

УДК 517.7+330.46

ББК 65.050.2

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОРРУПЦИИ

ГЕННАДИЙ А. УГОЛЬНИЦКИЙ

АНАТОЛИЙ Б. УСОВ

Факультет математики, механики и компьютерных наук

Южный федеральный университет

344090, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8-а

e-mail: ougoln@mail.ru, usov@math.rsu.ru

Дана теоретико-игровая формализация явления коррупции в трехуровневых системах управления веерной структуры. Рассмотрение проведено на примере системы контроля качества поверхностных вод. Предложена статическая модель, в которой в качестве условий устойчивого развития речных систем взяты предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах. Решение построено методом имитационного моделирования. Приведены характерные примеры. Предложена методика учета возможности коррупции в иерархических системах.

Ключевые слова: система управления, коррупция, иерархические игры, информационно-моделирующая система, метод побуждения.

1. Введение

Развитие производства продуктов и услуг сопровождается ростом численности бюрократического аппарата, укреплением базы и предпосылок для оппортунистического поведения различных субъектов

управления. Вопросы установления причин возникновения, обуздания и искоренения оппортунистического поведения в экономической и политической сферах имеют государственное значение, контролируются органами власти и управления. В результате математическому моделированию явления коррупции, как главной разновидности оппортунистического поведения в системах управления различной структуры и природы, уделяется определенное внимание. Под коррупцией понимается получение должностными лицами взяток в обмен на предоставление различных привилегий и льгот.

Несмотря на достаточное количество работ, посвященных исследованию явления коррупции, например [1,2,6,7], до сих пор не выработана комплексная методика исследования явления коррупции, не сформулированы практические рекомендации для органов государственной власти различных уровней, направленные на борьбу с коррупцией.

Предлагаемая работа близка к [3], где дана математическая формализация явления коррупции в трехуровневых динамических системах управления веерной структуры. В этой работе рассмотрение проведено на примере системы контроля качества поверхностных вод, построена динамическая модель с учетом возможности коррупционных отношений. Использование предлагаемой в ней методики контроля, управления коррупцией органами государственной власти различных уровней затруднено необходимостью учета в предложенной математической модели гидродинамических, гидрохимических данных, относящихся к различным участкам руслового потока. Предлагается упрощенная статическая модель коррупции, позволяющая проводить моделирование поведения реальных систем управления в условиях коррупции, давать практические рекомендации относительно поведения различных субъектов управления в условиях коррупции для органов государственной власти разных уровней.

2. Модель

Трехуровневая система управления веерной структуры состоит из источников воздействия верхнего (федеральный центр или ФЦ), среднего (местный орган управления или ОУ), нижнего (промышленное предприятие или ПП) уровней и управляемой динамической

системы (УДС или водоток) [3]. Взаимоотношения между элементами такой системы устроены следующим образом: ФЦ воздействует на ОУ, ОУ – на ПП, ПП – на УДС. В системе имеется обратная связь и предусмотрена возможность непосредственного воздействия ФЦ и ОУ на УДС.

Пусть ПП стремится к максимизации получаемой в результате производства прибыли. В процессе производства в УДС сбрасываются загрязняющие вещества (ЗВ). ОУ определяет размеры платы за сверхлимитный и сверхнормативный сброс загрязнений в водоток и стремится к максимизации находящихся в его распоряжении средств. ФЦ определяет, какая доля средств, поступающих от ПП в виде платы за сброс загрязнений, остается в его распоряжении, а какая отдается ОУ. ФЦ должен поддерживать УДС в устойчивом состоянии. Пусть УДС находится в устойчивом состоянии, если выполнены законодательно установленные предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в сточных водах предприятия.

Интересы ФЦ и ОУ различны, порой противоположны, поэтому ОУ может быть заинтересован в получении взяток от ПП, в обмен на которые они занижают размер платы за сброс загрязнений в водоток. Если ОУ отказывается от взятки, то она изымается ФЦ, штрафу подвергаются только ПП. Величина штрафа зависит от «масштабных» коэффициентов, в которых учитывается вероятность обнаружения взятки. С ростом «масштабных» коэффициентов вероятность обнаружения взятки увеличивается, но увеличиваются и затраты со стороны ФЦ на контроль за деятельностью ОУ и ПП.

3. Математическая постановка задачи

В предлагаемой модели не учитываются платежи за водозабор и водосброс, в рассмотрение принимаются только платежи за сброс загрязнений. Аналогично [4] ниже исследуется случай одного вида загрязнений.

ФЦ помимо выполнения условий устойчивого развития системы стремится к максимизации целевой функции вида

$$\begin{aligned}
 J_{\Phi} = & -C_{\Phi}(y) + \nu(R(\Phi) - VK(\Phi) - H(\Phi) - VS(W, P) - FN) + \\
 & + G(FN + FP^0 + FS^0) + (1 - P)W(-h(L) + L\delta(f_1(b) + f_2(b))) + \\
 & + (1 - \delta)(b + f_3(b)) \rightarrow \max\{G, L\}; \quad (3.1)
 \end{aligned}$$

$$y = (1 - P)W;$$

$$FN = \begin{cases} s(1 - P)W, & \text{если } (1 - P)W \leq W_1, \\ sW_1, & \text{если } (1 - P)W > W_1; \end{cases}$$

$$FP^0 = \begin{cases} 0, & \text{если } (1 - P)W \leq W_1, \\ sKN^0((1 - P)W - W_1), & \text{если } W_1 < (1 - P)W \leq W_2, \\ sKN^0(W_2 - W_1), & \text{если } W_2 < (1 - P)W; \end{cases}$$

$$FS^0 = \begin{cases} 0, & \text{если } (1 - P)W \leq W_2, \\ sKS^0((1 - P)W - W_2), & \text{если } (1 - P)W > W_2. \end{cases}$$

Здесь $W((1 - P)W)$ – количество загрязнений, сбрасываемых в реку до (после) очистки сточных вод; P – доля загрязнений, удаляемых на предприятии в процессе очистки сточных вод; FS^0, FN, FP^0 – функции платежей в условиях коррупции, которые платит ПП за сброс загрязнений в пределах установленного норматива, а также за сверхнормативный и сверхлимитный сбросы соответственно, эти функции зависят от общего количества загрязнений, сбрасываемых в реку после очистки сточных вод и от величины полученной взятки; KN^0, KS^0 – размеры платы в условиях коррупции за единицу сброшенных загрязнений на ПП при сверхнормативном и сверхлимитном сбросах; $KN^0 = \max(KN - \delta a_1(b), 0)$; $KS^0 = \max(KS - \delta a_2(b), 0)$; s, KN, KS – размеры платы без учета коррупции за единицу сброшенных загрязнений на ПП при сбросе в установленных пределах, сверхнормативном и сверхлимитном сбросах соответственно; δ – коэффициенты, равные нулю, если взятка не давалась, и единице в противном случае; b – размер взятки на единицу сброшенных загрязнений, даваемой предприятием ОУ; $a_1(z)(a_2(z))$ – функции «эффективности» взяток, характеризующие, насколько взятки уменьшают размер платы за сверхнормативный и сверхлимитный сброс загрязнений, соответственно; W_1, W_2 – постоянные величины, которые представляют собой установленные законодательством нормативы сброса загрязнений; $C_\Phi(y)$ – функция, в которой отражены материальные потери общества из-за загрязненной воды; y – общее количество сброшенных в реку загрязнений; ν – ставка налога на прибыль; $R(\Phi)$ – доход ПП от реализации произведенной продукции при величине производственных фондов Φ ; $VK(\Phi)$ – включаемые в себестоимость из-

держки основного производства; $H(\Phi)$ – суммарная заработная плата основного и природоохранного производств; $VS(W, P)$ – издержки природоохранной деятельности, зависящие от объема сбрасываемых загрязнений и степени очистки сточных вод; G – доля средств, получаемых с ПП за сброс загрязнений в условиях коррупции, которая остается у ФЦ; $f_1(z)$, $f_2(z)$ – функции штрафа ОУ при получении ими взяток и ПП при дачи взятки; $f_3(z)$ – функция штрафа ПП, когда они предлагают ОУ взятку, ОУ ее не берет и сообщает об этом ФЦ; L – «масштабные» коэффициенты для функций штрафа за взятки; $h(L)$ – функции затрат ФЦ на определение «масштабных» коэффициентов, отнесенные к единице сброшенных ЗВ.

Функции VK и H зависят от величины производственных фондов; $VS(W, P)$ отражает затраты ПП на очистку сточных вод. Предполагается, что выполнены следующие соотношения:

$$VK(\Phi) + H(\Phi) = \mu R(\Phi); \quad \mu = const; \quad VS(W, P) = WC_P(P),$$

где $C_P(P)$ – функции затрат ПП на очистку единицы сбрасываемых в водоток загрязнений.

ОУ стремится к максимизации средств, поступающих к нему от ПП в виде взяток и платы за сброс загрязнений, за вычетом расходов на очистку речной воды и штрафов за взятки. Его целевая функция имеет вид

$$J_y = -C_y(y) + (1-G)(FN + FP^0 + FS^0) + (1-P)W(-L\delta f_1(b) + \delta b) \quad (3.2)$$

$$\rightarrow \max\{KN, KS, \delta\},$$

где $C_y(y)$ – функция затрат ОУ на улучшение качества речной воды.

Цель ПП – максимизация своей прибыли в условиях коррупции, т.е.

$$J = (1-\nu)(R(\Phi) - VK(\Phi) - H(\Phi) - VS(W, P) - FN) - FP^0 - FS^0 -$$

$$-(1-P)W(b + L\delta f_2(b) + (1-\delta)f_3(b)) \rightarrow \max\{P, b\}. \quad (3.3)$$

Пусть количество сбрасываемых загрязнений (до очистки) зависит от количества произведенной продукции линейно:

$$W = \beta R(\Phi); \quad \beta = const, \quad (3.4)$$

производственная функция имеет вид

$$R(\Phi) = \gamma\Phi^{0.5}; \gamma, \Phi = const. \quad (3.5)$$

Оптимизационные задачи (3.1)–(3.3) решаются при следующих ограничениях на управления предприятия

$$0 \leq P \leq 1 - \varepsilon; 0 \leq b \leq b_{max}, \quad (3.6)$$

органа управления

$$0 \leq KN \leq KN_{max}; 0 \leq KS \leq KS_{max}; \delta \in \{0, 1\} \quad (3.7)$$

и федерального центра

$$0 \leq H \leq 1; 0 \leq L \leq L_{max}, \quad (3.8)$$

а также на размер средств на контроль за ОУ и ПП

$$C_0 h(L)(1 - P)W \leq C_{max}, \quad (3.9)$$

где величины $C_0, KS_{max}, KN_{max}, C_{max}, b_{max}, L_{max}$ заданы; $0 < \varepsilon < 1$ – постоянная, определяемая технологическими возможностями очистки сточных вод на предприятии.

Для упрощения предлагаемой модели, возможности разработки комплексной методики исследования коррупции, выработки практических рекомендаций для органов государственной власти в условиях коррупции характеристики качества речной воды не учитываются в модели. В расчет принимается только качество сточных вод.

Требования устойчивого развития системы, включающей в себя водоток, состоят в рамках предлагаемой модели в соблюдении предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах:

$$\frac{W(1 - P)}{Q} \leq Q_{max}, \quad (3.10)$$

где Q – расход воды на ПП; величины B_{max}, Q_{max} – заданы.

В качестве метода иерархического управления в (3.1)–(3.10) реализован метод побуждения [3,4]. В этом случае все субъекты управления воздействуют на целевые функции нижестоящих субъектов. Основной целью ФЦ является выполнение условия (3.10).

4. Метод побуждения в условиях коррупции

При побуждении ОУ назначают размер платы за сверхлимитный и сверхнормативный сброс ЗВ и решают, выгодно ли им брать предлагаемые ПП взятки.

Алгоритм построения равновесия побуждения в условиях коррупции состоит в следующем:

1) В результате минимизации (3.3) с ограничениями (3.6) определяются оптимальные стратегии ПП в зависимости от управлений ОУ:

$$P^* = P^*(KN, KS, \delta); \quad b^* = b^*(KN, KS, \delta).$$

2) Найденные в пункте 1 алгоритма стратегии ПП подставляются в (3.2). После этого проводится максимизация (3.2) с ограничениями (3.7).

В результате определяются оптимальные управления ОУ в зависимости от стратегии ФЦ

$$KN^* = KN^*(G, L); \quad KS^* = KS^*(G, L); \quad \delta^* = \delta^*(G, L).$$

3) Решается задача (3.1), (3.8)–(3.10) с учетом того, что

$$P = P^*(KN^*, KS^*, \delta^*); \quad b = b^*(KN^*, KS^*, \delta^*);$$

$$KN = KN^*(G, L); \quad KS = KS^*(G, L); \quad \delta = \delta^*(G, L).$$

Оптимальными для ФЦ являются величины G^*, L^* , приносящие ему максимальный доход при выполненном условии (3.10).

4) Равновесие побуждения определим как набор величин

$$\{G^*, L^*, KN_*, KS_*, \delta_*, P_*, b_*\},$$

где

$$KN_* = KN^*(G^*, L^*); \quad KS_* = KS^*(G^*, L^*); \quad \delta_* = \delta^*(G^*, L^*);$$

$$P_* = P^*(KN_*, KS_*, \delta_*); \quad b_* = b^*(KN_*, KS_*, \delta_*).$$

Равновесие побуждения строится на основе метода имитационного моделирования [4].

5. Информационно-программная поддержка систем управления

В современных условиях организация эффективных систем управления различной природы невозможна без должной информационной поддержки принимаемых решений, квалифицированной помощи субъектам управления различных уровней при принятии управленческих решений, комплексного подхода к проблеме, предполагающего создание информационно-аналитических систем (ИАС) управления. ИАС являются частным случаем систем поддержки принятия решений управления в различных областях. Они способствуют решению основных задач оперативного и долгосрочного управления, а также управления в условиях чрезвычайных ситуаций.

ИАС являются мощным инструментом для выработки альтернативных вариантов действий, анализа последствий их применения и совершенствования навыков руководителя при принятии управленческих решений. При управлении устойчивым развитием иерархических систем управления в условиях коррупции необходимо использовать ИАС, обладающие соответствующим математическим и программным обеспечением.

Типовая структура ИАС предполагает наличие трех блоков [5]: хранилища данных (СУБД и анализ данных), базы моделей (модели, методы, моделируемые процессы) и экспертной системы.

Хранилище данных представляет собой совокупность баз данных, в которых накапливается вся имеющаяся информация о каждом из экологических объектов в отдельности и всей системе в целом. Кроме того, в виде баз данных или электронных таблиц здесь сосредоточены справочные данные, необходимые для работы других блоков системы.

База моделей содержит как модели отдельных подсистем, так и модели, описывающие свойства совокупности рассматриваемых объектов. Здесь же расположены модели воздействия и ряд других моделей. Этот блок активно связан с хранилищем данных, сведения из которого используются базой моделей для их верификации и при непосредственной работе самих моделей.

Экспертная система представляет собой базу знаний моделей управления, которую можно условно разделить на две части. В пер-

вой представлена известная информация и заранее разработанные модели управления, находится база всех документов, регламентирующих использование ресурсов экосистемы и имеющих отношение к управлению природными ресурсами разного уровня, а также модели (сценарии) управления, предписанные и определенные имеющимися документами. Сюда же включена база результатов прогноза последствий тех или иных экологических ситуаций, полученных по заранее разработанным сценариям.

Вторая часть экспертного блока использует информацию, модели и данные иного рода – экспертные, основанные на знаниях, опыте, интуиции специалистов-экспертов в области управления. Они непрерывно пополняются по мере использования ИАС.

Все три блока объединяются общей программной оболочкой (интерфейс и авторизация), которая дает возможность пользователю работать с каждой базой данных и любой моделью как в автономном режиме, так и во взаимодействии друг с другом. Все базы данных и базы знаний являются открытыми для пополнения и корректировки имеющейся в них информации.

Предлагаемая статическая математическая модель коррупции, наряду с предложенной в [3] динамической моделью, может служить основной моделью оптимизирующей и прогнозирующей подсистем аналитического блока. Модель (3.1)–(3.10) требует для своей реализации знания параметров только одного отдельно взятого предприятия, что является ее несомненным достоинством по сравнению с моделью из [3].

6. Модельные расчеты

Приведем ряд примеров исследования модели (3.1)–(3.10) в случае

$$C_P(Y) = D \frac{Y}{1-Y}; \quad C_\Phi(y) = C_1 y; \quad C_y(y) = C_2 y;$$

$$f_i(z) = \alpha_i z; \quad i = 1, 2, 3; \quad h(z) = \alpha_4 z; \quad a_1(z) = \alpha_5 z; \quad a_2(z) = \alpha_6 z.$$

Для предприятия методом множителей Лагранжа получены значения стационарных точек $(P_k^0, b_i^0; i = 1, 2; k = 1, 2, \dots, 7)$, одна из которых является оптимальной. Причем

$$b_1^0 = 0; \quad b_2^0 = b_{max}; \quad P_1^0 = 0; \quad P_2^0 = 1 - \varepsilon; \quad P_3^0 = 1 - \frac{W_1}{W}; \quad P_4^0 = 1 - \frac{W_2}{W};$$

$$P_5^0 = 1 - \sqrt{\frac{(1 - \nu)D}{bK + (1 - \nu)s}}; \quad P_6^0 = 1 - \sqrt{\frac{(1 - \nu)D}{bK + KN^0s}};$$

$$P_7^0 = 1 - \sqrt{\frac{(1 - \nu)D}{bK + KS^0s}},$$

где $K = 1 - L\delta\alpha_2 - (1 - \delta)\alpha_3$.

Точки $P_i^0 (i = 3, 4, 5, 6, 7)$ относятся к стационарным только в том случае, если принадлежат множеству допустимых управлений, то есть $0 \leq P_i^0 \leq 1 - \varepsilon$.

Дальнейшее исследование проводилось путем имитационного моделирования согласно [3].

Пример 6.1. Для следующего набора входных данных (у.е. – стоимость в условных единицах; сут – сутки; м – метр; мг – миллиграмм; л – литр):

$C_1 = D = 1$ (сут. у.е.)/мг; $C_0 = 100W$ (сут. у.е.)/мг; $\gamma = 0.2$ у.е.; $b=0.01$ мг/(сут. у.е.); $KN_{max} = 8$; $KS_{max} = 10$; $Q = 1$ м³/сут.; $\nu = 0.24$; $\varepsilon = 0.01$; $\mu = 0.5$; $C_2 = 0.4$ (сут. у.е.)/мг; $\Phi = 5 \cdot 10^9$ у.е.; $W_1 = 0.25b\gamma\Phi^{1/2}$; $W_2 = 0.5b\gamma\Phi^{1/2}$; $Q_{max} = 60$; $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$; $\alpha_3 = 10$; $\alpha_4 = 3$ (сут. у.е.)/мг; $\alpha_5 = 6 / b_{max}$; $\alpha_6 = 5/b_{max}$; $s = 25$ (сут. у.е.)/мг; $L_{max}=1$; $C_{max} = 400W$ (сут. у.е.)/мг; $b_{max}=2$ (сут. у.е.)/мг

метод побуждения в условиях коррупции реализуется.

Для ПП выгодно, чтобы объемы сброса загрязнений не превосходили величины W_1 . При этом ПП не предлагает взятку ОУ («эффективность» взятки невелика по сравнению с величиной платы за сброс загрязнений, затратами на очистку сточных вод), ОУ ее брать не собирается (наказание его за принятие взятки велико по сравнению с размером предполагаемой взятки). В этом случае

$$KN_* = KS_* = 0.8; P_* = 0.7921; L^* = 0.93; b_* = 0(\text{сут. у.е.})/\text{мг}; G^* = 1;$$

$$\delta_* = 0; J_\Phi = 2017\text{у.е.}; J_1 = 4405\text{у.е.}; J_y = -11\text{у.е.}$$

Пример 6.2. При изменении (увеличении или уменьшении) по сравнению с примером 6.1 затрат на определение «масштабных» коэффициентов или увеличении возможного наказания за дачу и принятие взятки стратегии всех субъектов управления не меняются по сравнению с примером 6.1.

В случае $\alpha_4 = 0.3$ (сут. у.е.)/мг по сравнению с примером 6.1 изменится только доход ФЦ, а именно $J_\Phi = 2089$ у.е.; в случае $\alpha_4 = 10$ (сут. у.е.)/мг – $J_\Phi = 1832$ у.е.; в случае входных данных примера 6.1 и $\alpha_1 = \alpha_2 = 10$ получим $J_\Phi = 2089$ у.е.

Пример 6.3. При увеличении расхода воды на ПП по сравнению с примером 6.1 ($Q = 2\text{м}^3/\text{сут.}$) оптимальная стратегия ПП меняется. Для ПП становится выгодным, чтобы объемы сброса загрязнений не превосходили величины W_2 , но были больше величины W_1 . При этом ПП предлагает максимально возможную взятку, а ОУ ее берет. В этом случае

$$KN_* = KS_* = 5.6; P_* = 0.5445; L^* = 0.33; b_* = 2(\text{сут. у.е.})/\text{мг}; G^* = 1;$$

$$\delta_* = 1; J_\Phi = 2283\text{у.е.}; J_1 = 4406\text{у.е.}; J_y = 64\text{у.е.}$$

Пример 6.4. При увеличении размера платы за сброс загрязнений по сравнению с примером 6.3 ($s = 100$ (сут. у.е.)/мг) изменятся стратегии всех субъектов управления. Для предприятия становится выгодным, чтобы объемы сброса загрязнений не превосходили величины W_1 . ПП взятку предлагает, но ОУ ее не берет. Доход ФЦ растет, остальных субъектов управления падает.

$$KN_* = KS_* = 0; P_* = 0.8911; L^* = 0; b_* = 0(\text{сут. у.е.})/\text{мг}; G^* = 1;$$

$$\delta_* = 1; J_\Phi = 2575\text{у.е.}; J_1 = 3323\text{у.е.}; J_y = -6\text{у.е.}$$

Пример 6.5. При уменьшении размера платы за сброс загрязнений по сравнению с примером 6.1 ($s = 1$ (сут. у.е.)/мг) ПП взятку не предлагают, хотя ОУ готовы ее взять. Для ПП выгодно, чтобы объемы сброса загрязнений не превосходили величины W_2 , но были больше величины W_1 .

$$KN_* = KS_* = 6.4; P_* = 0.6435; L^* = 0.6; b_* = 0(\text{сут. у.е.})/\text{мг}; G^* = 0.8;$$

$$\delta_* = 1; J_\Phi = 1591\text{у.е.}; J_1 = 5056\text{у.е.}; J_y = 6\text{у.е.}$$

Пример 6.6. Варьирование степени «эффективности» взяток по сравнению с примером 6.1 не приводит к существенным изменениям оптимальных стратегий субъектов управления.

В случае $\alpha_5 = 18/b_{max}$; $\alpha_6 = 15/b_{max}$ или $\alpha_5 = 2/b_{max}$; $\alpha_6 = 1/b_{max}$ получим, что

$$KN_* = KS_* = 0.8; P_* = 0.7921; L^* = 0.8; b_* = 0(\text{сут. у.е.})/\text{мг}; G^* = 1;$$

$$\delta_* = 0; J_\Phi = 2026\text{у.е.}; J_1 = 4405\text{у.е.}; J_y = -11\text{у.е.}$$

Пример 6.7. Метод побуждения в условиях коррупции работает не всегда. Если возможности ФЦ по контролю взяток и наказанию за них невелики, то метод может не реализовываться.

Например, в случае входных данных примера 6.1 и $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.1$ или $L_{max} = 0.1$ выполнить условия устойчивого развития системы не удастся, метод побуждения в условиях коррупции не работает.

Результаты всех приведенных выше модельных примеров отличаются от результатов, полученных по более сложной динамической модели из [3] для аналогичных входных данных. Тем не менее, все основные свойства модели сохраняются, что свидетельствует о возможности использования упрощенной модели для прогноза состояния эколого-экономических систем в условиях коррупции.

7. Заключение

Новизна предложенной математической модели по сравнению с [3] состоит в отказе от рассмотрения контроля качества речных вод и от нестационарной постановки задачи, гипотезе контроля качества только сточных вод на каждом предприятии, дифференцированном наказании за взятки различных субъектов управления. Несмотря на сделанные упрощения, предложенная модель управления устойчивым развитием в условиях коррупции позволяет наблюдать основные закономерности оппортунистического поведения различных субъектов управления.

Если наказание дающего взятку велико или «эффективность» взятки невелика, то взятка ПП не предлагается. Если субъект управления верхнего уровня выделяет часть поступающих к нему средств нижестоящим субъектам и наказание берущего взятку субъекта велико, то им нет смысла брать предлагаемые взятки. В противном случае интересы субъектов управления разных уровней противоположны. Как следствие, субъекты управления средних уровней заинтересованы в получении взяток.

Если «эффективность» взятки невелика по сравнению с величиной штрафа за нее (примеры 6.1, 6.2, 6.5, 6.6), то предлагать ее не имеет смысла, в противном случае для ПП выгодна максимально возможная взятка (примеры 6.3, 6.4). Определяющими факторами для ОУ при решении вопроса – брать или нет взятки – являются «масштабные» коэффициенты и размер средств, поступающих к нему от ФЦ (примеры 6.1–6.5). Метод побуждения в условиях коррупции работает не всегда (пример 6.7).

Модель в силу своей стационарности и учета только качества сточных вод легко идентифицируема, реализуема, используя ее можно прогнозировать развитие систем управления в условиях коррупции. Определение необходимых для ее исследования входных данных не представляет больших трудностей. Предложенная модель может составить основу аналитического блока ИАС управления устойчивым развитием в условиях коррупции, использоваться руководителями разных уровней для прогноза и нахождения оптимальных стратегий поведения в различных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выборнов Р.А. *Модели и методы управления организационными системами с коррупционным поведением участников*. М.: ИПУ РАН, 2006.
2. Полтерович В.М. *Факторы коррупции // Экономика и математические методы*. 1998. Т. 34. Вып. 3. С. 30–39.
3. Угольницкий Г.А., Усов А.Б. *Управление устойчивым развитием иерархических систем в условиях коррупции // Проблемы управления*. 2010. № 5. С. 18–25.
4. Угольницкий Г.А., Усов А.Б. *Математическая формализация методов иерархического управления эколого-экономическими системами // Проблемы управления*. 2007. № 4. С. 64–69.
5. Угольницкий Г.А., Усов А.Б. *Информационно-аналитическая система управления эколого-экономическими объектами // Из-*

вестия РАН. Теория и системы управления. 2007. № 6. С. 230–238.

6. Усов А.Б. *Модельное исследование коррупции в трехуровневых системах управления* // Экономика и математические методы. 2009. Т. 45. Вып. 2. С. 66–73.

7. Rose-Ackerman S. *The Economics of Corruption* // Journal of Political Economy. 1975. № 4. P. 187–203.

THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE MANAGEMENT SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF CORRUPTION

Gennady A. Ougolnitsky, South State University, Dr.Sc., professor
(ougoln@mail.ru).

Anatoly B. Usov, South State University, Dr.Sc., docent
(usov@math.rsu.ru)

Abstract: The game theoretic formalization of the corruption phenomena in three-level management systems is given. The consideration is based on the example of the systems of water quality control. The stationary model is offered. In this model the conditions of the sustainable development of the river systems are understood as satisfying of the maximum allowable concentrations of the pollutants in sewage. The solution is constructed by the method of simulation modeling. Typical examples are given. The method of the consideration of the possibility to corruptions in hierarchical system is offered.

Keywords: management system, corruption, hierarchical games, information-analytical system, impetus method.