УДК 519.24

Регион: экономика и социология, 2017, № 4 (96), с. 242–266

И.П. Глазырина, С.М. Лавлинский

ТРАНСАКЦИОННЫЕ ИЗДЕРЖКИ В НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

В статье исследуются проблемы освоения минерально-сырьевой базы ресурсного региона с низким уровнем развития производственной инфраструктуры. Для оценки влияния трансакционных издержек (ТИ) на результативность государственно-частного партнерства (ГЧП) использована авторская математическая модель, в которой государственные инвестиции участвуют не только в создании инфраструктуры, но и в реализации части природоохранных мероприятий. Такое положение дел нередко встречается на практике и, как правило, обусловлено необходимостью создания современной жилищно-коммунальной и средозащитной инфраструктуры в отдаленных населенных пунктах Сибири и Дальнего Востока. Выявлены факторы, влияющие на эффективность ГЧП при разработке месторождений на малоосвоенных территориях. Существенным фактором, по влиянию сопоставимым со ставкой дисконтирования, является уровень ТИ государства, причем наиболее негативным образом их рост сказывается на фоне высокого дисконта инвестора. Это говорит о том, что в неблагоприятных инвестиционных условиях особенно важно не допускать роста ТИ государства. Наиболее естественный путь к этому лежит через повышение эффективности работы государственных институтов эколого-экономического регулирования, устранение их избыточных функций и необоснованных затрат. Анализ показывает, что экономические результаты ГЧП зависят не только от отдель-

ных факторов, но и от их сочетаний. Эта зависимость имеет достаточно сложный характер, и априорная уверенность в том, что ГЧП при существенном участии государства всегда приносит положительный результат, не имеет под собой оснований, если мы ставим задачу соблюдения интересов не только частного бизнеса, но и общества в целом.

Ключевые слова: освоение минерально-сырьевой базы; трансакционные издержки; государственно-частное партнерство; модель Штакельберга

Проблема устойчивого развития ресурсного региона с низким уровнем производственной инфраструктуры приобретает специфические черты, требующие дополнительных инструментов воздействия на инвестора и запуска механизма государственно-частного партнерства (ГЧП), позволяющего снизить риски и распределить ответственность между участниками процесса недропользования – государством и бизнесом. Один из таких механизмов исследовался нами ранее в предположении о том, что государство на малоосвоенной территории оказывает помощь инвестору не только в создании инфраструктуры, но и в реализации части необходимых природоохранных мероприятий [1]. Это специфический российский механизм, он применялся в проектах создания производственной инфраструктуры с привлечением средств Инвестиционного фонда РФ. Однако здесь не было достигнуто существенных успехов, и прежде всего потому, что все попытки Правительства РФ стимулировать использование различных форм партнерских отношений с частным бизнесом в этой сфере не сопровождались принятием экономически выверенных управленческих решений [3; 4]. Такое положение дел в значительной степени обусловлено высоким уровнем трансакционных издержек (ТИ) в недропользовании – как со стороны инвестора, так и со стороны государства. По нашему мнению, этот аспект проблемы освоения природных ресурсов на большинстве малоосвоенных территорий Сибири и Востока России сегодня недооценен, а механизм взаимодействия высоких ТИ и стимулов для партнерства в недропользовании по своей природе достаточно сложен и для его исследования требуется специальный инструментарий.

Эти проблемы находятся в центре внимания в настоящей работе, цель которой состоит в оценке воздействия ТИ различного вида на эффективность механизмов ГЧП с точки зрения достижения компромисса экономических интересов государства и частного инвестора. Для этого разработана экономико-математическая модель формирования механизма партнерства, основанная на теоретико-игровой модели Штакельберга и на решении двухуровневой задачи булевого программирования. Такой подход продиктован особенностями иерархии взаимодействия государства и частного инвестора в минерально-сырьевом секторе, он позволяет найти компромисс интересов и обеспечивает эффективность в долгосрочном плане не только частным инвесторам, но и государству, ставящему перед собой задачу стратегического управления природно-ресурсным комплексом.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК

В научной литературе, несмотря на некоторую разницу в имеющихся определениях трансакционных издержек, в отношении понятия «трансакционные издержки в сфере природопользования» доминируют подходы, в которых существенная роль отводится ТИ. Как и в нашей предыдущей работе [1], мы будем использовать следующее определение: «*трансакционные издержки в управлении природными ресурсами – это совокупные затраты на определение и установление соответствующих институтов (формальных и неформальных), на создание необходимых организаций, на поддержание этих институтов и функционирование и совершенствование организаций, а также на выявление проблем, которые эти институты и организации призваны решать*» [11, p. 187].

Экономические процессы сопровождаются негативным воздействием на окружающую среду, и для регулирования отношений природы и общества необходимы специальные институциональные формы, которые, соответственно, порождают особого рода трансакционные издержки. В недропользовании, лесопользовании, водопользовании и т.д. доля этих издержек в общем объеме ТИ может существенно возрастать. Это связано с регулированием отношений собственности на природные ресурсы (основная доля которых принадлежит государству), прав на их использование, с экологическим контролем и мониторингом и т. п. Таким образом, в процессах природопользования возникают дополнительные ТИ государства, обусловленные необходимостью регулировать отношения природы и общества и связанные с функционированием тех или иных государственных институтов. Одновременно возникают дополнительные ТИ природопользователя, обусловленные необходимостью выполнения законодательства в области охраны окружающей среды. Подчеркнем, что здесь не идет речь о платежах за допустимое негативное воздействие на природные системы, которое признается таковым в соответствии с установленными правилами в системе государственных природоохранных институтов. Эти издержки включаются в себестоимость произведенной продукции и являются частью трансформационных затрат – как часть израсходованного природного капитала. К ТИ природопользователя в соответствии с принятым определением следует отнести затраты на согласования с природоохранными службами, на проведение производственного экологического контроля, на формирование отчетности в установленном порядке, на поиск альтернативных технологических решений для снижения природоохранных затрат и т.д.

В работе С. Ханна [9] обосновано разделение трансакционных издержек на две категории: *ex ante*, возникающие до реализации проекта, и *ex post*, сопровождающие реализацию проекта. Это разделение впоследствии стало доминировать в зарубежной эколого-экономической литературе. В более поздних публикациях [11; 12] на этой основе были предложены более детальные классификации. В соответствии с данным подходом мы будем различать ТИ «до» (до начала реализации проекта) и ТИ «после» (после начала его реализации).

К трансакционным издержкам «до» для государства можно отнести расходы на формирование и функционирование природоохранных институтов, на научное и информационное обеспечение их работы, расходы на процедуры выдачи разрешительных документов, определяющих допустимое экологическое воздействие, на различные согласования и т.п. В ТИ государства «после» включаются затраты на мониторинг и контроль экологических воздействий работающих предприятий, ТИ «принуждения» для обеспечения выполнения экологических обязательств, включая судебные и административные ТИ, и т.д.

Для природопользователя ТИ «до» – это расходы на исследования и информационное обеспечение, на разработку проекта, подготовку документации, на получение разрешительных документов, определяющих допустимое экологическое воздействие, на заключение предварительных контрактов, их правовое сопровождение и т.п. ТИ «после» – это расходы на управление проектом, производственный мониторинг, на заключение текущих контрактов на выполнение работ по снижению негативного воздействия и т.д. Сюда же относятся издержки, связанные с адаптацией к изменяющимся условиям (технологическим, климатическим, экологическим, институциональным) в период выполнения проекта. Высокая степень неопределенности и, вследствие этого, потенциально высокие затраты на адаптацию влекут за собой выбор повышенной ставки дисконтирования.

Описанные на содержательном уровне свойства ТИ позволяют сформулировать соответствующую экономико-математическую модель, основанную на следующих предположениях.

1. Величина ТИ государства зависит от объема капиталовложений в проект. Государство T_1 лет несет ТИ «до» и T_2 лет – ТИ «после» в размере *TCS1* и *TCS2* процентов от суммарных капиталовложений в проект соответственно.
2. Для инвестора задаются общий размер ТИ – *TCI1* процентов от суммарных капиталовложений в проект и график их распределения по годам: T_3 лет «до» и T_4 лет «после». Как правило, ТИ инвестора нарастают к моменту запуска проекта и убывают в процессе его реализации.
3. Для инвестора фиксируется не только уровень *TCI1*, но и то, какая часть *TCI2* относится на себестоимость[1].

Таким образом, ТИ государства «до» составляют его ничем не компенсированные затраты. После запуска проекта налоговые поступления государству уменьшаются с учетом ТИ «после». Для инвестора ТИ «до» приводят к тому, что для оценки своей рентабельности инвестор вынужден учитывать понесенные им затраты до момента старта проекта. ТИ инвестора «после» оказывают влияние на поток наличности проекта и сложным образом воздействуют на формирование налоговых платежей, сокращая размер налога на прибыль и в общем случае увеличивая НДС к возмещению в случае поставок продукции на экспорт.

---

[1] В общем случае размер *TCI2* зависит от системы налогообложения.

Общая картина взаимодействия ТИ конкретного набора проектов разработки месторождений и механизма партнерства, заложенного в эту программу освоения минерально-сырьевой базы, в достаточной степени сложна. Для ее описания нужен специальный инструментарий, позволяющий спрогнозировать полный набор ТИ государства и инвестора для фиксированного перечня проектов и выбрать эффективный механизм партнерства, обеспечивающий компромисс интересов участников. Предлагается использовать для этого модель Штакельберга, в рамках которой лидером выступает государство, берущее на себя инициативу помощи инвестору в инфраструктурном и природоохранном строительстве, а роль ведомого отведена частному инвестору, рационально отвечающему на решение государства.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

На вход модели формирования механизма ГЧП подаются следующие данные:

- набор производственных проектов освоения месторождений, реализуемых частным инвестором. Конкретную конфигурацию проектов инвестор выбирает в зависимости от того, что предлагает государство в области инфраструктурного строительства;
- набор инфраструктурных проектов, реализуемых государством. Конкретный перечень проектов государство устанавливает исходя из своих оценок их эффективности с точки зрения перспектив долгосрочного развития территории;
- набор экологических проектов, необходимых для компенсации экологических потерь, вызванных реализацией производственных проектов. Конкретное разделение обязательств по реализа-

ции экологических проектов между частным инвестором и государством на входе не определено и должно быть получено на выходе модели планирования.

Выход модели – программа развития территории и механизм разделения затрат между государством и инвестором в процессе реализации экологических проектов.

Формальное описание задачи планирования может быть представлено следующим образом.

Обозначим через NP, NI и NE число производственных, инфраструктурных и экологических проектов, через T – горизонт планирования, $i = 1 ,\ldots, NP$, $j = 1, \ldots, NI$, $k = 1, \ldots, NE$, $t = 1, \ldots, T$.

Производственный проект i: CFP_{it} – поток наличности; EPP_{it} – стоимостная оценка экологических потерь; DBP_{it} – доходы бюджета от реализации проекта; ZPP_{it} – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации 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; ZPI_{jt} – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта.

Экологический проект k: ZE_{kt} – график затрат; ZPE_{kt} – зарплата, выплачиваемая в ходе реализации проекта; EDE_{kt} – 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 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[2].

Задача государства – максимизировать дисконтированный поток наличности пары «государство – население»:

$$\begin{gathered}\sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{i=1}^{NP}(DBP_{it}+ZPP_{it}-EPP_{it})z_i + \right.\\ +\sum_{j=1}^{NI}(VDI_{jt}+ZPI_{jt}-EPI_{jt}-ZI_{jt})x_j + \\ +\sum_{k=1}^{NE}(EDE_{kt}+ZPE_{kt}-ZE_{kt})y_k + \\ \left. +\sum_{k=1}^{NE}(EDE_{kt}+ZPE_{kt})u_k\right)/\,(1+DG)^t \qquad \max\end{gathered} \tag{1}$$

---

[2] Поскольку в рамках исходных предположений государство берет на себя не только инфраструктурные проекты, но и часть экологических, в процедуре взаимодействия «лидер – ведомый» инвестор должен получить данные об объеме потенциально возможной помощи в осуществлении природоохранных мероприятий. Именно для этой цели в модели используется переменная $\bar{y}_k$, фиксирующая потенциально «государственные» экологические проекты. Такие экологические проекты государство отбирает на основе анализа бюджетных возможностей и исходя из соображений, например, величины получаемого населением экологического дохода. При этом объявленный государством экологический проект не обязательно будет им реализован, он может не быть востребован в рамках производственной программы, выбранной инвестором.

при условиях

$$\sum_{j=1}^{NI} ZI_{jt}x_j + \sum_{k=1}^{NE} ZE_{kt}\bar{y}_k \le BudG_t,\ t = 1,\ \ldots,\ T, \tag{2}$$

$$(y,\ z,\ u) \quad F^*(x,\ \bar{y}), \tag{3}$$

$$x_j,\ \bar{y}_k \quad \{0; 1\},\ j = 1,\ \ldots,\ NI,\ k = 1,\ \ldots,\ NE, \tag{4}$$

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

Задача инвестора – максимизировать свой суммарный чистый приведенный доход:

$$\sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{i=1}^{NP} CFP_{it}z_i - \sum_{l=1}^{NE} ZE_{lt}u_l\right)/\,(1 + DI)^t \qquad \max \tag{5}$$

при условиях

$$x_j \ge z_i \mu_{ij},\ i = 1,\ \ldots,\ NP,\ j = 1,\ \ldots,\ NI, \tag{6}$$

$$y_k + u_k \ge z_i \nu_{ik},\ i = 1,\ \ldots,\ NP,\ k = 1,\ \ldots,\ NE, \tag{7}$$

$$y_k + u_k \le 1,\ k = 1,\ \ldots,\ NE, \tag{8}$$

$$(y_k + u_k)\nu_{ik} \le z_i,\ i = 1,\ \ldots,\ NP,\ k = 1,\ \ldots,\ NE, \tag{9}$$

$$y_k \le \bar{y}_k,\ k = 1,\ \ldots,\ NE, \tag{10}$$

$$\sum_{l=1}^{NE} ZE_{lt}u_l - \sum_{i=1}^{NP} CFP_{it}z_i \le BudI_t,\ t = 1,\ \ldots,\ T, \tag{11}$$

$$\begin{aligned} &\sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{i=1}^{NP}(ZPP_{it} - EPP_{it})z_i + \sum_{j=1}^{NI}(ZPI_{jt} - EPI_{jt})x_j + \right.\\ &\left. + \sum_{k=1}^{NE}(EDE_{kt} + ZPE_{kt})(y_k + u_k)\right)/\,(1 + DG)^t \ge 0, \end{aligned} \tag{12}$$

$$y_k,\ z_i,\ u_k \quad \{0; 1\},\ i = 1,\ \ldots,\ NP,\ k = 1,\ \ldots,\ NE. \tag{13}$$

В сформулированной модели государство максимизирует аналог чистого дисконтированного дохода от реализации всей программы освоения, при этом целевая функция строится с учетом интересов населения и учитывает экономический выигрыш от появления новых рабочих мест[3] и сопутствующие этому экологические потери. Бюджеты государства и инвестора накладывают ограничения вида (2) и (11) на возможный к выполнению набор проектов. Ограничения (6)–(7) фиксируют взаимосвязь производственных, инфраструктурных и экологических проектов. Каждый экологический проект может быть запущен только одним из партнеров (ограничение (8)) и должен быть необходим для реализации какого-либо производственного (ограничение (9)). Экологический проект может быть закреплен за государством только в том случае, если государство включило его в свой перечень (ограничение (10)). Интересы населения отражены не только в целевой функции, но и в ограничении (12), фиксирующем целесообразность программы освоения территории с точки зрения баланса получаемых благ и потерь для жителей. Трансакционные издержки, не выписанные явно в постановке, оказывают воздействие и на формирование потока наличности инвестора CFP_{it}, и на динамику бюджетных потоков DBP_{it}, а значит, и на выбор программы освоения в целом.

На выходе модели – конструкция эколого-экономической модели ГЧП $\{x_j, y_k, z_i, u_k\}$, определяющей механизм разделения затрат и программу освоения минерально-сырьевой базы региона.

Модель (1)–(13) представляет собой развитие одноуровневой модели формирования партнерства, использованной нами в работе [1] и неявным образом предполагающей, что государство информировано о технологиях и возможностях инвестора. Двухуровневая постановка модели более адекватно отражает сегодняшние реалии и особенности процесса нахождения компромисса интересов государства и инвестора. Процедура взаимодействия «лидер – ведомый», положенная в основу модели Штакельберга, в большей степени подходит для условий рыночной экономики и малоосвоенной ресурсной территории, когда главенствующую роль в партнерстве должно играть государство, т.е. именно оно должно сделать первые шаги, дающие достаточные стимулы для прихода недропользователей. В соответствии с этим и строится задача лидера (1)–(4), в которой государство принимает решение, основываясь на своих бюджетных ограничениях и оценках эффективности инфраструктурного строительства. Рациональный ответ частного инвестора на выбор государством инфраструктурных и экологических проектов также вполне укладывается в логику предпринимателя, стремящегося максимизировать свой чистый дисконтированный доход, не удовлетворяясь его положительностью, гарантированной в одноуровневой модели.

---

[3] Зарплата, график которой фиксирован для каждого проекта, рассматривается как благо для населения территории, и именно поэтому она отнесена в использованной целевой функции государства в разряд результатов, а не затрат, как это обычно бывает.

Каким образом трансакционные издержки сказываются на эффективности программы освоения, полученной в результате решения задачи (1)–(13)? В одноуровневой постановке модели формирования партнерства в работе [1] была показана важная роль, которую играет учет ТИ инвестора, уровень и структура которых воздействуют на показатели эффективности не только частного инвестора, но и государства. Здесь же мы расширяем спектр трансакционных издержек, добавив в рассмотрение ТИ государства, и переходим к постановке двухуровневой модели, дающей определенные преимущества инвестору в условиях малоосвоенной территории. Вместе эти новации позволяют более адекватно смоделировать реальную процедуру разработки плана освоения минерально-сырьевой базы ресурсного региона и уже на этой основе исследовать круг проблем, связанных с анализом воздействия ТИ на формирование механизмов государственно-частного партнерства в недропользовании.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК

Для анализа чувствительности оптимального механизма ГЧП к изменению трансакционных издержек был построен модельный полигон, прообразом которого служит минерально-сырьевая база Забайкальского края. Здесь было выделено 10 месторождений полиметаллических руд, для каждого из которых известны оценки запасов и ресурсов по категориям. Весь набор месторождений был разбит на три кластера с учетом рельефа местности, природных водоразделов и особенностей имеющейся инфраструктуры. Для всей системы кластеров было построено пять инфраструктурных проектов, часть из которых уже реализуются (железная дорога, ЛЭП), а другие восполняют сегодня отсутствующую, но необходимую с учетом проектов освоения месторождений инфраструктуру для рассматриваемых кластеров. Для каждого из месторождений набор компенсирующих природоохранных мероприятий интегрировался в соответствующий комплексный экологический проект.

Построенный таким образом модельный полигон отражает специфику минерально-сырьевого сектора, способ формализации взаимосвязей между инфраструктурными, экологическими и производственными проектами, а также форму представления объекта территориального планирования, содержательно укладывающуюся в исходную постановку (1)–(13). Это позволяет исследовать устойчивость решения задачи[4] к изменению различных параметров ТИ и использовать полученные результаты для формулирования практических рекомендаций для сферы управления недропользованием.

Обозначим через *ECL* и *ELL* уровни экологических затрат и экологических потерь в программе освоения $\{x_j, y_k, z_i, u_k\}$. Параметр *ECL* определяется соотношением суммарных затрат на реализацию экологических и производственных проектов. Параметр *ELL* характеризует соотношение экологических потерь и положительных эффектов от реализации программы:

$$ELL = \left[\sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{i=1}^{NP} EPP_{it} z_i + \sum_{j=1}^{NI} EPI_{jt} x_j\right) / (1+DG)^t\,]\right] /$$

$$/ \left[\sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{i=1}^{NP} (DBI_{it} + ZPP_{it}) z_i + \sum_{j=1}^{NI} (VDI_{jt} + ZPI_{jt}) x_j + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \sum_{k=1}^{NE} ZPE_{kt}(y_k + u_k) / (1+DG)^t\,)\right)\right].$$

---

[4] Методы решения задачи двухуровневого программирования основаны на локальном поиске и приведены в работах [2; 10].

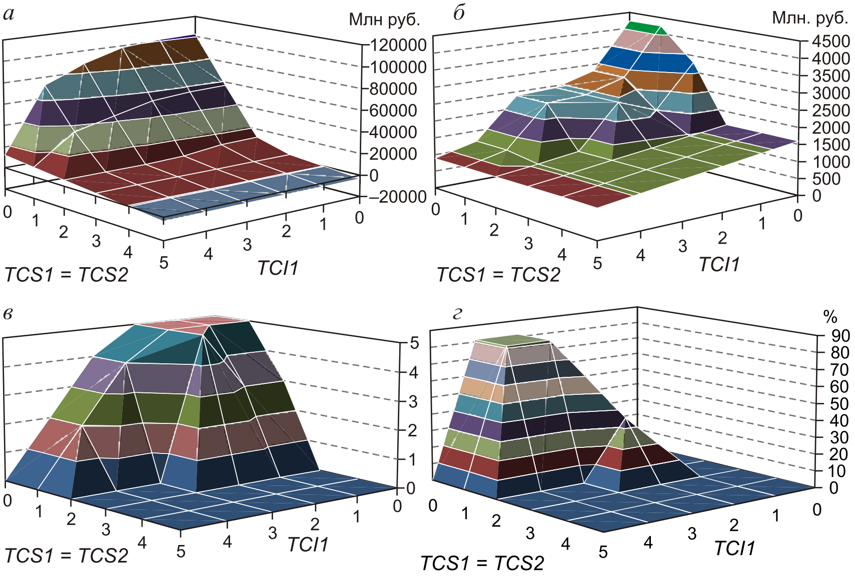

Рис. 1. Зависимость оптимального решения от соотношения трансакционных издержек государства и инвестора

Результаты численных экспериментов показывают высокий уровень чувствительности решения задачи (1)–(13) к изменению таких основных параметров планирования, как дисконты участников партнерства, уровни экологических потерь и затрат, а также масштаб и структура трансакционных издержек.

Каким образом ТИ сказываются на эффективности программы освоения для инвестора и государства? Для определенности предположим, что дисконты инвестора и государства закреплены на уровне 15 и 5% соответственно, а экологические потери и затраты малы ($ELL < 0{,}02$, $ECL < 0{,}02$). На рисунке 1 представлены результаты численных экспериментов, в ходе которых варьировались уровни ТИ государства[5] и инвестора. На этом и последующих рисунках сектор *а* соответствует значению целевой функции государства, *б* – функционалу инвестора, в секторе *в* представлено число реализованных инфраструктурных проектов, а *г* отображает долю затрат государства в затратах программы на реализацию экологических проектов.

---

[5] ТИ государства «до» и «после» здесь предполагаются равными (*TCS1* = *TCS2*).

Расчеты показывают, что государство строит инфраструктуру и оказывает помощь инвестору в реализации природоохранных мероприятий лишь в узком диапазоне своих ТИ (см. рис. 1*в*, 1*г*). При малых $TCS1 = TCS2$ и небольших ТИ инвестора реализуется полноценная инфраструктурная программа, сокращение которой происходит по мере роста $TCI1$. Такой рост издержек инвестора сопровождается увеличением размера помощи инвестору со стороны государства только до определенного уровня, за которым сворачиваются и помощь, и инфраструктурная программа (поскольку это становится невыгодно государству, поведение которого описывается нашей моделью с целевой функцией (1)).

Соответствующим образом ведут себя и значения функционалов (см. рис. 1*а*, 1*б*), здесь наблюдается максимальная чувствительность к росту ТИ государства. Рост ТИ инвестора также негативно воздействует на эффективность партнеров: в первую очередь теряет инвестор, но и государство также несет потери, связанные с сокращением бюджетных потоков.

На рисунке 2 представлены результаты сравнительного анализа последствий роста ТИ государства «до» и «после» при среднем уровне ТИ инвестора. Основной урон показателям эффективности наносят, как это видно из рисунка, ТИ «после»: при их росте реализуется максимальный темп падения функционалов. При этом программа инфраструктурной и природоохранной помощи инвестору выдерживает значительный рост ТИ «до» без какого-либо ущерба при условии не очень высоких издержек «после». Это вполне согласуется со здравым смыслом, поскольку издержки «до» государство несет на фоне значительных инфраструктурных затрат, компенсировать которые могут лишь полноценные бюджетные поступления[6] от реализации производственных проектов после завершения строительства инфраструктуры.

---

[6] В отношении которых нет необходимости постоянно контролировать, наблюдать и проверять соблюдение контрактных обязательств, проектной технологии и т.п.

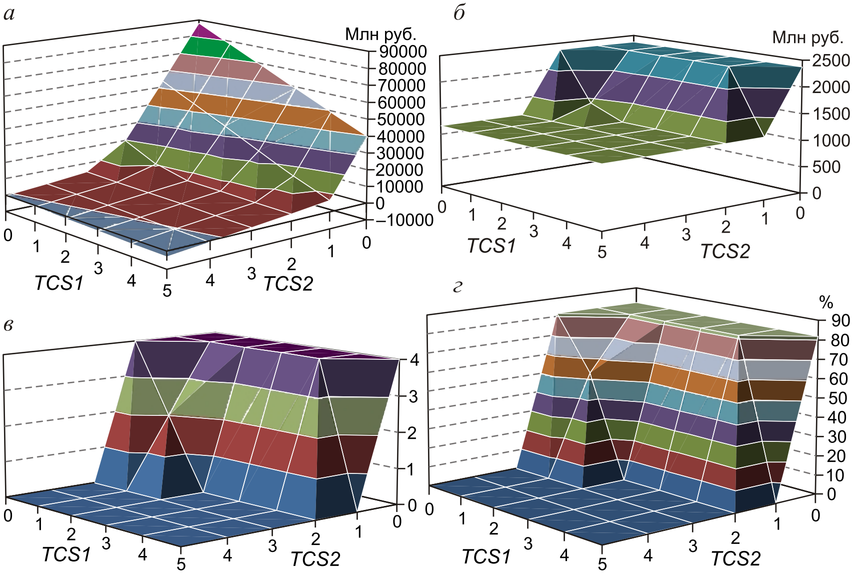

Рис. 2. Зависимость оптимального решения от соотношения трансакционных издержек государства «до» и «после»

Еще более негативным образом сказывается рост ТИ государства на фоне высокого дисконта инвестора. На рисунке 3 представлены результаты расчетов, в ходе которых ТИ инвестора фиксировались на среднем уровне и предполагалось равенство ТИ государства «до» и «после». В этом случае государство строит инфраструктуру в минимальном объеме даже для своих очень высоких издержек при условии, что дисконт инвестора минимален (см. рис. 3*в*), но при этом существенно страдает программа помощи инвестору в реализации природоохранных проектов (см. рис. 3*г*). Значения целевых функций участников партнерства резко падают (см. рис. 3*а*, 3*б*), как только мы уходим из зоны малых дисконтов и ТИ, и здесь уже можно говорить о деградации партнерства как такового.

Существенно меньшее отрицательное воздействие на показатели эффективности оказывает рост ТИ инвестора на фоне высокого дис-

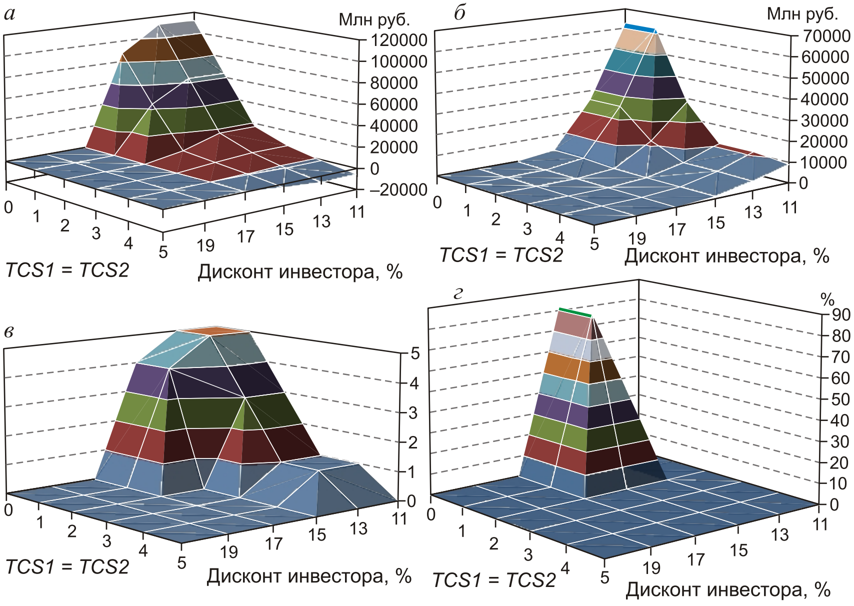

Рис. 3. Зависимость оптимального решения от соотношения трансакционных издержек государства и дисконта инвестора

конта государства. Результаты вычислений, в которых ТИ государства фиксировались на среднем уровне и анализировались последствия одновременного роста ТИ инвестора и дисконта государства, показывают, что на полном спектре варьируемых параметров реализуется полноценная инфраструктурная программа, сопровождаемая значительной помощью государства в реализации природоохранных проектов. Функционалы участников с ростом ТИ и дисконта убывают без резких спадов и с существенно меньшим, чем на рис. 1–3, темпом.

Что происходит, когда инвестор начинает экономить на природоохранных мероприятиях, реализуемых в экологических проектах, которые в итоге не компенсируют негатив от запуска «грязных» производственных проектов освоения месторождений? В терминах модели это предположение соответствует тому, что экологические затраты

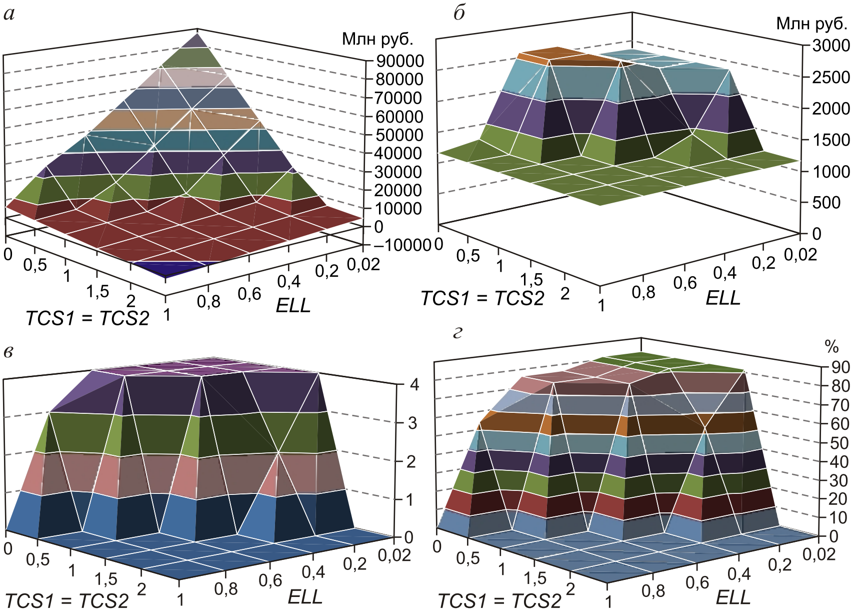

Рис. 4. Зависимость оптимального решения от соотношения трансакционных издержек государства и уровня экологических потерь

остаются небольшими (*ECL* < 0,02), но начинает расти уровень экологических потерь *ELL*.

На рисунке 4 представлены результаты расчетов, в которых исследовался одновременный рост ТИ государства и уровня экологических потерь в предположении среднего уровня ТИ инвестора с дисконтом в размере 15%. Мы видим, что механизм партнерства реализуется лишь при ТИ государства меньше 2–2,5 *ELL*. В этой области значений параметров государство активно строит инфраструктуру и помогает инвестору (см. рис. 4*в*, 4*г*), функционал которого достигает максимума в области средних значений *ELL* (см. рис. 4*б*). Уровни чувствительности целевой функции государства к росту трансакционных издержек и *ELL* примерно одинаковы, но больший урон эффективности партнерства наносят все-таки ТИ (см. рис. 4*а*).

Что будет, если зафиксировать ТИ государства на среднем уровне и одновременно наращивать уровень ТИ инвестора и экологические потери *ELL*? Как видно из расчетов, в этой ситуации показатели эффективности партнерства наиболее чувствительны к росту экологических потерь. При *ELL* меньше 0,4 государство реализует инфраструктурные проекты и оказывает помощь инвестору в осуществлении природоохранных мероприятий, интенсивность которой растет с увеличением ТИ инвестора[7]. Значения функционалов государства и инвестора оказываются более чувствительными к росту экологических потерь также для малых значений издержек, и *ELL* убывают практически линейно с ростом этих параметров.

Что происходит, когда экологические потери остаются небольшими ($ELL < 0{,}02$), но начинают расти экологические затраты? В этом случае экологические проекты обеспечивают достаточный уровень нейтрализации антропогенного воздействия процесса освоения минерально-сырьевой базы и основной проблемой становится оценка последствий при росте ТИ и уровня затрат на природоохранные мероприятия.

Результаты расчетов показывают, что в диапазоне высоких ТИ [2; 2,5] государство ничего не строит и инвестор запускает единственный проект, не требующий производственной инфраструктуры. При меньших ТИ фронт инфраструктурного строительства сокращается с ростом природоохранных затрат (рис. 5*в*), а помощь государства в реализации экологических проектов весьма избирательна и представлена на рис. 5 в секторе *д*, отображающем число природоохранных проектов, реализованных государством.

Государство полностью берет на себя высокие природоохранные затраты, но в диапазоне [0,02; 0,08] при высоких ТИ государства инвестор реализует свой единственный экологический проект самостоятельно (см. рис. 5*д*). Это отражается на значении целевой функции

---

[7] Такое поведение государства позволяет инвестору остаться в границах необходимой рентабельности и тем самым расширяет фронт инвестиционных проектов.

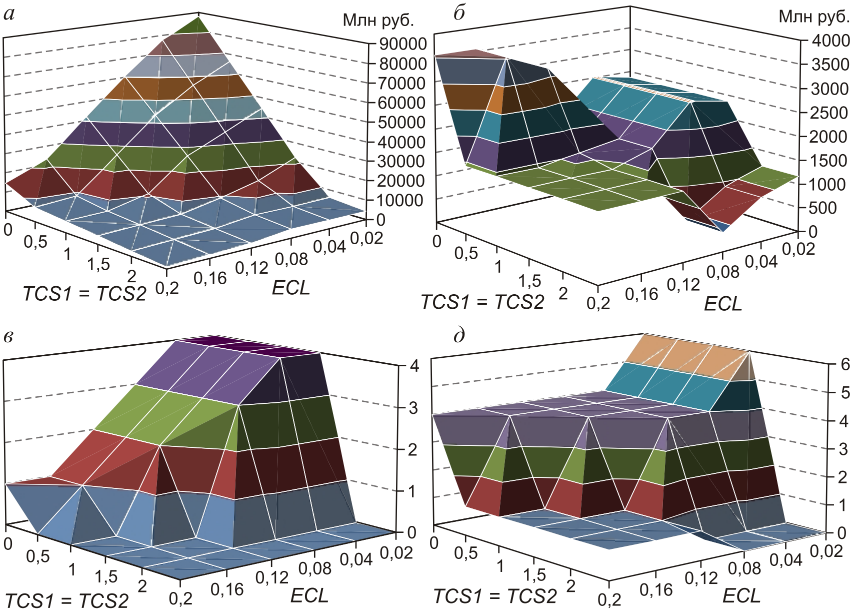

Рис. 5. Зависимость оптимального решения от соотношения трансакционных издержек государства и уровня природоохранных затрат

инвестора, которая достаточно сложно устроена и достигает минимума при *ECL* = 0,08 (см. рис. 5*б*). Целевая функция государства с ростом ТИ и природоохранных затрат убывает примерно с одинаковым темпом, но и в этом случае можно говорить о том, что рост ТИ влияет на эффективность партнерства больше, чем рост затрат на реализацию природоохранных проектов.

Воздействие ТИ инвестора на механизм согласования интересов в модели в условиях высоких затрат на природоохранные проекты оказывается существенно слабее. Результаты численных экспериментов, в которых фиксировались на среднем уровне трансакционные издержки государства, а росли издержки инвестора и *ECL*, говорят о том, что больший эффект дает рост природоохранных затрат, а ТИ инвестора играют второстепенную роль.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты моделирования позволяют построить иерархию факторов, влияющих на эффективность государственно-частного партнерства в процессе разработки комплекса месторождений на малоосвоенных территориях. Расчеты показали, что наиболее существенным фактором является размер ставки дисконтирования для обоих участников ГЧП. Высокие ставки в современной России – это не специфическая для минерально-сырьевого сектора проблема, они в значительной степени определяются общими макроэкономическими условиями и качеством институциональной среды в стране. Поэтому меры, повышающие эффективность производственных процессов на микроэкономическом уровне, могут оказаться малополезными, если эти условия не будут меняться к лучшему. Невысокое качество минерально-сырьевой базы – тоже фактор повышения дисконта, однако это «экзогенная» составляющая и здесь важно просто ее адекватно оценивать.

Следующим по значимости фактором, сопоставимым с дисконтом партнеров, является уровень трансакционных издержек государства, причем наиболее негативным образом сказывается их рост на фоне высокого дисконта инвестора. Это говорит о том, что в неблагоприятных инвестиционных условиях (следствие которых – высокий дисконт) особенно важно не допускать роста ТИ государства. Наиболее естественный путь к этому лежит через повышение эффективности работы государственных институтов эколого-экономического регулирования, устранение их избыточных функций и необоснованных затрат. Априори не очевидный вывод состоит в том, что экономическая эффективность ГЧП зависит от обстоятельств, непосредственно с содержанием партнерства не связанных, таких как качество государственного управления в природоохранной сфере.

Третьим по значимости фактором является величина экологических потерь. Вопреки распространенному мнению о том, что меры, направленные на экологическую модернизацию (и, соответственно, на снижение экологических потерь), приводят к снижению эффективности производства, расчеты показывают, что на долгосрочном горизонте в комплексной программе освоения природных ресурсов мы обнаруживаем противоположный эффект. С ростом экологических потерь эффективность партнерства снижается, и этот спад сопоставим с тем, который возникает при росте ТИ государства.

Под воздействием различных факторов, в том числе лоббирования со стороны компаний, государство в своем поведении может и не следовать канонам исходной постановки задачи (1)–(4) и принимать решения, не заботясь об общественных интересах. Следствием такого поведения станут негативные экстерналии для населения, связанные с экологическим ущербом, тогда как интересы инвестора будут полностью соблюдены. Такой вариант действий не является редким исключением, однако в этом случае нельзя говорить о том, что государство в рамках ГЧП представляет интересы граждан, делегировавших ему защиту своих интересов, в том числе с использованием бюджета, который они формируют как налогоплательщики[8].

Наш анализ показывает, что экономические результаты государственно-частного партнерства зависят не только от отдельных факторов, но и от их сочетаний. Эта зависимость имеет достаточно сложный характер, и априорная уверенность в том, что ГЧП при существенном участии государства всегда приносит положительный результат, не имеет под собой оснований, если мы ставим задачу соблюдения интересов не только частного бизнеса, но и общества в целом [5; 6]. Поиск вариантов согласования этих интересов – отдельная и непростая задача, на решение которой и нацелен инструментарий, предложенный в настоящей работе.

---

[8] В англоязычной литературе ГЧП обозначается аббревиатурой PPP – public-private partnership, т.е. «общественно-частное партнерство». Таким образом, подчеркивается, что речь идет об интересах общества, а не государства в узком смысле [7; 8]

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 16-18-00073)

Информация об авторах

Глазырина Ирина Петровна (Россия, Чита) – доктор экономических наук, заведующая лабораторией. Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (672014, Чита, ул. Недорезова, 16а, e-mail: iglazyrina@bk.ru).

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

Список источников

1. *Глазырина И.П., Лавлинский С.М.* Эколого-экономические модели в минерально-сырьевом секторе России // Регион: экономика и социология. – 2016. – № 3 (91).– С. 195–218.
2. *Лавлинский С.М., Панин А.А., Плясунов А.В.* Сравнительный анализ моделей планирования государственно-частного партнерства // Дискретный анализ и исследование операций. – 2016. – Т. 23, № 3. – С. 35–60.
3. *Минерально-сырьевой* сектор Азиатской России: как обеспечить социально-экономическую отдачу / Под ред. В.В. Кулешова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2015. – 352 с.
4. *Природный* капитал региона и российско-китайские трансграничные отношения: перспективы и риски / Под ред. И.П. Глазыриной, Л.М. Фалейчик. – Чита: Изд-во Забайкальск. гос. ун-та, 2014. – 527 с.
5. *Рюмина Е.В.* Экономический ущерб от экологических нарушений. – М.: Наука, 2009. – 331 с.
6. *Фалейчик Л.М., Кирилюк О.К., Помазкова Н.В.* ГИС-моделирование для геоэкологической оценки рисков нарушения устойчивости ландшафтов // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2015. – № 12 (127). – С. 19–38.
7. *Broadbent J., Laughlin R.* Public-private partnerships: An introduction // Accounting, Auditing and Accountability Journal. – 2003. – No. 16 (3). – P. 332–341.

8. *Grimsey D., Levis M.K.* Public-Private Partnerships: The Worldwide Revolution in Infrastructure Provision and Project Finance. – Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar, 2004.

9. *Hanna S.* Efficiencies of user participation in natural resource management // Property Rights and the Environment: Social and Ecological Issues / Ed. by S. Hanna, M. Munasinghe: Beijer International Institute of Ecological Economic and the World Bank. – Washington, D.C., 1995. – P. 59–67.

10. *Lavlinskii S.M., Panin A.A., Plyasunov A.V.* A bi-level planning model for public-private partnership // Automation and Remote Control. – 2015. – Vol. 76, No. 11. – P. 1976–1987.

11. *Marshall G.R.* Transaction costs, collective action and adaptation in managing socio-economic system // Ecological Economics. – 2013. – Vol. 88. – P. 185–194.

12. *McCann L., Colby B., Easter K.W. et al.* Transaction costs measurement for evaluating environmental policies // Ecological Economics. – 2005. – No. 52 (4). – P. 527–542.

DOI: 10.15372/REG20170411

Region: Economics & Sociology, 2017, No. 4 (96), p. 242–266

I.P. Glazyrina, S.M. Lavlinskii

TRANSACTION COSTS IN THE SUBSOIL USE: ECO-ECONOMIC ANALYSIS OF THE MECHANISMS OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS

The article examines the problems of developing a regional mineral resource base in regions, which have an underdeveloped production infrastructure. We propose an original mathematical model, where public investments are involved both in creating infrastructure and carrying out environmental measures, to assess the impact of transaction costs (TC) on the performance of public-private partnerships (PPP). Such a situation often occurs in practice and usually stems from a need to build modern housing and environmental infrastructure in remote areas of Siberia and the Far East. The article reveals factors that affect the efficiency of PPP when developing fields on the untapped *areas. A significant factor of influence, comparable to the discount rate, is the state's level of TCs, with their growth having the most negative effect against a high investment discount rate. This suggests that, in adverse investment conditions, it is important to prevent the state's TCs from growing. The most natural way is through improving the efficiency of state institutions of eco-economic regulation, reducing redundant functions and excessive costs. The analysis shows that the economic performance of PPPs depends on individual factors and their combinations alike, and the dependence is rather complex. An a priori assurance that a PPP where the state has a substantial share always brings positive results is unfounded if we aim to respect the interests of not only private businesses but also society as a whole.*

Keywords: mineral resource base development; transaction costs; public-private partnership; the Stackelberg model

The research is carried out within the framework of the project No. 16-18-00073 supported by funding from the Russian Science Foundation

References

1. *Glazyrina, I.P.* & *S.M. Lavlinskii*. (2016). Ekologo-ekonomicheskie modeli v mineralno-syryevom sektore Rossii [Eco-economic models in the mineral resource sector of Russia]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 3 (91), 195–218.

2. *Lavlinskii, S.M., A.A. Panin* & *A.V. Plyasunov*. (2016). Sravnitelnyy analiz modeley planirovaniya gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [Comparison of models of planning public-private partnership]. Diskretnyy analiz i issledovanie operatsiy [Discrete Analysis and Operations Research], Vol. 23, No. 3, 35–60.

3. *Kuleshov, V.V.* (Ed.). (2015). Mineralno-syryevoy sektor Aziatskoy Rossii: kak obespechit sotsialno-ekonomicheskuyu otdachu [Mineral and Raw Sector of Asian Russia: How to Provide Social and Economic Return]. Novosibirsk: Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS Publ., 352.

4. *Glazyrina, I.P.* & *L.M. Faleychik* (Eds.). (2014). Prirodnyy kapital regiona i rossiysko-kitayskie transgranichnye otnosheniya: perspektivy i riski [Natural Capital of the Region and Russian–Chinese Cross-Border Relations: Opportunities and Risks]. Chita: Transbaikal State University Publ., 527.

5. *Ryumina, E.V.* (2009). Ekonomicheskiy ushcherb ot ekologicheskikh narusheniy [Economic Damage from Ecological Disturbances]. Moscow, Nauka Publ., 331.

6. *Faleychik, L.M., O.K. Kirilyuk* & *N.V. Pomazkova*. (2015). GIS-modelirovanie dlya geoekologicheskoy otsenki riskov narusheniya ustoychivosti landshaftov [GIS modeling for environmental risk assessment of landscapes stability violation]. Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta [Transbaikal State University Journal], 12 (127), 19–38.

7. *Broadbent, J*. & *R. Laughlin*. (2003). Public private partnerships: An introduction. Accounting, Auditing and Accountability Journal, 16 (3), 332–341.

8. *Grimsey, D*. & *M.K. Levis*. (2004). Public Private Partnerships: The Worldwide Revolution in Infrastructure Provision and Project Finance. Cheltenham, UK, Northampton, MA: Edward Elgar.

9. *Hanna, S*. & *M. Munasinghe* (Eds.). (1995). Efficiencies of user participation in natural resource management. Property Rights and the Environment: Social and Ecological Issues. Beijer International Institute of Ecological Economic and the World Bank, Washington, D.C., 59–67.

10. *Lavlinskii, S.M., A.A. Panin* & *A.V. Plyasunov*. (2015). A bi-level planning model for public-private partnership. Automation and Remote Control, Vol. 76, No. 11, 1976–1987.

11. *Marshall, G.R*. (2013). Transaction costs, collective action and adaptation in managing socio-economic system. Ecological Economics, 88, 185–194.

12. *McCann, L., B. Colby, K.W. Easter et al*. (2005). Transaction costs measurement for evaluating environmental policies. Ecological Economics, 52 (4), 527–542.

Information about the authors

Glazyrina, Irina Petrovna (Chita, Russia) – Doctor of Sciences (Economics), Head of Laboratory at the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (16a, Nedorezov st., Chita, 672014, Russia, e-mail: iglazyrina@bk.ru).

Lavlinskii, Sergey Mikhaylovich (Novosibirsk, Russia) – Doctor of Sciences (Engineering), Leading Researcher at the Institute of Mathematics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (4, Ac. Koptyug av., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: lavlin@math.nsc.ru).

Рукопись статьи поступила в редколлегию 11.09.2017 г.

© Глазырина И.П., Лавлинский С.М., 2017