

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ: СТРУКТУРА, ВЗАИМОСВЯЗИ

В. Е. Стровский, О. В. Косолапов

Ecological and economic system of a mining enterprise: structure, interrelations

V. E. Strovskiy, O. V. Kosolapov

The authors consider the specifics of the functioning of ecological and economic system (EES) of a mining enterprise. The authors clarify the concept of EES by analyzing a number of definitions; provide a structural diagram reflecting the flows of mineral raw materials and waste. The article reveals the components of depletion of the mineral-raw material potential and the assimilation potential within the boundaries of the mining complex. The authors substantiate the directions of intensification of development of mineral resources, slowing the depletion of mineral and raw materials potential, as well as the directions ensuring the preservation of assimilation potential. The structure of EES allows us to determine the residual value of the assimilation and mineral-raw potential. One should note the importance of institutional support, contributing to the realization of the set goal for subsoil use. The authors reveal the essence of interconnections taking place within the framework of EES: ecological-economic, economic-ecological, ecological-social, social-ecological, social-economic and economic-social, which corresponds to the presence of direct and inverse interrelations between the main blocks (subsystems) of EES. The availability of information on existing interrelations makes it possible to make the most informed decisions regarding the exploitation of mineral deposits, aimed at resource saving and reducing of the anthropogenic impact on the environment, i.e., preserving the assimilation potential of the territory under consideration.

Keywords: mining enterprise; ecological and economic system; structure; interrelations; exhaustion; preserving.

Рассматривается специфика функционирования эколого-экономической системы (ЭЭС) горного предприятия. Уточняется понятие ЭЭС на основе анализа ряда определений, проводится структурная схема, отражающая потоки минерального сырья и формирующихся отходов. Раскрываются составляющие истощения минерально-сырьевого потенциала и ассимиляционного потенциала в границах горнопромышленного комплекса. Обосновываются направления интенсификации освоения ресурсов недр, замедляющих истощение минерально-сырьевого потенциала, а также направления, обеспечивающие сохранение ассимиляционного потенциала. Структура ЭЭС позволяет определить остаточную величину ассимиляционного и минерально-сырьевого потенциала. Отмечается важность институционального обеспечения, способствующего реализации поставленной цели при недропользовании. Раскрывается сущность взаимосвязей, имеющих место в рамках ЭЭС: эколого-экономических, экономико-экологических, эколого-социальных, социально-экологических, социально-экономических и экономико-социальных, что соответствует наличию прямых и обратных взаимосвязей между основными блоками (подсистемами) ЭЭС. Наличие информации о существующих взаимосвязях дает возможность принимать наиболее обоснованные решения, касающиеся эксплуатации месторождения полезного ископаемого, нацеленные на ресурсосбережение и снижение антропогенного воздействия на окружающую среду, т. е. сбережение ассимиляционного потенциала рассматриваемой территории.

Ключевые слова: горное предприятие; эколого-экономическая система; структура; взаимосвязи; истощение; сбережение.

Долгое время антропогенез не нарушал баланса природных систем, так как использование природных ресурсов осуществлялось с минимальным приложением труда. Нарушенные экосистемы восстанавливались. В этот период исследование природных (экологических) систем осуществлялось изолированно от экономических. Усиление противоречий между экономическим ростом, имеющимися ресурсами и возрастающим загрязнением окружающей среды привело к тому, что в 1950–1960-е гг. объектом исследования становятся эколого-экономические системы (ЭЭС). Параллельно с ЭЭС в литературе используются такие понятия, как «биоэкономическая система», «природно-экономическая система» и др.

Анализ определений ЭЭС показывает, что в них отмечается:

- во-первых, целостность ЭЭС (совокупность, целостное множество, интеграция, организованное сочетание);

- во-вторых, многообразие составляющих системы, в числе которых обязательным является присутствие природного элемента и экономического (социальный и производственный, социальный, экономический и технический; люди и средства производства), что предполагает осуществление экономической деятельности в рамках тесного обмена материалами и энергией с окружающей средой, т. е. совместное функционирование экологической и экономической подсистем;

- в-третьих, взаимосвязь и взаимодействие элементов системы, осуществляемых посредством потоков вещества, энергии и информации;

- в-четвертых, наличие свойства эмерджентности – несво-

димости суммы свойств отдельных элементов системы к свойству системы.

Отдельные исследователи указывают на такие характеристики ЭЭС, как организованность [1], пространственная ограниченность [2], целевая ориентированность [3, 4]. Из анализа следует также, что рассматривая ЭЭС как систему, в ее составе выделяют элементы, процессы, структуры, факторы, связи, подсистемы. По мнению авторов, появление связей и процессов обуславливает наличие в составе ЭЭС подсистем – природной и социально-экономической, выступающей в качестве системы по отношению к социальной и экономической подсистемам. Взаимозависимое поведение подсистем, имеющих локальные цели, способствует достижению системной (главной) цели ЭЭС.

Не менее важным является вопрос о пространственной ограниченности ЭЭС. Учитывая тот факт, что антропогенные воздействия накладываются на геосистемы (экосистемы), не считаясь с их границами, и последствия этих воздействий выходят за пределы площади самого очага воздействия, границы ЭЭС следует устанавливать исходя из площадного проявления последствий с выделением зон различного характера проявления. Границей должно служить появление зоны с фоновым уровнем загрязнения. В авторском определении ЭЭС – это ограниченная территорией проявления последствий антропогенного воздействия часть экосферы, в которой природная и социо-экономическая подсистемы, взаимосвязанные посредством потоков вещества, энергии и информации, функционируют совместно для достижения единой системной цели. Структурная схема ЭЭС горнодобывающего предприятия приведена на рис. 1.

В процессе производства осуществляется добыча минеральных ресурсов, которая сопровождается потерями PR . Добываемое минеральное сырье реализуется потребителям на внутреннем рынке P_p и внешнем P_v . Недропользование в рамках предприятия предполагает выполнение функций, связанных с воспроизводством минеральных ресурсов B и охраной окружающей среды, в том числе охраной недр Ox . В процессе освоения недр происходит формирование отходов O_n , использование которых осуществляется по разным направлениям:

- P_o – реализация непосредственно самих отходов;
- O_{np} – переработка отходов с получением продуктов, которые реализуются – P_{np} ;

- O_z – захоронение части отходов;

- O_n – накопление части отходов на поверхности в виде терриконов;

- O_p – рекультивация отвалов и использование для заполнения пустот;

- O_r – вывоз части отходов за пределы предприятия.

Истощение минерально-сырьевого потенциала $R_{ис}$, а также минерально-сырьевой базы в этом случае составит:

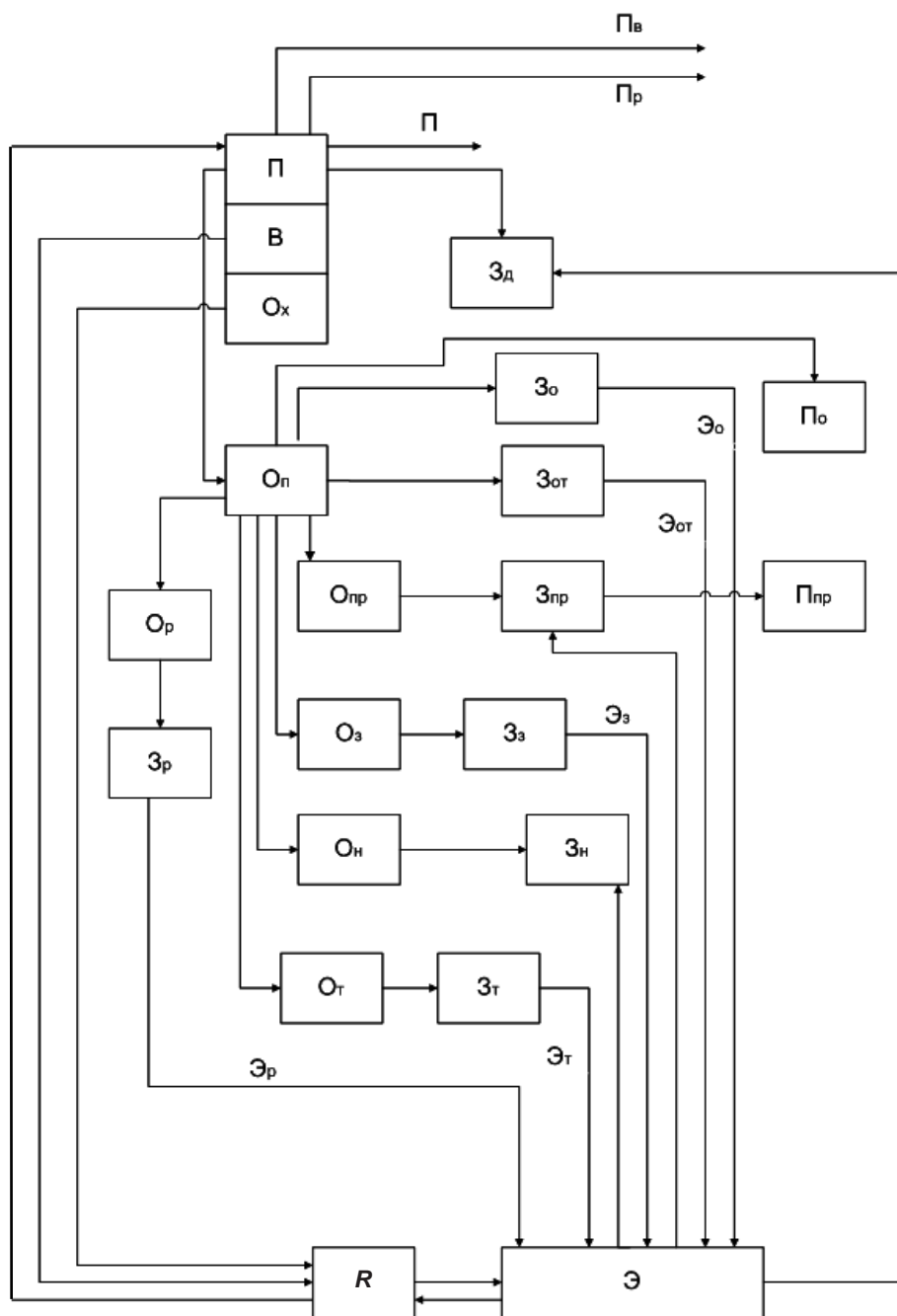


Рисунок 1. Структурная схема ЭЭС горнодобывающего предприятия.

Условные обозначения к рис. 1:

- R – минерально-сырьевой потенциал;
- \mathcal{E} – ассимиляционный потенциал;
- R_1 – используемые балансовые запасы минеральных ресурсов;
- P_r – реализация минерального сырья;
- PR – потери полезного ископаемого;
- P^b – экспортируемое минеральное сырье;
- P – производство (добыча) минерального сырья;
- B – воспроизводство минерально-сырьевой базы (прирост запасов, переоценка запасов);
- O_x – охрана окружающей среды, в том числе охрана недр;
- R_{ox} – используемые запасы целиков, ранее списанные запасы (возобновление R);
- R^b – прирост запасов полезных ископаемых, переоценка запасов (возобновление R);
- O^o – отходы производства; отходы, формирующиеся при добыче;
- O^{op} – переработка отходов с получением продукции;
- P^{op} – реализация продуктов переработки отходов;
- P^o – реализация непосредственно самих отходов;
- O^z – захоронение части отходов;
- O^n – накопление отходов на поверхности;
- O^p – использование отходов для рекультивации, заполнения пустот;

- O_t – вывоз отходов за пределы предприятия;
- Z_3 – предотвращаемое загрязнение окружающей среды при захоронении отходов;
- Z_d – загрязнение окружающей среды при добыче;
- Z_n – загрязнение окружающей среды при накоплении отходов;
- Z_p – предотвращаемое загрязнение окружающей среды при рекультивации отходов;
- $Z_{от}$ – предотвращаемое загрязнение в связи с переработкой отходов;
- Z_t – предотвращаемое загрязнение окружающей среды при транспортировании отходов за пределы предприятия;
- Z_o – предотвращаемое загрязнение окружающей среды при реализации отходов;
- $Z_{пр}$ – загрязнение окружающей среды в процессе переработки отходов;
- \mathcal{E}_3 – сохранение \mathcal{E} за счет предотвращения загрязнения при захоронении отходов;
- \mathcal{E}_p – сохранение \mathcal{E} за счет предотвращения загрязнения при рекультивации отходов;
- \mathcal{E}_t – сохранение \mathcal{E} за счет предотвращения загрязнения при вывозе отходов за пределы предприятия;
- \mathcal{E}_o – сохранение \mathcal{E} за счет предотвращения загрязнения при реализации отходов;
- $\mathcal{E}_{от}$ – сохранение \mathcal{E} за счет переработки отходов.

$$R_{ис} = \Pi_p + PR + O_n + \Pi_b - R_{ox} - R_b.$$

$$R_o = R - R_1 + R_g + R_{ox}.$$

При существенном минерально-сырьевом потенциале и производственной мощности предприятия потребность в минеральном сырье стараются покрывать за счет наращивания производственной программы. В условиях же просматриваемого истощения запасов месторождения, в целях полноты использования минерально-сырьевой базы наиболее приемлемым становится интенсификация производства:

- снижение потерь и разубоживания;
- отработка ранее списанных и забалансовых запасов;
- максимизация использования отходов и предотвращение их образования;
- повышение комплексности использования сырья;
- повышение коэффициента извлечения полезного компонента при обогащении и др.

Интенсификация рассматривается в качестве наиболее приемлемого направления освоения ресурсов недр, обеспечиваемого за счет ресурсосбережения и использования отходов, минимизирует истощение ассимиляционного потенциала. Как следует из анализа, величина истощения минерально-сырьевой базы $R_{ис}$ определяется объемом добычи полезного ископаемого. Уменьшение $R_{ис}$ зависит от прироста запасов R_b и отработки ранее списанных, забалансовых запасов R_{ox} . В числе направлений интенсификации наиболее реальным является использование отходов Π_o и $O_{пр}$, если они могут выступать в качестве техногенных источников минерального сырья.

Использование отходов осуществляется по нескольким направлениям:

$$O_n = \Pi_o + O_{пр} + O_p + O_z + O_t + O_n.$$

При этом каждое из направлений сопровождается либо загрязнением окружающей среды, либо предотвращением загрязнения, которое могло бы иметь место при размещении этих отходов в отвалах. Общая величина предотвращенного загрязнения, которое обеспечивает сохранение \mathcal{E}_{cox} , составит:

$$\mathcal{E}_{cox} = \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_t + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_{от} + \mathcal{E}_o.$$

При более детальном рассмотрении процесса сохранения \mathcal{E} следует величину \mathcal{E}_{cox} несколько уменьшить за счет возникновения загрязнения окружающей среды при захоронении, рекультивации, реализации отходов и транспортировке их за пределы предприятия.

Истощение ассимиляционного потенциала обусловлено необходимостью ассимиляции загрязняющих веществ, которые попадают в окружающую среду в составе отходов (газообразные, жидкие и твердые):

$$\mathcal{E}_{ис} = Z_n + Z_{от} + Z_d.$$

Остаточная величина минерально-сырьевой базы в составе минерально-сырьевого потенциала R_o определяется как

Остаточная величина ассимиляционного потенциала \mathcal{E}_o составляет:

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E} - Z_n - Z_{от} - Z_d + \mathcal{E}_{cox}.$$

Ассимиляционная способность может быть увеличена за счет восстановительных работ (например, рекультивации) и природоохранной деятельности, ориентированной на предупреждение и ликвидацию загрязнения окружающей среды. В определенной степени сохранение ассимиляционной способности связано с вывозом отходов за пределы региона, реализацией непосредственно самих отходов или продуктов их переработки, захоронением отходов, а снижение – с накоплением отходов и ростом добычи руды. Происходит истощение ассимиляционного потенциала и сопредельных территорий в силу того, что административные границы не совпадают с границами экосистем, в результате формируется череда последствий, сопровождаемых истощением ассимиляционного потенциала на сопредельных территориях [5]. Взаимодействие между рассматриваемыми блоками в ЭЭС, осуществляемое на основе формальных и неформальных институтов, ориентированно на расширение и реализацию возможностей людей (долголетие, образованность, духовность и др.) при сохранении природного базиса территории.

Существуют и иные интерпретации ЭЭС, когда экономические системы рассматриваются в качестве внутренней составляющей эколого-социальной системы [2] или когда ЭЭС расширяется до границ социо-эколого-экономической системы [2, 6–8 и др.]. Согласно определению, приведенному в [9], социо-эколого-экономическая система рассматривается авторами как сложное иерархическое образование, обладающее определенной свободой формы деятельности и представляющее собой единую организационную структуру, подсистемы которой (экологическая, социальная и экономическая) взаимосвязаны и совместно функционируют для достижения общей цели. В числе основных блоков, выделяемых при структурировании данной системы, функционируют: «природа», представляемая современной биосферой (биота биосферы и среда), «население» (человек, общество) и «экономика» (материальные и ценностные субъекты и формы хозяйственной деятельности) (рис. 2).

Институциональная среда является важнейшей составляющей ЭЭС, определяющей средства и правила игры, формирующие взаимоотношения между людьми. Институты при этом могут носить как формальный, так и неформальный характер (экологическая этика и традиции). Между всеми этими блоками существуют тесные прямые и опосредованные взаимосвязи [10], которые имеют как положительный, так и отрицательный характер.

Влияние блока «экономика» на блок «природа» просматривается через формирование отходов, поступающих в окружающую среду в виде выбросов, сбросов, размещаемых на поверхности твердых и жидких отходов, что истощает ассимиляционный потенциал, ухудшает его ассимиляционные способности, за-

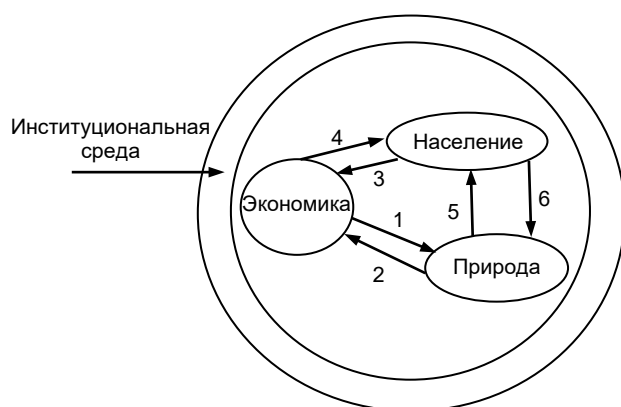


Рисунок 2. Структура социо-эколого-экономической системы (СЭЭС). Взаимосвязи. 1 – эколого-экономические (влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду); 2 – экономико-экологические, характеризующие воздействие природного потенциала на развитие экономики; 3 – экономико-социальные, отражающие влияние человеческого фактора на хозяйственную деятельность; 4 – социально-экономические (влияние экономики на уровень жизни населения); 5 – социально-экологические, характеризующие воздействие окружающей природной среды на население; 6 – эколого-социальные, отражающие влияние человеческого фактора на экологическую ситуацию, на состояние природных и экологических ресурсов.

медляет самовосстановление. Весьма укрупненно теряемая ценность ассимиляционного потенциала оценивается через величину платежей за загрязнение окружающей среды. Помимо этого в процессе производства осуществляется потребление природных ресурсов, т. е. имеет место истощение природно-ресурсного потенциала, определяемое экономической оценкой ресурсов, изымаемых из природной среды. Пользование природными ресурсами, которое приводит к снижению качественных характеристик последних, может осуществляться и без изъятия их из природной среды (например, земельные ресурсы).

Проявлением экономико-экологических взаимосвязей являются последствия в блоке «экономика» под влиянием измененной окружающей среды. В числе подобных последствий – рост ремонтов производственного оборудования, уменьшение длительности межремонтных циклов, ускорение сроков замены оборудования, снижение качества продукции. В условиях сельского хозяйства – снижение урожайности, качественных характеристик продукции, гибель урожая. Эти же последствия характерны для лесохозяйственной деятельности и животноводства. Влияние населения на экономику проявляется через решение проблемы трудоустроенности производства (наличие трудовых ресурсов, квалификационный уровень этих ресурсов), а также наличия и использования человеческого капитала. Человеческая деятельность в современных условиях рассматривается как креативный инновационный процесс, а творческая личность приобретает приоритетную значимость, так как наиболее динамичным фактором экономического развития являются в настоящее время технологии, опирающиеся на научные знания. Прямое влияние на человека (население) оказывает и экономика. Повышение уровня и качества жизни – целевая установка экономического развития. Результативность экономической деятельности находит отражение в росте заработной платы, социальных выплат, налогов, отчисляемых во все уровни бюджета, развитии инфраструктуры, вещественного капитала, человеческого капитала и инфраструктуры домохозяйства.

Взаимосвязи социально-экологического характера проявляются через воздействие загрязненной окружающей среды на здоровье населения. Из оценки ориентировочного вклада различных факторов в здоровье населения следует, что влияние внешней среды, природно-климатических условий оценивается в 17–20 % [11]. Ухудшение экологической ситуации влияет не только на уровень заболеваемости, смертности, инвалидности, но и на демографические показатели. Наблюдаемая еще с 1992 г. депопуляция населения обусловлена не только резким ростом смертности, но и снижением рождаемости. В наибольшей степени на показателях здоровья в урбанизированных районах

сказывается загрязнение атмосферного воздуха. Последний вид взаимосвязей – эколого-социальный – характеризует человека (общество) с позиции самосохранения природы. В современных условиях природа и человек (общество) имеют отличные друг от друга цели и принципы деятельности, что проявляется в массовом антропогенном давлении человека на природу. Только развитие духовности человека, коллективного интеллекта и самосознания могут служить основой сохранения природы. Человеку необходимо как можно скорее встраиваться в естественный порядок всеобщей деятельности природы [12–14]. Как отмечают авторы работы [15], «повышение уровня самоорганизации человека и общества (повышение уровня разума, интеллекта, нравственности, культуры) как приоритетного и обеспечивающего выравнивание соотношений скоростей самоорганизации между ними и средой обитания является залогом самосохранения и достижения максимальной длительности человека на Земле».

Наличие информации о существующих взаимосвязях дает возможность принимать наиболее обоснованные решения, касающиеся эксплуатации месторождения полезного ископаемого, нацеленные на ресурсосбережение и снижение антропогенного воздействия на окружающую среду, т. е. сбережение ассимиляционного потенциала рассматриваемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеров П. М., Нестеров А. П. Менеджмент региональной системы. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. 365 с.
2. Акимова Т. А., Хаскин В. В. Экология. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 495 с.
3. Анисимов А. В. Прикладная экология и экономика природопользования. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 317 с.
4. Елкина Е. Г. Управление развития эколого-экономической системы промышленного предприятия: дис. ... д-ра экон. наук. Уфа, 2009. 331 с.
5. Природопользование сопредельных территорий / под ред. Я. Я. Яндыганова. Екатеринбург: УргЭУ, 2006. 201 с.
6. Акимова Т. А., Хаскин В. В., Сидоренко С. Н. и др. Микроэкология и основы экоразвития. М.: Изд-во РУДН, 2005. 367 с.
7. Экономика природопользования / под ред. К. В. Папенкова. М.: ТЕИС, ТК «Велби», 2008. 928 с.
8. Рудакова Ю. И., Вайсман В. В., Карманов В. В. и др. Социо-эколого-экономические аспекты как основа формирования региональной экономики // Экология и промышленность России. 2010. № 8. С. 22–31.
9. Оценка и прогноз социально-экономических последствий / под ред. А. И. Татаркина. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2004. 267 с.
10. Игнат'ева М. Н. Эволюция взаимоотношений в системе «общество–природа» // Изв. УГГУ. 2015. № 1. С. 56–62.
11. Перотто П. Д. Дарвинизм и менеджмент. Милан: Изд-во «Соле 24 оре», 1990. 209 с.
12. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 519 с.
13. Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. М.: Изд-во ЭПУ, 1998. 226 с.
14. Моисеев Н. Н. Быть или не быть человечеству? М., 1998. 288 с.
15. Прыкин Б. В. Компакт-экономика. М.: Academia, 2006. 512 с.

REFERENCES

1. Nesterov P. M., Nesterov A. P. 2002, *Menedzhment regional'noy sistemy* [Management of the regional system], Moscow, 365 p.
2. Akimova T. A., Khaskin V. V. 2006, *Ekologiya* [Ecology], Moscow, 495 p.
3. Anisimov A. V. 2007, *Prikladnaya ekologiya i ekonomika prirodopol'zovaniya* [Applied Ecology and Environmental Economics], Rostov on Don, 317 p.
4. Elkina E. G. 2009, *Upravlenie razvitiya ekologo-ekonomicheskoy sistemy promyshlennogo predpriyatiya: dis. ... d-ra ekon. nauk* [Management of the development of the ecological and economic system of an industrial enterprise: the dissertation of Doctor of Economic Sciences], Ufa, 331 p.
5. Yandyganov Ya. Ya. 2006, *Prirodopol'zovanie sopredel'nykh territoriy* [Nature management of adjacent territories], Ekaterinburg, 201 p.
6. Akimova T. A., Khaskin V. V., Sidorenko S. N. et al. 2005, *Mikroekologiya i osnovy ekorazvitiya* [Microecology and the foundations of eco-development], Moscow, 367 p.
7. Papenov K. V. 2008, *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Environmental economics], Moscow, 928 p.
8. Rudakova Yu. I., Vaysman V. V., Karmanov V. V. et al. 2010, *Sotsio-ekologo-ekonomicheskie aspekty kak osnova formirovaniya regional'noy ekonomiki* [Socio-ecological and economic aspects as a basis for the formation of a regional economy]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], no. 8, pp. 22–31.
9. Tatarkin A. I. 2004, *Otsenka i prognoz sotsial'no-ekonomicheskikh posledstviy* [Assessment and forecast of social and economic consequences], Ekaterinburg, 267 p.
10. Ignat'eva M. N. 2015, *Evolutsiya vzaimootnosheniy v sisteme «obshchestvo–priroda»* [Evolution of relationships in the system "society-nature"]. *Izv. UGГУ* [News of the Ural State Mining University], no. 1, pp. 56–62.
11. Perotto P. D. 1990, *Darvinizm i menedzhment* [Darwinism and Management], Milan, 209 p.

12. Vernadskiy V. I. 1988, *Filosofskie mysli naturalista* [Philosophical thoughts of the naturalist], Moscow, 519 p.

13. Moiseev N. N. 1998, *Sud'ba tsivilizatsii* [The fate of civilization], Moscow, 226 p.

14. Moiseev N. N. 1998, *Byt' ili ne byt' chelovechestvu?* [To be or not to be humanity?], Moscow, 288 p.

15. Prykin B. V. 2006, *Kompakt-ekonomika* [Compact Economy], Moscow, 512 p.

Владимир Евгеньевич Стровский

rinis@mail.ru

Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Vladimir Evgen'evich Strovskiy

rinis@mail.ru

Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

Олег Вениаминович Косолапов

nedra1958@mail.ru

Управление Росприроднадзора по Республике Хакасия
Россия, Республика Хакасия, Абакан, ул. Хакасская, 21

Oleg Veniaminovich Kosolapov

nedra1958@mail.ru

Russian Environmental Control
Abakan, Khakassia, Russia