

УДК 332.1+330.4+339.9+502/504
ББК 65.9(2Рос) +65.28
П 82

П 82 **Труды Гранберговской конференции, 10–13 октября 2016 г.,**
Новосибирск : Междунар. конф. «Пространственный анализ со-
циально-экономических систем: история и современность» : сб.
докладов – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2017. – 526 с.

ISBN 978-5-89665-310-3

Сборник представляет доклады международной конференции "**Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность**", которая состоялась в ИЭОПП СО РАН 10-13 октября 2016 г. Доклады посвящены вопросам пространственного анализа и моделирования социально-экономических систем, использования новых методов и данных в этой области.

Конференция была посвящена памяти академика А.Г. Гранберга, внесшего не-
оценимый вклад в становление региональной науки в России. Публикуемые здесь труды
ученых из разных регионов и стран, принадлежащих к разным научным школам, пред-
ставляют современное состояние региональных исследований на постсоциалистическом
пространстве.

Идеи и выводы авторов не обязательно отражают мнения представляемых ими
организаций.

УДК 332.1+330.4+339.9+502/504
ББК 65.9(2Рос) +65.28

ISBN 978-5-89665-310-3

© ИЭОПП СО РАН, 2017

Полная версия электронного издания расположена по адресу:

http://lib.ieie.su/docs/2017/Trudy_Granbergovskoj_Konferencii/Trudy_Granbergovskoj_Konferencii.pdf

МОДЕЛЬ ШТАКЕЛЬБЕРГА И ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГЧП В МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

Аннотация

В статье обсуждается сегодняшний уровень развития института государственно-частного партнерства (ГЧП) в минерально-сырьевом комплексе России. Формулируется концепция механизма партнерства, в рамках которого государство на малоосвоенной территории дает налоговые льготы и оказывает помощь инвестору в создании инфраструктуры и реализации части необходимых природоохранных мероприятий. Это специфический российский механизм, он применяется в проектах создания производственной инфраструктуры с использованием средств Инвестиционного фонда РФ.

Для формирования такого механизма партнерства в работе предлагается новый подход, основанный на модели Штакельберга. Методика использования соответствующей двухуровневой задачи математического программирования демонстрируется на примере Забайкалья. Для него строится программа освоения группы месторождений полиметаллов с использованием механизма ГЧП, и исследуются свойства равновесных решений.

Результаты численных экспериментов подтверждают рациональность использования такого механизма ГЧП в условиях малоосвоенной территории. Они показывают, что важен выверенный подход к определению конкретного размера помощи инвестору со стороны государства, обеспечивающий эффективность для обоих партнеров.

Ключевые слова: двухуровневая задача целочисленного математического программирования, программа освоения минерально-сырьевой базы, Забайкальский край.

Механизм государственно-частного партнерства (ГЧП) широко используется в мире и является эффективным инструментом достижения компромисса интересов в различных сферах экономики. Мировой опыт демонстрирует успешность использования механизма ГЧП, прежде всего, для создания новой и поддержания существующей инфраструктуры общественного сектора. В минерально-сырьевом комплексе государственно-частное партнерство позволяет существенно расширить источники финансирования проектов, заинтересовать недропользователей в освоении новых месторождений в труднодоступных районах.

В России положение дел с развитием ГЧП в минерально-сырьевом комплексе следует признать неудовлетворительным. Так, характерной здесь является ситуация, когда инвестор не может реализовать инвестиционный проект, поскольку для этого нет необходимой инфраструктуры, а государство не хочет вкладывать деньги в инфраструктуру, пока нет уверенности в том, что эта инфраструктура будет загружена. Практические примеры решения этой проблемы в российских условиях немногочисленны, не очень успешны и говорят о необходимости создания специального экономико-математического инструментария для поддержки процесса разработки эффективной модели ГЧП.

Эта проблема находится в центре внимания настоящей работы. Основная цель – разработка экономико-математических моделей формирования эффективного механизма партнерства, основанных на теоретико-игровой модели Штакельберга и решении двухуровневых задач булевого программирования. Такой подход позволяет найти компромисс экономических интересов и обеспечивает эффективность в долгосрочном плане не только частным инвесторам, но и государству, ставящему перед собой задачу стратегического управления минерально-сырьевым комплексом.

1. Формы партнерства и механизмы принятия решения

Наибольшее распространение в минерально-сырьевом комплексе современной России получили две модели ГЧП [1–3]. Первая – соглашение о разделе продукции (СРП), обычно используемое для нефтегазовых проектов. Вторая модель применяется в проектах создания производственной инфраструктуры с использованием средств Инвестиционного фонда РФ. Обе модели имеют своим источником мировой опыт [4–6], но исходная форма в процессе адаптации к российским условиям претерпела существенные изменения.

В центре внимания статьи – проекты второго вида, использующие неклассическую модель ГЧП, порожденную российской спецификой.

Методически инвестиционные проекты становятся проектами ГЧП только в том случае, когда частная компания финансирует строительство и (или) эксплуатацию объектов государственной собственности [1]. В российских проектах 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.

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.

Другой проект этого ряда – проект «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»).

Оба эти проекта реализуются с разной скоростью и степенью успешности. В Нижнем Приангарье не в полной мере обоснованно государство взяло на себя большую часть затрат, связанных с проведением мероприятий, компенсирующих негативные экологические последствия строительства водохранилища.

В Забайкалье частный инвестор через три года после старта проекта заявил о своем намерении не выполнять обязательства по проекту в полном объеме согласно паспорту проекта. В результате под сомнение поставлена как его компетентность, так и необходимость дальнейшего бюджетного финансирования строительства железной дороги в полном объеме. В итоге государство сократило свои обязательства и строит лишь часть спроектированной дороги до станции Александровский завод.

Приведенные примеры говорят о том, что первый современный российский опыт ГЧП в промышленной и инфраструктурной сферах в рамках Инвестиционного фонда оказался не очень успешным. И здесь дело не только в переходном характере экономики и отсутствии необходимых рыночных институтов. Не последнюю роль в этом сыграло отсутствие комплексной оценки механизма реализации проекта ГЧП и используемой схемы проектного финансирования в момент принятия решения.

Анализ поданных в Инвестиционный фонд ТЭО вышеупомянутых российских проектов ГЧП позволяет говорить о недостаточном уровне их подготовки. В этих материалах основное внимание уделено проектам, реализуемым частными инвесторами. Для них сделаны автономные экономические оценки, но отсутствует комплексная оценка государства общей совокупности проектов, построенной с учетом того, что в реализацию инфраструктурных проектов будут вложены средства Инвестиционного фонда РФ.

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.

Цель работы – создание экономико-математического инструментария процесса формирования эффективной модели ГЧП.

2. Модель Штакельберга

Концептуальная модель формирования ГЧП может быть сформулирована следующим образом.

В условиях малоосвоенной ресурсной территории главенствующую роль в партнерстве должно играть государство – именно оно должно сделать первые шаги, создающие достаточные стимулы для прихода недропользователей. Государство в рамках ГЧП может оказать помощь потенциальному инвестору по трем направлениям:

1. Создание необходимой инфраструктуры.
2. Реализация части необходимых природоохранных мероприятий.
3. Налоговые льготы.

Так, при запуске и реализации сырьевых инвестиционных проектов, в рамках государственно-частного партнерства помощь государства направлена, в основном, на устранение проблем в инфраструктуре (дороги, электроснабжение и т.д.), так как зачастую экономика проекта частного инвестора не выдерживает дополнительных затрат, связанных с «привязкой» проекта к территории.

Экологическая реабилитация естественных экосистем представляет собой сложную процедуру ликвидации ущерба от реализации инвестиционных проектов сырьевой направленности. Как правило, это целый комплекс природоохранных мероприятий, компенсирующих негативные последствия процесса освоения месторождения. Полный комплекс таких компенсирующих мероприятий в ряде случаев может потребовать расходов, соразмерных с самим инвестиционным проектом, и здесь не обойтись без помощи частному инвестору, выражающейся в том, что финансирование части природоохранных мероприятий берет на себя государство.

Налоговые льготы для инвестора, работающего в рамках ГЧП, – эффективный рычаг подъема уровня заинтересованности инвестора в реализации проекта. Заложенные в механизм ГЧП налоговые льготы являются дополнительным инструментом достижения компромисса интересов инвестора и государства, в ряде случаев обеспечивающих положительную рентабельность даже в периоды низких цен.

Конкретная комбинация вышеперечисленных инструментов воздействия государства на экономику проекта и фиксированная схема проектного финансирования во многом определяют и уровень рентабельности для инвестора, и долю природно-ресурсной ренты, которую получает государство в виде налоговых платежей. Механизм партнерства эффективен, если достигнут компромисс интересов в паре «государство-инвестор», выражающийся в том, что инвестор в проекте достигает нужного уровня рентабельности, а государство получает большую часть ренты как части стоимости, созданной природой.

На вход модели формирования механизма государственно-частного партнерства подаётся следующий перечень данных:

– набор производственных проектов освоения месторождений, 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 производственных 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;

– механизм возможных налоговых льгот, предусматривающий несколько уровней льготирования инвестора.

Выход модели – программа развития территории (набор запускаемых инфраструктурных и производственных проектов), механизм раздела затрат в процессе реализации экологических проектов между государством и инвестором, а сценарий льготирования по отдельным проектам освоения.

Формальное описание задачи планирования может быть представлено следующим образом.

Обозначим через NP , NI и NE число производственных, инфраструктурных и экологических проектов, NTP – число уровней налоговых льгот, T – горизонт планирования, $i=1, \dots, NP$, $j=1, \dots, NI$, $k=1, \dots, NE$, $m=1, \dots, NTP$, $t=1, \dots, T$.

Производственный проект i :

CFP_i^t – поток наличности, EPP_i^t – стоимостная оценка экологических потерь, DBP_i^t – доходы бюджета от реализации проекта, ZPP_i^t – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта. TP_{im}^t – размер налоговой льготы уровня m по проекту i в году t .

Инфраструктурный проект j :

ZI_j^t – график затрат, EPI_j^t – стоимостная оценка экологических потерь, VDI_j^t – внепроектные доходы бюджета от реализации проекта, связанные с общим развитием экономики территории, ZPI_j^t – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта.

Экологический проект k :

ZE_k^t – график затрат, ZPE_k^t – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта, EDE_k^t – стоимостная оценка экологического дохода при реализации экологического проекта k в году t

Взаимосвязь проектов:

μ_{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.

ν_{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.

Дисконты и бюджетные ограничения:

DG – дисконт государства, DI – дисконт инвестора,

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

Введем следующие целочисленные переменные:

$z_i = 1$, если инвестор запускает производственный проект i , $z_i = 0$ в противном случае; $x_j = 1$, если государство запускает инфраструктурный проект j , $x_j = 0$ в противном случае; $y_k = 1$, если государство запускает экологический проект k , $y_k = 0$ в про-

тивном случае; $u_k = 1$, если инвестор реализует экологический проект k , $u_k = 0$ в противном случае;

φ_{im} – индикатор уровня льготирования i -ого производственного проекта, равный единице, если для i -ого производственного проекта государством установлена льгота уровня m , и 0 в противном случае.

Задача государства

Максимизировать дисконтированный поток наличности пары “государство-население”:

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

при условиях

$$\sum_{m=1}^{NTP} \varphi_{im} \leq 1, \quad i=1, \dots, NP, \quad (2)$$

$$\Phi_i^t = \sum_{m=1}^{NTP} \varphi_{im} * TP_{im}^t, \quad i=1, \dots, NP, \quad t=1, \dots, T, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{NI} ZI_j^t * x_j + \sum_{k=1}^{NE} ZE_k^t * y_k \leq BudG^t, \quad t=1, \dots, T, \quad (4)$$

$$x_j, y_k, \varphi_{im} \in \{0, 1\}, \quad i=1, \dots, NP, \quad j=1, \dots, NI, \quad k=1, \dots, NE, \quad m=1, \dots, NTP, \quad (5)$$

где векторы (z_i^*, u_k^*) – оптимальное решение задачи инвестора.

Задача инвестора

Инвестор максимизирует свой суммарный чистый приведенный доход:

$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^{NP} (CFP_i^t + \Phi_i^t) * z_i - \sum_{l=1}^{NE} ZE_l^t * u_l \right) / (1 + DI)^t \Rightarrow \max \quad (6)$$

при условиях

$$x_j \geq z_i * \mu_{ij}, \quad i=1, \dots, NP, \quad j=1, \dots, NI, \quad (7)$$

$$y_k + u_k \geq z_i * \nu_{ik}, \quad i=1, \dots, NP, \quad k=1, \dots, NE, \quad (8)$$

$$y_k + u_k \leq 1, \quad k=1, \dots, NE, \quad (9)$$

$$\sum_{l=1}^{NE} ZE_l^t * u_l - \sum_{i=1}^{NP} (CFP_i^t + \Phi_i^t) * z_i \leq BudI^t, \quad t=1, \dots, T, \quad (10)$$

$$\sum_{t=1}^T \left(\left(\sum_{i=1}^{NP} (ZPP_i^t - EPP_i^t) * z_i + \sum_{j=1}^{NI} (ZPI_j^t - EPI_j^t) * x_j + \right. \right. \quad (11)$$

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

$$z_i, u_k \in \{0, 1\}, \quad i=1, \dots, NP, \quad k=1, \dots, NE. \quad (12)$$

3. Анализ свойств равновесных решений

Для демонстрации методики использования такого инструментария в работе строится специальный модельный полигон, прообразом которого является набор месторождений полиметаллических руд Забайкальского края. Для него проведена кластеризация территории с учетом рельефа местности, природных водоразделов и особенностей имеющейся инфраструктуры. Для всей системы кластеров строится набор инфраструктурных проектов, часть из которых уже реализуется (железная дорога, ЛЭП), а другие восполняют отсутствующую на сегодня, но необходимую с учетом проектов освоения месторождений инфраструктуру для рассматриваемых кластеров (ЛЭП, автомобильные дороги). Для каждого из месторождений набор компенсирующих природоохранных мероприятий интегрировался в соответствующий комплексный экологический проект.

Таким способом разработанный модельный полигон позволяет учесть специфику моделируемого объекта и создает информационную базу для изучения свойств равновесия по Штакельбергу. Методика такого исследования основана на анализе чувствительности решений соответствующей двухуровневой задачи булевого программирования к изменению основных параметров модели. Этот вопрос принципиально важен, прежде всего, потому, что для многих параметров модели известны лишь рабочие диапазоны значений. Так, в процессе формирования программы освоения МСБ эксперт располагает лишь данными ТЭО проектов, а значительная часть параметров, такие как дисконты участников партнерства, экологические затраты и потери, могут быть оценены им лишь приближенно.

На рис. 1–3 приведены некоторые результаты численных экспериментов, поясняющие методику анализа свойств равновесных решений задачи (1)–(12). Здесь представлены оценки интенсивности помощи государства инвестору в реализации экологических проектов в зависимости от дисконта инвестора и соотношения экологических затрат и потерь. Мы видим, что характер такой зависимости достаточно сложен, а с ростом дисконта инвестора растет число экологических проектов, реализацию которых государство берет на себя.

Для фиксированных дисконтов участников партнерства государство помогает лишь в некотором диапазоне масштаба экологических затрат. Это вполне соотносится с опытом реализации проекта ГЧП в Нижнем Приангарье, в рамках которого государство, взяв на себя масштабный перечень затрат экологического толка, существенно потеряло в показателях эффективности.

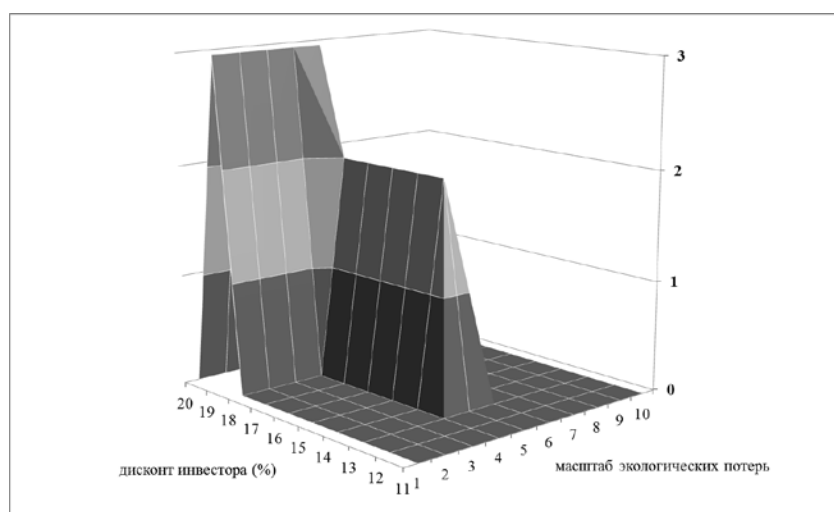


Рис.1. Дисконт инвестора, масштаб экологических потерь и число экологических проектов, реализуемых государством

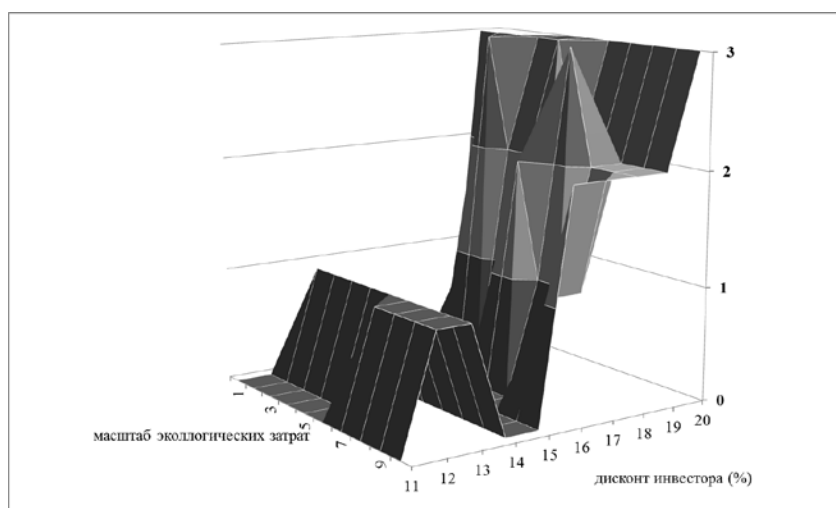


Рис.2. Дисконт инвестора, масштаб экологических затрат и число экологических проектов, реализуемых государством

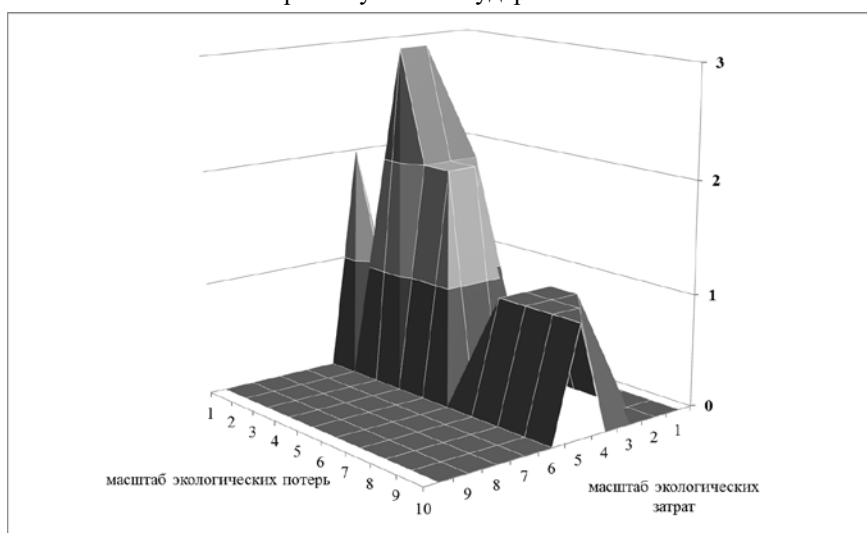


Рис.3. Масштаб экологических потерь, масштаб экологических затрат и число экологических проектов, реализуемых государством

4. Обсуждение полученных результатов

Результаты численных экспериментов подтверждают правомерность исходных посылок концепции модели ГЧП в минерально-сырьевом секторе, в рамках которой государству, действующему рационально на малоосвоенной территории, целесообразно использовать полный арсенал рычагов партнерства, включающий не только помощь инвестору в создании необходимой инфраструктуры, но и реализацию части необходимых природоохранных мероприятий, а также предоставление некоторых налоговых льгот. Мы видим, что в рамках построенной модели формирования механизма партнерства в некоторых случаях инвестор получает налоговые преференции, а государство берет на себя фиксированный перечень экологических проектов. Такое поведение рационально, но требует выверенного подхода к определению конкретного размера помощи.

Численные результаты показывают, что процедура взаимодействия «лидер-ведомый», положенная в основу модели Штакельберга, обеспечивает рациональность механизма партнерства, в котором роль лидера отведена государству, своими действиями создающему дополнительные стимулы для прихода инвесторов. В соответствии с этим и строится задача лидера, в которой государство принимает решение, основываясь на сво-

их бюджетных ограничениях и рациональном ответе частного инвестора, стремящегося максимизировать свой доход. Это позволяет достичь необходимого уровня компромисса интересов и уже на этой основе строить стратегию развития ресурсных территорий.

Работа поддержана грантами РФФИ (проект 16-06-00046), РГНФ (проекты 16-02-00049, 16-02-00102), Минобразования (Госзадание 2598).

Список источников

1. **Варнавский В.Г.** Государственно-частное партнерство. М.: Издательство Института мировой экономики и международных отношений, 2009, т.1,2.
2. **Дмитрикова А.П.** Приложение теории кооперативных игр к анализу отношений государственно-частного партнёрства // Записки Горного института. – СПб.: РИЦ СПГУ, 2011. – Т. 193. – С. 307–309.
3. **Резниченко Н.В.** Модели государственно-частного партнерства // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8: Менеджмент. – 2010. – № 4. – С. 58–83.
4. **Mayston D. J.** The Private Finance Initiative in the national health service: An unhealthy development in new public management // Financial accounting and management. – 1999 – V. 15 – N 3. – P. 249–274.
5. **Owen G., Merna A.** The Private Finance Initiative // Engineering, construction and architectural management – 1997. – V. 4 – N 3. – P.163–177.
6. **Quiggin J.** Risk, PPPs and the public sector comparator // Australian accounting review. – 2004. – V. 14. – N 33. – P. 51–61.

Информация об авторе

Лавлинский Сергей Михайлович (Россия, Новосибирск) – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник. Институт математики СО РАН (630090 Новосибирск, пр. Коптюга 4, e-mail: lavlin@math.nsc.ru)

Lavlinskii S.

THE STACKELBERG MODEL AND PPP MECHANISM FORMATION FOR THE RUSSIAN MINERAL RESOURCE SECTOR

Annotation

An analysis is presented for the current development level of the institution of public-private partnership (PPP) in the mineral resource sector of Russia. The general concept of the mechanism of partnership is formulated. It assumes a tax benefits and the help of the state in implementation of infrastructure and ecological projects in the low-developed territory. The model is applied in production infrastructure development projects financed by the Investment Fund of Russia. This is a Russia-specific model.

The proposed original approach to the development of a PPP mechanism is based on the Stackelberg model. The technique of use of the corresponding bilevel programming problem is shown on the example of Transbaikalia. The program of development for group of the polymetal fields is under construction with use of the PPP mechanism. Properties of equilibrium decisions are investigated. The rationality of such PPP mechanism is confirmed by the results of numerical experiments. It is shown that the verified approach to determination of the states help providing efficiency for both partners is important.

Keywords: bilevel integer programming problem, raw-material base development program, Transbaikal.