И.П. Глазырина

ИПРЭК СО РАН, Чита

С.М. Лавлинский

ИМ СО РАН, Новосибирск

Трансакционные издержки и проблемы освоения минерально-сырьевой базы ресурсного региона¹

Аннотация. В статье исследуется механизм сотрудничества государства и частного инвестора в процессе освоения минерально-сырьевой базы ресурсного региона с низким уровнем развития производственной инфраструктуры. В рамках этого механизма государство оказывает помощь инвестору не только в создании инфраструктуры, но и в реализации части необходимых природоохранных мероприятий. В работе на основе модели Штакельберга для оценки влияния трансакционных издержек на результативность такого сотрудничества с точки зрения эффективности раздела природно-ресурсной ренты строится специальный инструментарий. Для демонстрации возможностей подхода формируется модельный полигон, реальные данные которого позволяют учесть специфику моделируемого объекта. Это открывает возможность практического изучения свойств равновесия по Штакельбергу и программ освоения минерально-сырьевой базы, разработанных на его основе. Методика такого исследования построена на анализе чувствительности решений к изменению основных параметров модели. Для повышения общественной эффективности механизма сотрудничества с рентоориентированным инвестором и справедливого раздела ренты предлагаются меры, позволяющие существенно улучшить работу государственных институтов и тем самым снизить уровень трансакционных издержек как государства, так и частного инвестора.

Ключевые слова: механизмы сотрудничества государства и инвестора, раздел природно-ресурсной ренты, модель Штакельберга.

Классификация JEL: C6, Q32.

1. Введение

Значительная часть проблем, связанных с добычей природных ресурсов на малоосвоенных территориях РФ, концентрируется в области разработки механизмов сотрудничества государства и частного инвестора. Характерна 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. Даже в случае если проект сотрудничества запущен, то, как правило, нет гарантий, что в итоге будет достигнут долгосрочный компромисс интересов государства и инвестора, обеспечивающий инвестору достаточную рентабельность, а государству — получение возможно большей части природно-ресурсной ренты в виде налоговых платежей.

В ресурсном регионе эта проблема лежит в основе стратегического планирования, ядро которого — формирование программы освоения минерально-сырьевой базы (МСБ). В рамках программы необходимо

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 16-18-00073).

решить, какая производственная инфраструктура нужна для развития территории и привлечения инвесторов и можно ли пойти на трату бюджетных средств для оказания помощи инвестору в инфраструктурном и природоохранном строительстве, не нарушая основных принципов устойчивого развития, сохранения природы и получения обществом возможно большей части ренты как стоимости, созданной природой.

Устоявшаяся практика формирования программы освоения природных богатств оперирует, в основном, политическими аргументами и самыми простыми оценками эффективности принимаемых решений, основанными на анализе технологического проекта и текущих сырьевых цен. Как правило, вне поля зрения остаются высокие транзакционные издержки (ТИ), связанные с несовершенством государственных институтов, регулирующих функционирование минерально-сырьевого сектора. По мнению авторов, этот аспект проблемы на сегодняшний день недооценен, а механизм взаимодействия высоких ТИ и принципов сотрудничества государства и частного инвестора достаточно сложен и требует специального инструментария (Глазырина, Лавлинский, 2017; Glazyrina, Lavlinskii, 2017).

Как на этапе принятия решения учесть уровень ТИ, спрогнозировать ожидаемые пропорции раздела ренты и на этой основе оценить перспективы соблюдения интересов не только инвестора, но и государства как собственника недр? Эта проблема находится в центре внимания настоящей работы. Основная цель — разработка и анализ экономико-математических моделей формирования эффективной программы освоения МСБ, основанных на решении 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 (МСК).

2. Механизмы сотрудничества и раздел ренты

Каким должен быть механизм сотрудничества государства и частного инвестора, заложенный в основу программы освоения природных ресурсов территории с низким уровнем развития производственной инфраструктуры? Практические примеры такого сотрудничества в российском МСК немногочисленны и не очень успешны. Здесь показателен негативный опыт реализации наиболее крупных инфраструктурных проектов государственно-частного партнерства (ГЧП), реализуемых с участием Инвестиционного фонда РФ — «Комплексное развитие Нижнего Приангарья» и проекта «Создание транспортной инфраструктуры для освоения минерально-сырьевых ресурсов юго-востока Читинской области».

То, что Правительство РФ в данном случае называет термином «государственно-частное партнерство», с точки зрения западной

научной литературы таковым не является. Методически инвестиционные проекты становятся проектами ГЧП только в том случае, когда частная компания финансирует строительство и (или) эксплуатацию объектов государственной собственности (Варнавский, 2009). В российских проектах производственно-инфраструктурный комплекс, как правило, 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 РФ. Проект в Нижнем Приангарье включает в себя инфраструктурные проекты, строительство Богучанской ГЭС, алюминиевого завода и целлюлозно-бумажного комбината. Государственная поддержка предполагает софинансирование в части строительства ГЭС, реализацию большого комплекса природоохранных мероприятий и строительство объектов инфраструктуры.

В рамках проекта в Забайкалье предполагалось, что государство построит железнодорожную ветку «Нарын–Лугокан» (при этом будущий недропользователь обеспечит софинансирование), открывающую доступ к группе перспективных месторождений, осваивать которые должен частный инвестор (ОАО «Норильский никель»).

Оба проекта реализуются с разной скоростью и степенью успешности. В Нижнем Приангарье практически завершено строительство ГЭС, но часть проекта, финансируемая частным инвестором, отстает от запланированного графика ввода завода и комбината. В результате бюджет недополучает анонсированных в проектной документации доходов, а переселенное из зоны затопления население — обещанных благ и дополнительной социальной инфраструктуры.

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 связи с падением мировых цен на металлы. 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 построило лишь часть спроектированной дороги до станции «Александровский завод», вложив 24 млрд руб. Вклад «Норильского никеля» составил 8 млрд руб. Из первоначально запланированных в проекте 5 месторождений такая инфраструктура открывает доступ только к двум — Быстринскому и Бутдаинскому².

Приведенные примеры сотрудничества государства и частного инвестора говорят о том, что в поиске рациональных механизмов партнерства в МСК государство находится в начале пути. До уровня сотрудничества, принятого в развитых экономиках и предполагаю-

² Текущее состояние дел на этих двух месторождениях подтверждает отсутствие эффективно работающих институтов в МСК — частный инвестор заморозил проекты освоения в связи с падением рыночных цен, а железная дорога долго оставалась бесхозной, при этом активно разбиралась на металлолом для продажи в Китай. В 2015 г. дорога, в основном, восстановлена и запущена во временную эксплуатацию.

щего наличие эффективно работающих институтов, дистанция значительна, и требуется определенное время, чтобы трансформировать сегодняшний механизм сотрудничества в полноценную модель партнерства с инвестором, готовым финансировать собственность, принадлежащую государству.

Как мы видим в вышеприведенных примерах, в условиях малоосвоенной сырьевой территории помощь государства направлена, в основном, на устранение проблем в инфраструктуре и в реализации природоохранных мероприятий, компенсирующих негативные последствия процесса освоения месторождений. Эти примеры подтверждают также важную роль ТИ в управлении природными ресурсами, установленную в работах Э. Остром, О. Уильямсона и др. (Ostrom, 1997, 2009; Williamson, 1998; Challen, 2003; Marshall, 2013; McCann et al., 2005). Применительно к сфере природопользования эти авторы расширяют понятие ТИ по сравнению с традиционным представлением о том, что это затраты, возникающие в связи с заключением контрактов, а также издержки, сопровождающие взаимоотношения экономических агентов. В дальнейшем изложении мы будем использовать следующее определение ТИ, по поводу которого уже сложился определенный консенсус в литературе, посвященной эколого-экономическим исследованиям: ТИ в управлении природными ресурсами — это совокупные затраты на определение, установление, поддержание, функционирование и совершенствование соответствующих институтов (формальных и неформальных) и организаций; а также на выявление проблем, которые эти институты и организации призваны решать (Marshall, 2013, p. 187).

ТИ в случае реализации крупных минерально-сырьевых проектов в отдаленных районах страны могут быть очень значительны. Со стороны государства в них включены, в частности, контроль и мониторинг (в том числе технический и экологический), а также затраты на совершенствование обеспечивающих публичных институтов. Со стороны инвестора — это разработка оценки воздействия на окружающую среду, содержание служб, отвечающих за взаимодействие с соответствующими контролирующими органами, и т.д. В соответствии с (Marshall, 2013) мы будем различать транзакционные издержки до (ТИ-до) и транзакционные издержки после (ТИ-после) начала реализации проекта. Это связано с тем, что ТИ в управлении природными ресурсами до и после нацелены на решение существенно разных задач (Глазырина, 2016). Кроме того, в зависимости от институциональной среды они могут по-разному распределяться между государством и бизнесом, и модель должна обладать функционалом, улавливающим это обстоятельство.

Таким образом, в самом общем случае механизм сотрудничества государства и частного инвестора в условиях малоосвоенной ресурсной территории может строиться на основе помощи государ-

ства потенциальному инвестору в части создания производственной инфраструктуры и реализации необходимых природоохранных мероприятий³. В таком механизме всегда присутствуют спорные моменты, роль которых в модели выполняют ТИ.

В этих условиях проблема разработки эффективной программы освоения МСБ сводится к задаче определения объемов государственной помощи инвестору по двум направлениям – прямых государственных инвестиций на развитие инфраструктуры и финансирования части компенсирующих природоохранных мероприятий. Вопрос о привлечении публичных финансовых ресурсов (т.е. об участии государства, представляющего интересы общества) в проектах частных компаний для решения природоохранных задач, по-видимому, является наиболее дискуссионным. Авторы не готовы утверждать, что это приемлемо в любых проектах. Однако в тех случаях, когда речь идет о регионах с низким уровнем развития инфраструктуры вообще и жилищно-коммунальной в частности (к ним можно отнести практически все территории на востоке России), существуют достаточно убедительные основания для таких решений.

Во-первых, новые средозащитные объекты, кроме производственных, могут (или будут) выполнять важные социальные функции; к ним можно отнести прежде всего очистные сооружения и полигоны для размещения отходов. В отдаленных районах Сибири и Дальнего Востока в большинстве населенных пунктов никогда прежде таких объектов не было. Их строительство позволит системно осуществлять строительство благоустроенного жилья⁴ и социально значимых объектов, решить накопившиеся проблемы ТБО, которые в некоторых районах, несмотря на малолюдность, достигли катастрофических масштабов.

Во-вторых, часто именно потому, что природоохранные меры необходимо начинать с чистого листа, они объективно требуют на начальном этапе вложений в таких объемах, что у инвестора исчезает мотивация для развития производства.

Конкретная комбинация вышеперечисленных инструментов воздействия государства на экономику проектов, уровень ТИ 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.

Каким образом может быть формализована такая задача стратегического планирования? В основе анализа программы освоения природных ресурсов лежит процедура рентной оценки месторождений, позволяющая для конкретного проекта освоения и фиксированного сценария внешних условий определить размер сверхдоходов, генерируемых в процессе освоения. Такого рода оценки необходимы для выбора перспективных, с точки зрения инвесторов, месторожде-

³ Авторы разделяют концептуальный подход об экологическом предназначении природно-ресурсной ренты Е.В. Рюминой, глубоко и обоснованно представленный в (Рюмина, 2009).

⁴ Например, в Забайкальском крае доля благоустроенного жилья в 2016 г. составляла чуть более 50%, оно сосредоточено преимущественно в красном центре и немногочисленных городах.

ний и формирования эффективной программы освоения минерально-сырьевой базы.

В общем случае получение рентной оценки месторождения может быть основано на построении чистого дисконтированного дохода NPV -проекта:

$$NPV = \sum_{t=1}^T [(D_t - R_t) / (1 + E)^t], \quad (1)$$

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 проекта; T — длительность периода освоения.

Рентная оценка месторождения NPV отражает общий уровень эффективности проекта и соответствует дисконтированному потоку наличности для пары «инвестор — государство», в которой государство играет пассивную роль собственника ресурсов и получателя бюджетных доходов в соответствии с фиксированной системой налогообложения. Другое дело — активная позиция государства, использующего конкретный механизм сотрудничества с частным инвестором. В рамках такого сотрудничества государство уже участвует в финансировании капитальных вложений, строя инфраструктурные объекты и реализуя часть необходимых природоохранных мероприятий.

Поэтому, рассматривая государство как соинвестора проекта, мы можем поставить вопрос о рентабельности его участия в проекте. Ответ на этот вопрос определяется знаком, аналогичным уравнению (1), чистого дисконтированного дохода государства от реализации проекта $NPV_{\text{гос}}$, построенного с учетом, что в расходы государства входят транзакционные издержки STC_t и капитальные затраты SR_t (т.е. вложения в инфраструктуру и природоохранные мероприятия), а в доходы — налоговые платежи от оцениваемого проекта tax_t и будущие внепроектные доходы VD_t , не связанные с проектом и порождаемые развитием инфраструктуры территории:

$$NPV_{\text{гос}} = \sum_{t=-T_1}^{ST} \frac{VD_t - SR_t + tax_t - STC_t}{(1 + E_{\text{гос}})^t}. \quad (2)$$

Здесь предполагается, что государство ежегодно T_1 лет несет ТИ до момента старта проекта. Обозначив через T_2 длительность периода, в течение которого инвестор несет транзакционные издержки до момента старта проекта, можно построить для инвестора $NPV_{\text{инв}}$, аналогичное (2), в котором в расходы включены налоговые платежи tax_t , ТИ инвестора ITC_t и капитальные расходы, уменьшенные по сравнению с проектными с учетом участия государства:

$$NPV_{\text{инв}} = \sum_{t=-T_2}^T \frac{D_t - (R_t - SR_t) - tax_t - ITC_t}{(1 + E_{\text{инв}})^t}. \quad (3)$$

Инвестору интересен проект освоения месторождения, если $NPV_{инв} > 0$. Для государства, использующего больший временной горизонт ST в расчетах $NPV_{гос}$ и существенно меньший, чем у инвестора, дисконт, важны и отдаленные, за горизонтом проекта, внепроектные доходы. Они в силу малости дисконта вносят существенный вклад в $NPV_{гос}$ и могут обеспечить его положительность.

Вся программа освоения МСБ, состоящая из набора инфраструктурных, природоохранных и производственных проектов, реализуемых в рамках фиксированного механизма сотрудничества государства и частного инвестора, представляет комплексный проект, чистый дисконтированный доход которого определяет рентную оценку $\overline{NPV}_{пр}$ совокупности месторождений, вошедших в программу:

$$\overline{NPV}_{пр} = \sum_{t=1}^T \frac{\overline{D}_t - \overline{R}_t}{(1 + \overline{E})^t}, \quad (4)$$

где $\overline{D}_t$, $\overline{R}_t$ — общие доходы и расходы программы, а $\overline{E}$ — норма дисконта программы.

В процессе реализации программы каждый участник — государство и инвестор — генерирует свой поток доходов $\overline{DS}_t$, $\overline{DI}_t$ и расходов $\overline{RS}_t$, $\overline{RI}_t$, структура которых соответствует (2) и (3). Для того чтобы определить, каким образом при этом делится рента, нужно провести анализ этих потоков и построить чистые дисконтированные доходы государства $\overline{NPV}_{гос}$ и инвестора $\overline{NPV}_{инв}$, принимая в качестве дисконтов дисконт программы $\overline{E}$. Доля ренты δ , получаемая государством, оценивается по формулам:

$$\overline{NPV}_{гос} = \sum_{t=T_1}^T \frac{\overline{DS}_t - \overline{RS}_t}{(1 + \overline{E})^t}, \quad \overline{NPV}_{инв} = \sum_{t=T_2}^T \frac{\overline{DI}_t - \overline{RI}_t}{(1 + \overline{E})^t}, \quad \delta = \frac{\overline{NPV}_{гос}}{\overline{NPV}_{пр}}. \quad (5)$$

Каким должен быть выбран дисконт программы освоения $\overline{E}$? На рис. 1 представлен характерный график зависимости δ от $\overline{E}$, построенный на основе анализа программы освоения МСБ Забайкальского края с вышеописанным механизмом сотрудничества. По мере приближения $\overline{E}$ к значению внутренней рентабельности программы освоения $\overline{IRR}_{пр}$ — точке разрыва функции δ — уже невозможно корректно оценить долю ренты, получаемую государством, а значит, и качество механизма сотрудничества⁵. Это обстоятельство позволяет рекомендовать для выбора $\overline{E}$ диапазон невысоких дисконтов, характерных для государства собственника недр.

Именно по этим принципам будет выбираться $\overline{E}$ в предлагаемых далее моделях формирования механизма сотрудничества, основанных на решении задач булева программирования с целевой функцией в виде государственной части ренты (Лавлинский и др., 2016).

⁵ Это связано с воздействием налоговой системы на потоки инвестора, государства и программы в целом. Принципиально важно, что для каждого фиксированного года отсутствует баланс доходов и расходов в системе — его нарушают ТИ и принятые в хозяйственной практике механизмы уплаты налогов. Среди наиболее важных из них — механизм расходов будущих периодов, возврат экспортного НДС, налоги, уплачиваемые из прибыли. При росте $\overline{E}$ в дисконтированном потоке инвестора падает роль доходов от продажи природных ресурсов — основного компонента $\overline{NPV}_{инв}$, который, начиная с некоторого значения дисконта, становится отрицательным.

Рис. 1

Результаты раздела ренты и параметр $\bar{E}$

3. Модели формирования механизма сотрудничества

Методика разработки эффективного механизма сотрудничества, обеспечивающего компромисс интересов участников на малоосвоенной территории, может быть построена на основе модели Штакельберга. Лидером здесь выступает государство, запускающее проекты строительства производственной инфраструктуры (дороги, электроснабжение и т.д.), не только развивающие экономику территории, но и от-

крывающие частному инвестору возможность рентабельного освоения месторождений. Роль ведомого в модели отведена частному инвестору, рационально выбирающему программу освоения МСБ в ответ на действия государства, устраняющего проблему дополнительных затрат инвестора, связанных с привязкой проектов к территории.

На первый взгляд, такая постановка противоречит сложившейся практике — инициативу освоения месторождения обычно проявляет инвестор. Однако без принципиальных решений со стороны государства — как о продаже лицензии, так и о вкладе публичных финансов в создание инфраструктуры — инвестор не принимает решения о реализации проекта, т.е. можно считать, что первый ход делает именно государство. В соответствии с этим на вход модели формирования механизма сотрудничества подаются данные:

- набор инфраструктурных проектов, реализуемых государством, конкретный перечень которых государство выбирает исходя из своих оценок эффективности с точки зрения перспектив долгосрочного развития территории;
- набор производственных проектов освоения месторождений, реализуемых частным инвестором, конкретную конфигурацию которых инвестор выбирает в зависимости от того что предлагает государство в области инфраструктурного строительства;
- 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.

Выход модели — программа освоения МСБ и механизм раздела природоохранных затрат между государством и инвестором.

Формальное описание задачи планирования может быть представлено следующим образом. Обозначим через NP , NI и NE – число производственных, инфраструктурных и экологических проектов, T – горизонт планирования, $i = 1, \dots, NP$; $j = 1, \dots, NI$; $k = 1, \dots, NE$; номер года $t = -\max(T_1, T_2), \dots, T$.

Производственный проект i : CFP_{it} – поток наличности; EPP_{it} – стоимостная оценка экологических потерь; STC_{it} , ITC_{it} – ТИ государства и инвестора, возникающие в процессе реализации проекта i ; DBP_{it} – доходы бюджета от проекта.

Инфраструктурный проект j : ZI_{jt} – график затрат, EPI_{jt} – стоимостная оценка экологических потерь, VDI_{jt} – внепроектные доходы бюджета от реализации проекта, связанные с общим развитием экономики территории.

Экологический проект k характеризуется графиком затрат ZE_{kt} .

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 случае⁶; 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.

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 противном случае;

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

$\bar{y}_k = 1$, если государство декларирует о своей готовности взять на себя реализацию экологического проекта k , $\bar{y}_k = 0$ – в противном случае.

3.1. Модель Штакельберга

Процедура взаимодействия «лидер – ведомый», положенная в основу модели Штакельберга, достаточно точно описывает механизм взаимодействия государства и инвестора на малоосвоенной ресурсной территории, в котором главенствующую роль в сотрудничестве должно играть государство – именно оно должно сделать первые

⁶ Именно этот параметр и ограничение (11) в постановке модели фиксируют позицию лидера у государства в игре Штакельберга – инвестор не может начать проект освоения, пока государством не создана необходимая инфраструктура.

шаги, создающие достаточные стимулы для прихода недропользователей. Модель формулируется в виде следующей задачи двухуровневого математического программирования L_2 .

Задача государства – максимизировать часть ренты, приходящуюся на долю государства:

$$\sum_{t=-T_1}^T \left[\sum_{i=1}^{NP} (DBP_{it} - STC_{it} - EPP_{it}) z_i + \sum_{j=1}^{NI} (VDI_{jt} - EPI_{jt} - ZI_{jt}) x_j - \sum_{k=1}^{NE} ZE_{kt} y_k \right] / (1 + DG)^t \Rightarrow \max \quad (6)$$

при условиях:

$$\sum_{j=1}^{NI} ZI_{jt} x_j + \sum_{k=1}^{NE} ZE_{kt} \bar{y}_k \leq BudG_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (7)$$

$$(y, z, u) \in F(x, \bar{y}), \quad (8)$$

$$x_j, \bar{y}_k \in \{0; 1\}, \quad j = 1, \dots, NI, \quad k = 1, \dots, NE, \quad (9)$$

где $F(x, \bar{y})$ – множество оптимальных решений задачи инвестора.

Задача инвестора – максимизировать суммарный чистый приведенный доход:

$$\sum_{t=-T_2}^T \left(\sum_{i=1}^{NP} (CFP_{it} - ITC_{it}) z_i - \sum_{l=1}^{NE} ZE_{lt} u_l \right) / (1 + DI)^t \Rightarrow \max \quad (10)$$

при условиях

$$x_j \geq z_i \mu_{ij}; \quad i = 1, \dots, NP; \quad j = 1, \dots, NI, \quad (11)$$

$$y_k + u_k \geq z_i v_{ik}; \quad i = 1, \dots, NP; \quad k = 1, \dots, NE, \quad (12)$$

$$y_k + u_k \leq 1, \quad k = 1, \dots, NE, \quad (13)$$

$$(y_k + u_k) v_{ik} \leq z_i; \quad i = 1, \dots, NP; \quad k = 1, \dots, NE, \quad (14)$$

$$y_k \leq \bar{y}_k, \quad k = 1, \dots, NE, \quad (15)$$

$$\sum_{l=1}^{NE} ZE_{lt} u_l - \sum_{i=1}^{NP} (CFP_{it} - ITC_{it}) z_i \leq BudI_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (16)$$

$$y_k, z_i, u_k \in \{0; 1\}, \quad i = 1, \dots, NP, \quad k = 1, \dots, NE. \quad (17)$$

В сформулированной модели инвестор максимизирует $\overline{NPV}_{инв}$, а государство в качестве основной цели видит получение как можно большей части ренты $\overline{NPV}_{гос}$ с учетом не только ТИ, но и стоимостной оценки экологических потерь от реализации выбранной программы освоения МСБ. Бюджеты государства и инвестора накладывают ограничения вида (7) и (16) на возможный к выполнению набор проектов. Ограничения (11)–(12) фиксируют взаимосвязь производственных, инфраструктурных и экологических проектов. Каждый экологический проект может быть запущен только одним из партнеров (13) и должен быть необходим для реализации какого-либо производственного проекта (14). Экологический проект может быть закреплен за государством только в том случае, если государство его включило в свой перечень (15).

На выходе модели — конструкция эколого-экономической модели сотрудничества $\{x_j, y_k, z_i, u_k\}$, определяющей механизм раздела затрат и программу освоения МСБ региона.

3.2. Модель информированного государства

При некоторых предположениях относительно возможностей государства исходная двухуровневая постановка задачи планирования может быть существенно упрощена и сведена к одноуровневой задаче математического программирования. Это возможно, если государство информировано о технологических проектах освоения месторождений и деталях проектного финансирования. Тогда модель трансформируется в следующую задачу булева программирования L_1 :

$$\sum_{t=-T_1}^T \left(\sum_{i=1}^{NP} (DBP_{it} - STC_{it} - EPP_{it}) z_i + \sum_{j=1}^{NI} (VDI_{jt} - EPI_{jt} - ZI_{jt}) x_j - \sum_{k=1}^{NE} ZE_{kt} y_k \right) \frac{1}{(1 + DG)^t} \Rightarrow \max \quad (18)$$

при условиях:

$$\sum_{j=1}^{NI} ZI_{jt} x_j + \sum_{k=1}^{NE} ZE_{kt} y_k \leq BudG_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (19)$$

$$\sum_{l=1}^{NE} ZE_{lt} u_l - \sum_{i=1}^{NP} (CFP_{it} - ITC_{it}) z_i \leq BudI_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (20)$$

$$\sum_{t=-T_2}^T \left[\sum_{i=1}^{NP} (CFP_{it} - ITC_{it}) z_i - \sum_{l=1}^{NE} ZE_{lt} u_l \right] / (1 + DI)^t \geq 0, \quad (21)$$

$$x_j \geq z_i \mu_{ij}; \quad i = 1, \dots, NP; \quad j = 1, \dots, NI, \quad (22)$$

$$y_k + u_k \geq z_i v_{ik}; \quad i = 1, \dots, NP; \quad k = 1, \dots, NE, \quad (23)$$

$$y_k + u_k \leq 1, \quad k = 1, \dots, NE, \quad (24)$$

$$(y_k + u_k) v_{ik} \leq z_i; \quad i = 1, \dots, NP; \quad k = 1, \dots, NE, \quad (25)$$

$$x_j, y_k, z_i, u_k \in \{0; 1\}, \quad i = 1, \dots, NP; \quad j = 1, \dots, NI; \quad k = 1, \dots, NE. \quad (26)$$

В модели (18)–(26) та же целевая функция, что и у государства в модели L_2 , а аппетиты инвестора ограничиваются информированным государством (соотношением (21), обеспечивающим достижение инвестором необходимого для компромисса интересов уровня рентабельности, определяемой его дисконтом). Таким образом, государство, зная многое об инвесторе, конструирует механизм сотрудничества.

Принципиально важно, что обе модели работают на единой информационной базе, а решение одноуровневой задачи L_1 определяет верхнюю границу по функционалу для модели L_2 . Это свойство

моделей будет нами использоваться далее при анализе воздействия ТИ на механизм формирования программы освоения МСБ.

4. ТИ и эффективность механизма сотрудничества

Для анализа чувствительности свойств механизма сотрудничества к изменению ТИ был построен модельный полигон, прообразом которого служит минерально-сырьевая база Забайкальского края. Здесь были выделены десять месторождений полиметаллических руд, разбитых на три кластера с учетом рельефа местности, природных водоразделов и особенностей имеющейся инфраструктуры. Для системы кластеров было построено пять 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 каждого месторождения набор компенсирующих природоохранных мероприятий интегрировался в соответствующий комплексный экологический проект.

Информационная база моделей L_1 , L_2 формируется с помощью специализированных прогнозных моделей, позволяющих в достаточной степени детально описать процессы реализации проектов всех видов (Glazutina, Lavlinskii, 2017). Для инфраструктурных и природоохранных проектов затраты ZI_{it} , ZE_{it} определяются на основе проектной документации.

Для проектов освоения месторождений в моделях формируются прогнозы рыночных цен и объемов реализации продукции, а прогнозы капитальных и эксплуатационных затрат всех видов — на основе ТЭО проекта, определяющего полный объем технологически необходимых затрат. График ТИ инвестора ITC_{it} задается экспертным образом на входе модели. Это позволяет спрогнозировать поток наличности CFP_{it} ⁷ и доходы бюджета DBP_{it} ⁸, в которых учтены все виды налоговых платежей, технологических затрат, отраженных в ТЭО проекта, и ТИ инвестора.

График ТИ государства STC_{it} зависит от характеристик месторождения и служит экзогенным параметром модели процесса освоения, задаваемым экспертным образом.

Таким образом, для государства и инвестора ТИ-после в модели вынесены за границу производственных издержек. ТИ-до по своей природе несутся в период, когда никаких других нет. Это позволяет говорить о том, что издержки ITC_{it} и STC_{it} в рамках модели отличны

от элементов производственных издержек при реализации инвестиционного проекта и при определенных условиях могут трактоваться именно как трансакционные издержки.

Какие ТИ положены в основу предлагаемой модели?

Для государства к ТИ-до отнесены расходы на формирование

⁷ В формировании которого ТИ инвестора не включаются.

⁸ Налоговые платежи по видам формируются в соответствии с используемой налоговой схемой и непосредственно учитывают ТИ инвестора.

и функционирование природоохранных институтов, научное и информационное обеспечение их работы, расходы на процедуры выдачи разрешительных документов, определяющих допустимое экологическое воздействие, различные согласования и т.п. В ТИ-после включаются затраты на мониторинг и контроль за экологическими воздействиями работающих предприятий, ТИ-принуждения для обеспечения выполнения экологических обязательств, включая судебные и административные и т.д.

Для инвестора в ТИ-до входят исследования и информационное обеспечение; разработка проекта, подготовка документации; получение разрешительных документов, определяющих допустимое экологическое воздействие; заключение предварительных контрактов, их правовое сопровождение и т.п. В ТИ-после – управление проектом; производственный мониторинг; заключение текущих контрактов на выполнение работ по снижению негативного воздействия и т.д. Сюда же относятся издержки, связанные с адаптацией к изменяющимся условиям в период выполнения проекта (технологическим, климатическим, экологическим, институциональным).

Относительно способов формализации вышеперечисленных ТИ в модели сделаны следующие предположения.

1. Величина ТИ государства зависит от объема капвложений проекта. Государство в течение T_1 лет несет ТИ-до и в течение T_3 лет ТИ-после в размере фиксированных процентов от суммарных капитальных вложений проекта соответственно.

2. Для инвестора задается общий размер ТИ – фиксированный процент от суммарных капитальных вложений проекта и график их распределения по годам – T_2 лет до и T_4 лет после. Как правило, ТИ инвестора нарастают к моменту запуска и убывают в процессе реализации проекта.

3. Для инвестора фиксируется не только уровень ТИ, но и то, какая часть их относится на себестоимость⁹.

Такой способ формализации вышеперечисленных ТИ позволяет уловить в агрегированном виде особенности их динамического поведения и может быть, по мнению авторов, использован на том уровне детализации процессов взаимодействия государства и частного инвестора, который был положен в основу моделей L_1 и L_2 .

Построенный модельный полигон позволяет исследовать устойчивость решения задач¹⁰ к изменению параметров ТИ и применить полученные результаты для формулировки практических рекомендаций для сферы управления недропользованием.

На рис. 2 приведены результаты расчетов, в которых варьировались дисконты участников при нулевых ТИ. Здесь и далее по тексту в секторах A и B описаны поверхности, соответствующие значениям целевой функции государства в постановках L_2 и L_1 – стоимостные оценки части ренты, полученной государством. Поверхности в секто-

⁹ В общем случае этот параметр зависит от системы налогообложения.

¹⁰ Методы решения задачи двухуровневого программирования основаны на локальном поиске и приведены в работе (Лавлинский и др., 2016).

рах C и D соответствуют δ — долям ренты, полученным государством в этих постановках и выраженным в процентах от рентной оценки программы освоения, найденной в ходе решения. Значениям целевой функции инвестора в модели L_2 и L_1 соответствуют сектора E и F .

В обеих постановках для малых дисконтов инвестора государство реализует полную инфраструктурную программу, открывая инвестору возможность освоения всего комплекса месторождений. При росте дисконта инвестора государство сворачивает инфраструктурную программу, зануляя и рентную оценку, и свою долю δ . Анализ поверхностей на рис. 2 позволяет говорить о том, что для невысоких дисконтов участников при отсутствии трения в механизме сотрудничества — нулевых ТИ — рентоориентированное поведение инвестора в постановке L_2 приводит практически к тем же результатам, что и взаимодействие участников в рамках модели информированного государства L_1 .

Что происходит, когда ТИ становятся отличными от нуля? Для определенности предположим, что дисконты инвестора и государства

Рис. 2

Раздел ренты в зависимости от дисконтов государства и инвестора (ТИ отсутствуют)

закреплены на уровне 15 и 5% соответственно. На рис. 3 представлены результаты численных экспериментов, в ходе которых варьировались уровни ТИ государства и инвестора. Расчеты показывают, что в модели L_2 государство строит инфраструктуру и оказывает помощь инвестору в реализации природоохранных мероприятий в узком диапазоне своих ТИ и при небольших ТИ инвестора. Здесь реализуется полноценная инфраструктурная программа, сокращение которой происходит по мере роста ТИ инвестора. Такой рост издержек инвестора сопровождается увеличением размера помощи со стороны государства только до определенного уровня, за которым сворачиваются и помощь, и инфраструктурная программа.

В модели L_1 число инфраструктурных проектов, реализуемых государством, практически не зависит от ТИ инвестора. При малых STC государство строит инфраструктуру в полном объеме, но при росте ТИ резко снижает интенсивность такого строительства. Такое поведение государство объясняет различия в характере поверхностей

Рис. 3

Раздел ренты в зависимости от ТИ инвестора и государства

на рис. 3. В рассматриваемом случае мы видим максимальную чувствительность к росту ТИ государства для обоих механизмов сотрудничества. Рост ТИ инвестора особенно негативно воздействует на эффективность участников в модели L_2 — в первую очередь теряет инвестор, но и государство также несет потери, связанные с сокращением бюджетных потоков. Для инвестора модель L_2 обеспечивает больший запас прочности при росте его ТИ (см. рис. 3, E), чем в модели L_1 , где государство отслеживает уровень рентабельности инвестора и оперативно снижает интенсивность помощи, уменьшая функционал инвестора до нуля в области высоких ТИ.

Еще более негативным образом на показатели эффективности программы освоения МСБ сказывается рост ТИ государства на фоне высокого дисконта инвестора. На рис. 4 представлены результаты расчетов, в ходе которых ТИ инвестора фиксировались на среднем уровне, а менялись дисконт инвестора и ТИ государства. В этом случае государство в рамках обеих моделей строит инфраструктуру в минимальном объеме даже для высоких ТИ государства при условии, что дисконт инвестора минимален, но при этом существенно страдает программа помощи инвестору в реализации природоохранных проектов. Значения целевой функции участников сотрудничества резко падают, как только мы уходим из зоны малых дисконтов и ТИ.

Существенно меньшее отрицательное воздействие на показатели эффективности оказывает рост ТИ инвестора на фоне высокого дисконта государства. Результаты вычислений, в которых ТИ государства фиксировались на среднем уровне и анализировались последствия одновременного роста ТИ инвестора и дисконта государства показывают, что модель L_1 вне зоны высоких дисконтов реализует полноценную инфраструктурную программу, сопровождаемую значительной помощью государства в реализации природоохранных проектов. В модели L_2 государство в большей степени чувствует ТИ инвестора и снижает объем инфраструктурного строительства при росте $ИТС$. Это прежде всего сказывается на доле ренты государства δ и объясняет различия на рис. 5 в секторах C и D . Функционал инвестора оказывается малочувствительным к росту дисконта государства и определяется в основном ТИ инвестора.

Поскольку нормы дисконтирования и размеры ТИ независимыми не являются, то с ростом последних дисконт инвестора будет расти. Однако вряд ли есть надежда на выявление сколько-нибудь более детальной зависимости между этими величинами в силу потенциального разнообразия проектов сотрудничества. Кроме того, не очевидно, как будут вести себя дисконты государства с увеличением ТИ. В ряде случаев, когда повышение ТИ связано с институциональной трансформацией, призванной обеспечить экологическую безопасность и социальное благополучие (а следовательно, снизить потенциальные общественные затраты на ликвидацию негативных

Рис. 4

Раздел ренты в зависимости от ТИ государства и дисконта инвестора

последствий), государство/общество может быть готово к более низким нормам дисконтирования.

Эти соображения в определенной степени оправдывают то, что в модели зависимость между ТИ и дисконтами не представлена в явном виде. Более важным, по мнению авторов, здесь является воздействие на формирование дисконта в минерально-сырьевом комплексе сегодняшней России рыночных и макроэкономических факторов, связанных с высокой инфляцией, нестационарным курсом рубля, постоянно меняющейся системой налогообложения. Однако возможности модельного инструментария позволяют задать на входе варианты функциональной связи и строить модельные прогнозы результатов сотрудничества для различных сочетаний ТИ и дискон-

Рис. 5

Раздел ренты в зависимости от ТИ инвестора и дисконта государства

тов, в частности для получения ответа на вопрос о том, насколько при снижении ТИ может быть уменьшен дисконт для обеспечения приемлемой рентабельности.

5. Обсуждение полученных результатов

Результаты моделирования позволяют оценить воздействие ТИ на эффективность программ освоения МСБ, генерируемых в моделях L_1 и L_2 . Хотя механизм взаимодействия государства и частного инвестора в обеих моделях основан на помощи государства в инфраструктурном и природоохранном строительстве, исходные предположения об уровне информированности и возможностях государства в существенной степени различны. Это обстоятельство определяет различие

в результатах и степени воздействия на них ТИ. Расчеты показывают, что величина ТИ, их распределение между инвестором и государством могут существенным, и априори неочевидным, образом оказывать воздействие и на эффективность производственных процессов, и на достижение баланса интересов.

Основные выводы, следующие из результатов моделирования, могут быть сформулированы следующим образом.

1. Среди ТИ наибольший урон показателям эффективности сотрудничества наносит рост ТИ государства. Важным фактором, сопоставимым с дисконтами партнеров, служит уровень ТИ государства, причем наиболее негативным образом сказывается его рост на фоне высокого дисконта инвестора. Это говорит о том, что в неблагоприятных инвестиционных условиях (следствием которых является высокий дисконт) особенно важно не допускать роста ТИ государства¹¹. Наиболее естественный путь к этому лежит через повышение эффективности работы государственных институтов эколого-экономического регулирования, снижение их избыточных функций и необоснованных затрат.

Однако надо отдавать себе отчет в том, что стремление снизить ТИ государства целесообразно лишь до определенных пределов. Для согласования экономических и экологических интересов общества и бизнеса необходимы эффективные институты, которые не приходят бесплатно (Marshall, 2013, p. 185). Постановка задачи минимизации может иметь опасные последствия, так как почти всегда в первую очередь жертвуют экологическими интересами общества и устойчивостью экосистем.

2. Государству в процессе принятия решения целесообразно использовать средний диапазон значений своего дисконта. При малых и больших дисконтах государство существенно сокращает свою долю ренты при росте ТИ инвестора¹². Значительная часть дисконта государства порождена его транзакционными издержками и уже поэтому не может быть ниже фиксированного уровня. Кроме того, малый дисконт противоречит роли государства в сотрудничестве — как собственника природных ресурсов, финансирующего часть программы освоения на самом важном первом этапе, когда создается инфраструктура, необходимая для запуска проектов освоения месторождений. При больших дисконтах государство, стартовавшее раньше инвестора, практически теряет внепроектные доходы от развития территории¹³ и оказывается в проигрышном положении с точки зрения *NPV* по сравнению с инвестором, функционал которого, как мы видели, малочувствителен к росту дисконта государства и определяется в основном ТИ инвестора.

3. С точки зрения институтов принятия решений государству необходим переход от сегодняшней модели Штакельберга к модели

¹¹ Например, перераспределяя часть ТИ государства инвестору с сохранением приемлемого уровня эффективности.

¹² Этот диапазон в нашем примере составляет от 3 до 7% (см. рис. 5, сектор С).

¹³ Поскольку доходы такого вида начинают расти с большим лагом.

информированного государства. Несмотря на то что в модели информированного государства изначально заложены дополнительные ТИ, связанные с поиском информации, тот факт, что решение одноуровневой задачи L_1 является верхней границей по функционалу для модели L_2 , определяет направление трансформации процедур принятия решения в процессе освоения природно-ресурсного потенциала.

Какова информационная база в процессе принятия решения государством в модели Штакельберга, достаточно адекватно отражающей сегодняшние реалии? Для задачи верхнего уровня государство должно располагать полной информацией об инфраструктурных проектах, для экологических проектов государству нужны графики затрат, а для инвестиционных проектов — прогноз доходов бюджета и доходов населения от их реализации. Этот перечень вполне соотносится с тем, что государство имеет как заказчик инфраструктуры и получает от частного инвестора в его технико-экономических обоснованиях проектов освоения месторождений в части анонсированных бюджетных доходов и выплат работникам.

Переход к модели информированного государства предполагает, что государство располагает данными о технологических проектах освоения месторождений, прогнозах рыночных цен и деталях проектного финансирования. Это возможно, если процесс принятия решений в недропользовании поддержан работой соответствующих государственных институтов, оценивающих проекты освоения недр с позиций государства и общества в целом. Такие институты, ранее занимавшиеся долгосрочными сырьевыми проектами, потеряны в процессе реформирования российской экономики¹⁴. Но уже сегодня приходит понимание того, что государство как собственник недр должно более рачительно распоряжаться природными ресурсами. А это невозможно без реанимации институциональной инфраструктуры процессов управления сырьевым комплексом, позволяющей в полной мере профессионально решать долгосрочные проблемы, связанные с устойчивым развитием. Предлагаемый переход от модели L_2 к L_1 может определять, в некотором смысле, направление институционального проектирования (Тамбовцев, 2008) для повышения эффективности государственно-частного партнерства.

Таким образом, эффективность сотрудничества в процессе разработки комплекса месторождений на малоосвоенных территориях зависит не только от общих макроэкономических условий, но и от обстоятельств, непосредственно с содержанием сотрудничества не связанных, таких как качество государственного управления в природоохранной сфере. И здесь можно предложить некоторые шаги, позволяющие реализовать постепенный переход к модели информированного государства на основе существенного улучшения работы государственных институтов и снижения уровня ТИ как государства, так и частного инвестора.

¹⁴ Ряд институтов этого профиля приватизированы и обслуживают интересы нового собственника.

Для потенциального инвестора помимо макроэкономической стабильности необходима комплексная оценка стоимости недр — подробные, актуализированные данные об экономически рентабельных на текущий момент проектах освоения как потенциальных объектах инвестирования. Для такой оценки нельзя использовать ранее сформированные экспертные оценки проектов освоения месторождений — с течением времени конъюнктура сырьевых рынков претерпевает существенные изменения, также как и ценовые пропорции в народном хозяйстве с высокой инфляцией и нестационарным курсом рубля.

В этих условиях государству необходимо провести инвентаризацию основных месторождений с учетом сегодняшних условий и организовать постоянный мониторинг их рентной оценки. Это позволит создать не только необходимую для внешнего инвестора инфраструктуру процесса принятия решения, но и базу знаний для государства, стремящегося наиболее рационально распорядиться имеющимися природными ресурсами.

На такой основе можно подойти к решению центральной проблемы сырьевых регионов — разработке комплексного сценария освоения минерально-сырьевой базы, включающего планы развития производственной инфраструктуры и формирование пакетов инвестиционных предложений, реализующих различные этапы развития территории. И здесь необходимо соблюсти интересы не только частного бизнеса, но и общества в целом. Поиск вариантов согласования этих интересов — непростая задача, на решение которой и нацелен инструментарий, предложенный в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

- Варнавский В.Г.** (2009). Государственно-частное партнерство. М.: Изд-во Института мировой экономики и международных отношений.
- Глазырина И.П., Лавлинский С.М.** (2017). Транзакционные издержки в недропользовании: эколого-экономический анализ механизмов государственно-частного партнерства // *Регион: экономика и социология*. № 4 (96). С. 242–266.
- Глазырина И.П.** (2016). Транзакционные издержки в управлении природными ресурсами: обзор зарубежных подходов // *ЭКО*. № 12 (510). С. 165–179.
- Лавлинский С.М., Панин А.А., Плясунов А.В.** (2016). Сравнительный анализ моделей планирования государственно-частного партнерства // *Дискретный анализ и исследование операций*. Т. 23. № 3. С. 35–60.
- Рюмина Е.В.** (2009). Экономический анализ ущерба от экологических правонарушений. М.: Наука.
- Тамбовцев В.Л.** (2008). Основы институционального проектирования. М.: Инфра-М.
- Challen R.** (2003). *Institutions, Transaction costs and Environmental policy: Institutional Reform for Water Resource*. Aldershot: Edward Elgar Pub.

- Glazyrina I., Lavlinskii S.** (2017). Economic and Ecological Models in Russia's Mining Sector // *Regional Research of Russia*. Vol. 7. No. 2. P. 180–187.
- Marshall G.R.** (2013). Transaction Costs, Collective Action and Adaptation in Managing Socio-Economic System // *Ecological Economics*. Vol. 88. P. 185–194. DOI:10.1016/j.ecolecon.2012.12.030.
- Ostrom E.** (1997). A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action: Presidential Address, American Political Science Association // *American Political Science Review*. Vol. 92. No. 1. P. 1–22. DOI: 10.2307/2585925.
- Ostrom E.** (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems // *Science*. Vol. 325. Issue 5939. P. 419–422. DOI: 10.1126/science.1172133.
- McCann L., Colby B., Easter K.W., Kasterine A., Kuperan K.V.** (2005). Transaction cost measurement for evaluating environmental policies // *Ecological Economics*. Vol. 52 (4). P. 527–542. DOI.org/10.1016/j.ecolecon.2004.08.002.
- Williamson O.E.** (1998). Transaction Cost Economics: How It Works; Where It Is Headed // *De Economist*. Vol. 146. No. 1. P. 23–58. DOI 10.1023/A:1003263908567.

Поступила в редакцию 12 сентября 2017 г.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Challen R.** (2003). Institutions, Transaction costs and Environmental policy: Institutional Reform for Water Resource. Aldershot: Edward Elgar Pub.
- Glazyrina I., Lavlinskii S.** (2017). Economic and Ecological Models in Russia's Mining Sector. *Regional Research of Russia*, 7, 2, 180–187.
- Glazyrina I., Lavlinskii S.** (2017). Transaction Costs in Mining Sector: Ecological and Economic Analysis of the Tools of Public-Private Partnership. *Region: Economic and Sociology*, 4 (96), 242–266 (in Russian).
- Glazyrina I.P.** (2016). Transaction Costs in Natural Resource Management: A Review of Foreign Approaches. *EKO*, 12 (510), 165–179 (in Russian).
- Lavlinskii S., Panin A.A., Plyasunov A.V.** (2016). Comparative Analysis of the Public-Private Partnership Planning Models. *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 23, 3, 35–60 (in Russian).
- Marshall G.R.** (2013). Transaction Costs, Collective Action and Adaptation in Managing Socio-Economic System. *Ecological Economics*, 88, 185–194. DOI:10.1016/j.ecolecon.2012.12.030.
- McCann L., Colby B., Easter K.W., Kasterine A., Kuperan K.V.** (2005). Transaction Cost Measurement for Evaluating Environmental Policies. *Ecological Economics*, 52, 4, 527–542. DOI.org/10.1016/j.ecolecon.2004.08.002.
- Ostrom E.** (1997). A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action: Presidential Address, American Political Science Association. *American Political Science Review*, 92, 1, 1–22. DOI: 10.2307/2585925.

- Ostrom E.** (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological systems. *Science*, 325, 5939, 419–422. DOI: 10.1126/science.1172133.
- Ryumina E.V.** (2009). *Economic Analysis of Environmental Damage*. M.: Nauka (in Russian).
- Tambovtsev V. L.** (2008). *The Foundation of Institutional Design*. M: Infra-M (in Russian).
- Varnavskii V.G.** (2009). *Public-Private Partnership*. M: IMEMO Publishing (in Russian).
- Williamson O.E.** (1998). Transaction Cost Economics: How It Works; Where It Is Headed. *De Economist*, 146, 1, 23–58. DOI 10.1023/A:1003263908567.

Received 12.09.2017

I.P. Glazyrina

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,
Chita, Russia

S.M. Lavlinskii

Sobolev Institute of Mathematics, Novosibirsk, Russia

Transaction Costs and Problems in the Development of the Mineral and Raw-Material Base of the Resource Region¹⁵

Abstract. The article examines the mechanism of cooperation between the state and the private investor in the process of development of mining sector of the region with a low level of developing the production infrastructure. Under this mechanism, the government provides assistance to the investor not only in infrastructure but also in the implementation of the required environmental protection measures. To assess the impact of transaction costs (TC) on the productivity of such cooperation from the point of view of efficiency of the dividing of natural resource rent authors design special tools on the basis of the model of Stackelberg. A model test site is constructed to demonstrate the capabilities of the approach. The actual data of the model test site capture the specificity of the modeled object and make possible a practical study of the properties of the Stackelberg equilibrium. The methodology is based on analyzing the sensitivity of the solutions of the corresponding bilevel Boolean programming problem to changes in the basic parameters of the model. To raise the efficiency of cooperation mechanism with rent-seeking investor and fair sharing of rent this article suggests some steps that can significantly improve state institutions and reduce the level of TC both for the state and a private investor.

Keywords: *cooperation mechanisms of the state and investor, sharing of natural resource rents, model of Stackelberg.*

JEL Classification: C6, Q32.

¹⁵ This study was supported by Russian Science Foundation (project 16-18-00073).