.11)$$

$$\left. \sum_{k=1}^{NE} (EDE_k^t + ZPE_k^t) * \lambda_k \right) / (1 + DN)^t \geq 0.$$

Здесь параметр  $D$  ограничивает снизу долю инвестора в затратах на реализацию экологических проектов, булевые переменные  $\lambda_l$  принимают значения 1 в ситуации, когда запуск производственных проектов требует возмещения ущерба окружающей среде, и полагаются равными 0 в противоположном случае.

Ограничения и целевые функции задач имеют прозрачный экономический смысл. Так, целевые функции (2.1) и (2.5) определяют стратегию управленца, ориентирующегося на максимизацию дисконтированного потока наличности. Бюджеты государства и инвестора соответственно накладывают ограничения вида (2.4) и (2.10) на возможный к выполнению набор проектов. Задаваемый государством минимальный уровень доли инвестора в реализации экологических проектов  $D$  накладывает на него обязательства вида (2.8). Положительность по-

тока наличности инвестора ( $NPV$  инвестиционного проекта) контролируется ограничением (2.9). Интересы населения отражены в ограничении (2.11), фиксирующем целесообразность программы освоения территории с точки зрения потока получаемых благ и потерь для жителей.

Сформулированная модель является задачей двухуровневого целочисленного линейного программирования, генерирующей оптимальный механизм взаимодействия государства и частного инвестора – набор  $\{\xi_i^*; \theta_j^*; \zeta_k^*; \omega_l^*\}$ , определяющий совокупность реализуемых производственных, инфраструктурных и экологических проектов и механизм ГЧП, фиксирующий способ раздела затрат. Данная задача относится к классу труднорешаемых задач математического программирования – это обстоятельство определяет актуальность проблемы поиска эффективных точных и приближенных алгоритмов ее решения [9–11].

## 2.2. Упрощенная постановка задачи

В ряде случаев для практического анализа программы освоения минерально-сырьевой базы и конструирования механизма ГЧП достаточно относительно простых приближенных алгоритмов решения, трудоёмкость которых мала, по крайней мере, для задач реальной размерности. Для этого может быть использован, например, приближенный эвристический алгоритм, основанный на игре «лидер – ведомый» и реализованный в виде итерационной процедуры решения расширенной задачи нижнего уровня [8].

При ряде предположений относительно возможностей государства исходная постановка задачи планирования может быть существенно упрощена и сведена к одноуровневой задаче математического программирования. Предположим, что государство (Центр):

- обладает рыночной властью и институтами, обеспечивающими получение большей части природно-ресурсной ренты государством,
- располагает всей информацией о параметрах реализации производственных, инфраструктурных и экологических проектов,

– информировано о бюджетных ограничениях каждого из  $M$  инвесторов, претендующих на участие в освоении минерально-сырьевой базы региона.

Предположим также, что каждый инвестор может реализовывать несколько производственных проектов:  $\{1, \dots, NP\} = \bigcup_{m=1}^M P_m$ ,

где  $P_m$  – множество номеров производственных проектов, которые может выполнять  $m$ -й инвестор. В частном случае  $P_m = \{m\}$ ,  $m=1, \dots, M$ , т.е. каждый инвестор может запускать только один производственный проект.

Центр должен определить для каждого инвестора набор запускаемых им производственных проектов, набор финансируемых им экологических проектов, а также набор инфраструктурных и экологических проектов, которые финансируются самим государством. Обозначим через  $E_0$  множество номеров экологических проектов, реализуемых государством,  $E_m$  множество номеров экологических проектов, которые реализуются  $m$ -м инвестором, тогда  $\{1, \dots, NE\} = \bigcup_{m=0}^M E_m$ .

Тогда модель планирования может быть сформулирована в виде следующей задачи математического программирования с булевыми переменными.

Максимизировать дисконтированный поток наличности:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^{NP} (DBP_i^t + ZPP_i^t - EPP_i^t) * \xi_i + \right. \\ & + \sum_{j=1}^{NI} (VDI_j^t + ZPI_j^t - EPI_j^t - ZI_j^t) * \theta_j + \\ & \left. + \sum_{k=1}^{NE} (EDE_k^t + ZPE_k^t - ZE_k^t) * \zeta_k \right) / (1 + DG)^t \Rightarrow \max \end{aligned} \quad (2.12)$$

при условиях

$$\theta_j \geq \xi_i * \mu_{ij}, \quad i=1, \dots, NP, \quad j=1, \dots, NI, \quad (2.13)$$

$$\zeta_l + \omega_l \geq \xi_i * \nu_{il}, \quad i=1, \dots, NP, \quad l=1, \dots, NE, \quad (2.14)$$

$$\sum_{j=1}^{NI} ZI_j^t * \theta_j + \sum_{k=1}^{NE} ZE_k^t * \zeta_k \leq BudG^t, t=1, \dots, T, \quad (2.15)$$

$$\sum_{t=1}^T (\sum_{i \in P_m} CFP_i^t * \xi_i - \sum_{l \in E_m} ZE_l^t * \omega_l) / (1 + DI)^t \geq 0, m=1, \dots, M, \quad (2.16)$$

$$\sum_{l \in E_m} ZE_l^t * \omega_l - \sum_{i \in P_m} CFP_i^t * \xi_i \leq BudI_m^t, m=1, \dots, M, t=1, \dots, T, \quad (2.17)$$

$$\sum_{t=1}^T ((\sum_{i=1}^{NP} (ZPP_i^t - EPP_i^t) * \xi_i + \sum_{j=1}^{NI} (ZPI_j^t - EPI_j^t) * \theta_j + \quad (2.18)$$

$$\sum_{k=1}^{NE} (EDE_k^t + ZPE_k^t)) * (\zeta_k + \omega_k)) / (1 + DN)^t \geq 0.$$

Здесь  $BudI_m^t$  соответствуют бюджетным ограничениям  $m$ -го инвестора.

Заметим, что ограничения (2.13) аналогичны ограничениям (2.2), а ограничения (2.14) заменяют собой ограничения (2.3), (2.6) и (2.7). В одноуровневой постановке Центр принимает на себя финансирование экологических проектов, которые необходимы для возмещения ущерба окружающей среде, наносимого выбранными производственными проектами, но только тех, которые не могут быть профинансированы инвесторами (из-за недостатка их бюджетов). Бюджетные ограничения (2.15) аналогичны ограничениям (2.4), а ограничения (2.17) совпадают по смыслу с ограничениями (2.10), дезагрегированными по отдельным инвесторам. В упрощенной постановке исчезают функционалы отдельных инвесторов, их заменяют требования положительности чистого приведенного дохода у каждого инвестора (ограничения (2.16)). Заметим, что в случае, когда каждый инвестор реализует только один производственный проект, левая часть неравенства (2.16) совпадает с  $NPV$  проекта. Ограничения (2.18), как и ограничения (2.11), формализуют процедуру оценки программы освоения территории с точки зрения потока получаемых благ и потерь для жителей – именно таким образом мы учитываем мнение населения и достигаем компромисса всех заинтересованных сторон.

Задача (2.12)–(2.18) является задачей одноуровневой оптимизации, оптимальные значения булевых переменных  $\xi_b$ ,  $\theta_j$ ,  $\zeta_b$ ,  $\omega_l$  определяются центром, исходя из критерия оптимизации бюджетных поступлений и доходов населения. Число таких переменных равно  $NP+NI+2*NE$  и в ситуации, когда это число не превосходит 50, задачу можно решать с помощью стандартных пакетов.

Приведенные постановки модели планирования – общая двухуровневая и упрощенная одноуровневая – открывают перспективы формирования эффективной программы освоения минерально-сырьевой базы и оптимального механизма ГЧП. Однако не все исходные данные задачи планирования могут быть достаточно корректно определены на практике – экспертные оценки экологических потерь  $EPI'_j$ ,  $EPP'_i$ , проектных и внепроектных доходов бюджета  $VDI'_j$ ,  $DBP'_i$ , экологического дохода  $EDE'_k$  могут быть использованы только в первом приближении, поскольку все они сложным образом зависят от реализуемого механизма государственно-частного партнерства.

Эта проблема может быть решена с помощью моделей прогнозирования, более подробно представляющей экономику и экологию проектов с одной стороны, и особенности сложившегося хода социально-экономического развития – с другой. Для этого можно использовать комбинацию модели пучка инвестиционных проектов и модели регионального прогнозирования, позволяющую «погрузить» найденное в модели планирования оптимальное управленческое решение в региональный воспроизводственный процесс. Это дает возможность построить траекторию функционирования экономики региона в процессе реализации намеченной в задаче планирования программы освоения территории в рамках полученного оптимального механизма государственно-частного партнерства, и уже на этой основе сгенерировать более корректные оценки экологических и бюджетных параметров, используемых на входе модели планирования.

Организовав итерационный процесс, на каждом шаге которого информационная база модели планирования подправляется сопряженной моделью прогнозирования, мы получаем комплекс экономико-математических моделей, позволяющий

поддержать процесс принятия управленческого решения при разработке эффективного механизма государственно-частного партнерства, согласующего долгосрочные интересы государства, частного инвестора и населения в процессе социально-экономического развития ресурсного региона.

\* \*  
\*

Несмотря на то, что значительная часть внимания правительства России сконцентрирована на проблемах развития минерально-сырьевого комплекса, попытки стимулировать использование различных форм партнерских отношений с частным бизнесом в этой сфере не сопровождаются принятием экономически выверенных управленческих решений. Политические потери, связанные с неудачным опытом реализации проектов ГЧП, финансируемых Инвестиционным фондом РФ, достаточно велики для того, чтобы государство всерьез озаботилось проблемой поддержки процесса принятия управленческих решений в этой сфере.

Предлагаемый в работе подход к разработке экономико-математического инструментария формирования и оценки моделей ГЧП позволяет снять значительную часть этих проблем. Модель пучка инвестиционных проектов дает возможность учесть все особенности минерально-сырьевой базы и детали проектного финансирования в процессе оценки механизма партнерства. Модель позволяет уже на этапе принятия решения спрогнозировать возникновение ситуаций, создающих экономические предпосылки к разрушению партнерских отношений и приостановке проекта.

Модели планирования (2.1)–(2.11), (2.12)–(2.18) настроены на решение основной проблемы управления ресурсным регионом и построение эффективной программы освоения минерально-сырьевой базы. На выходе этих моделей мы получаем и программу, и способ раздела затрат между государством и частным инвестором, укладывающийся в сегодняшнюю модель большей части российских ГЧП.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Лавлинский С.М.** Государственно-частное партнерство на сырьевой территории: экологические проблемы, модели и перспективы // Проблемы прогнозирования. – 2010. – № 1. – С. 99–110.
2. **Лавлинский С.М.** Модели индикативного планирования социально-экономического развития ресурсного региона. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 246 с.
3. **Варнавский В.Г.** Государственно-частное партнерство. – М.: Издательство Института мировой экономики и международных отношений, 2009. – Т. 1, 2. – 471 с.
4. **Глазырина И.П., Калгина И.С., Лавлинский С.М.** Проблемы освоения минерально-сырьевой базы востока России и перспективы модернизации региональной экономики в условиях сотрудничества с КНР // Регион: экономика и социология. – 2012. – № 4. – С. 42–57.
5. **Паспорт** инвестиционного проекта «Комплексное развитие Нижнего Приангарья».
6. **Методические** указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду. – РД 153-34.2-02.409-2003. РАО ЕЭС.
7. **Программа** сотрудничества между регионами Дальнего Востока и Восточной Сибири Российской Федерации и Северо-Востока Китайской Народной Республики (2009–2018 годы). – URL: <http://www.vedomosti.ru/newspaper/article/2009/10/12/216003>
8. **Анцыз С.М., Лавлинский С.М., Калгина И.С.** Формирование программы развития ресурсного региона: некоторые подходы // Вестник ЗабГУ. – 2013. – № 11(102) – С. 118–125.
9. **Kononov A.V., Kochetov Yu.A., Plyasunov A.V.** Competitive facility location models // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2009. – V. 49(6). – P. 994–1009.
10. **Plyasunov A.V., Panin A.A.** The pricing problem. Part I: Exact and approximate algorithms // Journal of Applied and Industrial Mathematics, 2013. – V. 7(2). – P. 1–14.
11. **Davydov I., Kochetov Y., Carrizosa E.** A local search heuristic for the (r|p)-centroid problem in the plane // Computers & Operations Research, 2014. – V. 52(B). – P. 334–340.