

# Ресурсный подход к оценке экономического ущерба при освоении недр

Андрей Николаевич ИВАНОВ\*,  
Владимир Евгеньевич СТРОВСКИЙ\*\*

Уральский государственный горный университет, Россия, Екатеринбург

## Аннотация

**Актуальность.** Выбор оптимального варианта освоения ресурсов недр требует достоверной экономической оценки экологических последствий, т. е. оценки экономического ущерба. В то же время на сегодня отсутствуют общепризнанный подход к его определению и, соответственно, методика, утвержденная на федеральном уровне.

**Цель исследования** – детализация методического инструментария экономической оценки ущерба при ресурсном подходе к его определению.

**Результаты.** Доказана целесообразность использования ресурсного подхода при экономической оценке экологических последствий, когда ущерб характеризуется величиной теряемой ценности природных ресурсов, воспринимающих антропогенные воздействия. Важную роль в обосновании экономического ущерба играют опасность воздействия и степень устойчивости ландшафтов территории, в границах которой прогнозируется разработка месторождения полезных ископаемых. Раскрываются сущность устойчивости природных комплексов и система показателей, характеризующих устойчивость: климатические условия, рельеф и геологическое строение, растительный покров, почва, почвенная биота, гидрологический режим. Получают характеристику свойства природных систем, способствующих повышению устойчивости природной системы. Раскрываются методические подходы к оценке опасности воздействия и возможные источники воздействия. Из опыта применения ресурсного подхода следует, что рекомендуется использование трех, четырех экологических зон и более, в рамках которых функционируют коэффициенты снижения экономической ценности  $\alpha$ . Для детализации  $\alpha$  предлагается обращение к матричному методу, в качестве базовых используются коэффициенты при четырехуровневой дифференциации экологических зон. Обоснованы основополагающие условия, характеризующие процесс детализации  $\alpha$ . Установлены усредненные значения  $\alpha$  в зависимости от опасности воздействия и степени устойчивости ландшафтов. Выполнена дифференциация четырех экологических зон с разной степенью нарушенности: очень слабой, слабой, сильной и очень сильной. Выявлено соотношение площадей экологических зон, составляющее 0,1 : 0,25 : 0,5 : 1,0, которое выдерживается при формировании их с разными радиусными воздействиями.

**Выводы.** Уточнение коэффициентов снижения экономической ценности природных ресурсов позволяет повысить обоснованность определения экономического ущерба, обусловленного наличием экологических последствий.

**Ключевые слова:** экологические последствия, экономическая оценка, экономический ущерб, коэффициент снижения экономической ценности, дифференциация, опасность воздействия, устойчивость ландшафтов.

## Введение

Традиционно при оценке экономического ущерба используется затратный подход, предполагающий формирование структуры последнего из двух видов затрат:

– затраты на предупреждение воздействия загрязненной среды на реципиентов;

– затраты, вызываемые воздействием на них загрязненной среды [1].

Новый подход к оценке экономического ущерба, обусловленного экологическими последствиями, носит название ресурсного подхода. При его использовании величина экономического ущерба определяется теряемой ценностью природных ресурсов, воспринимающих антропогенные воздействия [2–4]:

$$Y = O_i \alpha,$$

где  $Y$  – экономический ущерб, руб.;  $O_i$  – экономическая

оценка природного ресурса, воспринимающего воздействия, имеющие место при освоении недр;  $\alpha$  – коэффициент снижения экономической оценки природного ресурса, доли ед.

Как указывалось ранее, важную роль в обосновании размера экономического ущерба при ориентации на методический подход по учету снижения ценности природных ресурсов играет достоверность установления размера коэффициента снижения ценности  $\alpha$ , в определенной степени отождествляемого со степенью нарушенности экосистем, воспринимающих антропогенное воздействие. Определяющим параметром при определении  $\alpha$  является опасность воздействия и степень устойчивости ландшафтов, которая включает в себя как способность к сопротивлению внешним воздействиям, так и способность к

\* graykardinal@yandex.ru

\*\* <http://orcid.org/0000-0003-1803-739X>

\*\* ief.em@m.ursmu.ru

восстановлению свойств, нарушенных этими воздействиями [5].

Автор [6] определяет устойчивость как «способность системы активно сохранять свою структуру и характер в пространстве и во времени при изменяющихся условиях среды». В работе [7] устойчивость рассматривается как «способность оставаться относительно неизменным или меняться в пределах своего структурно-функционального инварианта либо возвращаться к нему за период их жизненного цикла или цикла внешнего воздействия». Устойчивость обеспечивается за счет инертности при незначительных антропогенных воздействиях, с возрастанием техногенного воздействия проявляется свойство восстанавливаемости и, наконец, свойство пластичности обеспечивает устойчивость геосистем на стадии наибольших техногенных нагрузок. Превышение предела устойчивости выводит экосистему из состояния устойчивости и может привести ее к гибели. Сведения об устойчивости позволяют своевременно предсказывать поведение геосистем (экосистем) и изменение их свойств под влияниями антропогенных воздействий, сопровождающих освоение природного потенциала.

Устойчивость природных комплексов, рассматриваемая в качестве одного из основных понятий геоэкологии, определяется целым рядом факторов, из которых одни относятся к числу стабилизирующих (наличие биотической массы и условий, способствующих ее увеличению), другие – к числу деструктивных (сейсмичность, крутизна склонов и др.). От уровня их взаимодействия в каждом конкретном случае зависит в конечном счете устойчивость ландшафтов (геосистем, экосистем). По мнению [8], устойчивость складывается из таких составляющих, как способность воздушных масс рассеивать промышленные выбросы, способность почв к самоочищению от органического и минерального загрязнения, интенсивность выноса минеральных и органических примесей поверхностными водами, характер восстановления коренного растительного покрова.

Как следует из обобщения и анализа рекомендаций, оценка устойчивости требует использования системы показателей, отражающих:

- климатические условия (способность к самоочищению);
- рельеф и геологическое строение;
- растительный покров;
- почвы, почвенную биоту;
- гидрологический режим.

Согласно [7], в табл. 1 отражены свойства природных систем, способствующих повышению устойчивости последних к антропогенным воздействиям.

Из анализа рекомендаций следует, что общепризнанным является учет таких условий, как рельеф, теплообеспеченность и увлажнение, растительность и ее биологическая продуктивность. Примером выделения ландшафтно-экологических комплексов по степени устойчивости к техногенной нагрузке с учетом перечисленных условий служит зонирование природных комплексов на территории, тяготеющей к трассе БАМа [8]. Ландшафтно-экологический подход, используемый в процессе геоэкологических исследований, позволяет оценивать устойчивость ландшафтов (геосистем). Чаще всего выделяют четыре категории: неустойчивые, слабоустойчивые, среднеустойчивые и устойчивые. Одновременно встречается выделение как меньшего числа категорий (трех), так и большего (пяти).

Второй составляющей, от которой зависит характер последствий, является объект воздействий. В качестве объекта воздействия может выступать карьер, обогатительная фабрика, отвал вскрышных пород и т. д. В свою очередь, в рамках карьера, как и в рамках шахты, транспортного участка выделению подлежат источники воздействия. Например, горное оборудование в составе буровых станков, экскаваторов, бульдозеров и т. д., находящихся в карьере, либо котельная, шламохранилище и др. Источники воздействия подлежат оценке с точки зрения

**Таблица 1. Характеристика свойств природных систем.**  
**Table 1. Characterization of properties of natural systems.**

| Свойство природных систем                             | Изменение свойства  |
|---|---|
| Денудационный или гравитационный потенциал территорий | Рост величины относительного превышения и расчлененности  |
| Уклоны поверхности                                    | Рост крутизны уклонов   |
| Длина склонов   | Уменьшение длины склонов  |
| Механический состав почвогрунтов                      | Более устойчивые легкие суглинки и супеси   |
| Мощность почвогрунтов                                 | 1,2 м и более   |
| Увлажненность   | Свежие местообитания  |
| Климатические характеристики                          | Оптимальное соотношение тепла и влаги, умеренные ветра 2,5–4 м/с  |
| Мощность почвы (гумусового горизонта)                 | Большая мощность  |
| Биота (растительность)                                | Увеличение плотности проектного покрытия, наличие лиственных лесов, лугово-степных видов трав, глубокая и плотная корневая система, емкий и интенсивный биологический (биогеохимический) круговорот, большое видовое разнообразие |

опасности. Оцениваться могут как воздействие на отдельные элементы биосферы, так и интегральные воздействия на окружающую среду. Как показывает опыт, чаще всего степень опасности оценивается исходя из воздействия, связанного с загрязнением компонентов природной среды – атмосферы, гидросферы, литосферы, гораздо реже оценке подлежит изъятие природных ресурсов (истощение) и нарушение ландшафта.

Из обобщения и анализа методических подходов к оценке опасности источников воздействий следует, что форма оценки может быть прямая (масса выбросов, сбросов, отходов), когда определяется масштабность загрязнения и обусловленная этим экологическая ситуация территории, косвенная (учет факторов, определяющих интенсивность, степень опасности воздействий), смешанная, при которой прямая оценка дополняется косвенной, и, наконец, оценка опасности источника воздействия на основе обуславливаемых воздействием последствий [4]. Наибольший набор оценочных показателей используется при использовании прямой и косвенной оценки воздействий и последствий [9]. С учетом частой встречаемости источников воздействия в виде химического загрязнения окружающей среды при недропользовании опасность воздействия оценивается в первую очередь с позиции загрязнения. Наибольший интерес в этом отношении представляет методический подход, излагаемый в работе [10]. Наличие источников разной степени опасности и воспринимающих ландшафтов (геосистем, экосистем) разной степени устойчивости предполагает формирование и разной степени нарушенности последних, что находит свое отражение в соответствующих коэффициентах снижения экономической ценности. Так, в работе [11] рекомендуется использование трех коэффициентов, характеризующих участки (территории) разной степени нарушенности:

- участки (территории) экологического риска  
 $\alpha = 0,1-0,4$ ;
- участки (территории) экологического кризиса  
 $\alpha = 0,41-0,75$ ;
- участки (территории) экологического бедствия  
 $\alpha = 0,76-1,0$ .

Авторы [12] расширяют число экологических зон до четырех и вводят следующие коэффициенты:

- при слабой (удовлетворительной) нарушенности экосистем  $\alpha = 0,1-0,3$ ;
- при умеренной (условно-удовлетворительной) нарушенности экосистем  $\alpha = 0,31-0,65$ ;
- при сильной (кризисной) нарушенности экосистем  $\alpha = 0,66-0,85$ ;
- при очень сильной (катастрофической) нарушенности экосистем  $\alpha = 0,86-1,0$

При расшифровке состояния нарушенности указывается, что на первом уровне нарушенности наблюдается угнетенное состояние большинства видов, но способность к самовосстановлению сохраняется полностью. На втором уровне отмечается снижение продуктивности и устойчивости флоры и фауны, а также повышение степени их не-стабильности. Для третьего уровня характерны значительные потери продуктивности и устойчивости, а для четвертого – практически полная потеря продуктивности и устойчивости растительных и животных сообществ.

Отдельные исследователи увеличивают перечень экологических зон до пяти [13] (соответствующих неопасному уровню воздействия, когда состояние окружающей среды остается близким к фоновому; низкому уровню опасности воздействия; среднему уровню опасности, когда происходит видоизменение рельефа и угнетение флоры и фауны; высокому уровню воздействия, когда территория сильно нарушена и состояние оценивается как конфликтное, и весьма опасному уровню воздействия, когда территория приобретает вид пустынного ландшафта), т. е. число выделяемых экологических зон зависит от детализации их характеристики и не является регламентируемым.

**Результаты**

Для детализации величины  $\alpha$  авторами предлагается обращение к матричному методу, построению матрицы с осями, соответствующими коэффициентам снижения экономической ценности и уровню устойчивости ландшафтов (геосистем, экосистем) – рис. 1. В качестве базовых значений были использованы коэффициенты снижения экономической ценности природных ресурсов, рекомен-



**Рисунок 1. Усредненные значения коэффициента  $\alpha$**   
**Figure 1. The average values of the coefficient  $\alpha$**

двумя авторами [12], отражающих очень высокую степень опасности воздействия на неустойчивый ландшафт. При устойчивом ландшафте значение коэффициента  $\alpha$  принимает следующие значения: 1–0,84; 0,839–0,62; 0,619–0,24; 0,239–0.

Основополагающие условия, характеризующие процесс детализации коэффициентов  $\alpha$ :

- снижение коэффициентов при соответствующем снижении устойчивости ландшафтов и постоянстве антропогенного воздействия, как и уменьшение коэффициентов при снижении антропогенного воздействия и постоянстве устойчивости ландшафтов (геосистем, экосистем);

- четырехуровневая дифференциация устойчивости ландшафтов (геосистем, экосистем) и такая же дифференциация источников воздействия по степени экологической опасности;

- опасность антропогенного воздействия при удалении от источника постепенно ослабевает, что находит отражение в смене экологических зон;

Из рис. 1 следует, что могут быть выделены четыре характерных зоны (табл. 2).

Фактически степень нарушенности отражает состояние экологических зон, формируемых вокруг источника воздействия. Степень устойчивости ландшафта в рамках экологических зон может изменяться, а уровень экологической опасности воздействия остается постоянным. При этом коэффициент  $\alpha$  отражает усредненные значения снижения экономической ценности в каждой из этих зон. Еще одна из выявленных тенденций – это снижение коэффициента  $\alpha$  при уменьшении опасности воздействия и постоянстве устойчивости ландшафта (табл. 3)

Из анализа полученных данных следует, что наибольшее влияние на изменение коэффициента снижения экономической ценности оказывает степень опасности объекта воздействия. В рамках постоянства устойчивости ландшафта величина  $\alpha$  изменяется максимально примерно в 7,5 раза при изменении опасности воздействия. В то же время при постоянстве воздействия и изменчивости устойчивости величина  $\alpha$  меняется в гораздо меньшей степени.

Обоснование величины экономического ущерба требует и уточнения размера формирующихся экологических зон, отвечающих условию: очень слабой, слабой, сильной и очень сильной нарушенности с соответствующими коэффициентами  $\alpha$ . Обобщение и анализ фактических данных, получивших отражение более чем в 20 работах, позволили сделать следующие выводы:

- наличие экологических зон, формирующихся вокруг источника воздействия, признано всеми исследователями, их форма далека от концентрических окружностей и зависит от направления ветра, условий миграции климатических элементов, наличия различного ряда барьеров и т. д., однако уточнение расчетов  $\alpha$  предполагает принятие кольцеобразной формы этих зон, ширина которых зависит от опасности воздействия и степени устойчивости ландшафта;

- анализ формирования экологических зон вокруг интенсивных источников воздействия показывает, что импактная зона распространяется на расстояние 4–7 км; при сильной нарушенности – на 10–25 км; слабой нарушенности – на 25–30 км; очень слабой нарушенности – на 50–60 км.

**Таблица 2. Зоны нарушенности.**

**Table 2. Disturbance zones.**

| Характеристика зоны                                | Опасность воздействия             | $\alpha$    | Степень нарушенности |
|--|-----------------------------------|-------------|----------------------|
| От неустойчивого до слабоустойчивого ландшафта     | Слабое и очень слабое воздействие | 0,123–0,185 | Очень слабая         |
| От слабоустойчивого до среднеустойчивого ландшафта | Среднее по опасности воздействие  | 0,438–0,468 | Слабая               |
| От слабоустойчивого до среднеустойчивого ландшафта | Высокоопасное воздействие         | 0,731–0,750 | Сильная              |
| От среднеустойчивого до устойчивого ландшафта      | Очень высокоопасное воздействие   | 0,920–1,000 | Очень сильная        |

**Таблица 3. Изменение коэффициента  $\alpha$  при снижении опасности воздействия.**

**Table 3. Change in coefficient  $\alpha$  while reducing exposure hazard.**

| Степень устойчивости ландшафта | Опасность воздействия | Изменение $\alpha$ |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Неустойчивый                   | 1,0–0,0               | 0,930–0,185        |
| Слабоустойчивый                | 1,0–0,0               | 0,924–0,162        |
| Среднеустойчивый               | 1,0–0,0               | 0,921–0,144        |
| Устойчивый                     | 1,0–0,0               | 0,920–0,123        |

Выявленное соотношение 1 : 0,5 : 0,25 : 0,10 сохраняется и при формировании экологических зон вокруг менее опасных источников воздействия, когда конечный радиус воздействия снижается до 3–5 км. Данные о степени устойчивости ландшафтов и опасности воздействия предопределяют возможное наличие экологических зон и соответствующие им коэффициенты снижения экономической ценности. Наличие информации о площади формирующихся экологических зон позволяет определять величину лесных массивов, травяной растительности или болотных систем, располагающихся на выявленных площадях, а следовательно, и экономической оценки данных биологических сообществ, снижение которой в рамках каждой из экологических зон отвечает величине экономического ущерба от загрязнения биотических компонентов, а их суммарная величина – общей величине

экономического ущерба от антропогенного воздействия на биоту при освоении ресурсов недр. К аналогичным выводам в оценке антропогенных воздействий приходят и зарубежные ученые [14, 15], которые при оценке экосистемных услуг также учитывают как устойчивость экосистемы (в том числе и ее элементов, например ландшафта), воспринимающей воздействия, так и опасность воздействия для подсчета размера экономического ущерба в виде потери в стоимости экосистемных услуг.

#### Выводы

Уточненные коэффициенты снижения экономической ценности природных ресурсов позволяют повысить обоснованность определения экономического ущерба, обусловленного наличием экологических последствий, что, в свою очередь, способствует принятию наиболее приемлемых решений по освоению недр.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рюмина Е. В. Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. М.: Наука, 2009. 331 с.
2. Косолапов О. В., Игнатъева М. Н., Литвинова А. А. Формирование экономического ущерба, обусловленного последствиями воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду // Экономика региона. 2013. № 1. С. 158–166.
3. Игнатъева М. Н., Логинов В. Г., Литвинова А. А., Морозова Л. М., Эктова С. Н. Экономическая оценка вреда, причиняемого арктическим экосистемам при освоении нефтегазовых ресурсов // Экономика региона. 2014. № 1. С. 102–111.
4. Косолапов О. В. Обеспечение эколого-экономической устойчивости при недропользовании. Абакан: ХГУ, 2016. 280 с.
5. Игнатъева М. Н., Косолапов О. В. Сущность понятия «устойчивое развитие» // Изв. вузов Горный журнал. 2014. № 4. С. 21–25.
6. Глазовская М. А. Принципы классификации природных геосистем по устойчивости к техногенезу и прогнозные ландшафтно-геохимическое районирование // География и природные ресурсы. 1994. № 1. С. 18–24.
7. Казаков Л. К. Ландшафтоведение. М.: Изд. центр «Академия», 2011. 336 с.
8. Букс И. И. Ландшафтно-экологическая характеристика зоны БАМа и устойчивость природной среды // Байкало-Амурская магистраль. М.: Мысль, 1977. С. 81–97.
9. Яшин А. А. Разработка системы экспертной оценки экологического состояния промышленных предприятий и повышения их эколого-экономических характеристик: дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 1995. 180 с.
10. Хохряков А. В., Фадеичев А. Ф., Цейтлин Е. М. Применение интегрального показателя экологической опасности для решения экономических задач предприятий минерально-сырьевого комплекса // Недропользование XXI век. 2014. № 4 (48). С. 84–88.
11. Пахомов В. П., Игнатъева М. Н., Белев В. Н. и др. Методические материалы по взаимоотношениям коренных малочисленных народов Севера с хозяйствующими субъектами. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2000. 63 с.
12. Игнатъева М. Н., Литвинова А. А., Логинов В. Г. Методический инструментальный экономической оценки последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2010. 168 с.
13. Каренов Р. С. Пути улучшения экологической обстановки в области добычи и переработки руд черных и цветных металлов, урановых руд // Вестник КирГУ. 2011. № 21 (61). С. 57–67.
14. Pagiola S., von Ritter K., Bishop Y. How Much is an Ecosystem Worth? // Assessing the Economic Value of Conservation. Washington: The World Bank, 2004. 58 p.
15. Westman W. E. How Much Are Nature's Services Worth? // Science. 1977. Vol. 197, issue 4307. P. 960–964. <https://doi.org/10.1126/science.197.4307.960>

Статья поступила в редакцию 24 января 2020 года



# Resource-based view for estimation of economic loss when subsoil development

Andrey Nikolaevich IVANOV,  
Vladimir Evgen'evich STROVSKIY\*\*

Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

## Annotation

**Relevance.** The choice of the optimal alternative for the development of subsoil resources requires a reliable economic assessment of the environmental consequences, i.e., an assessment of economic damage. At the same time, today there is no universally accepted approach to its definition and, accordingly, the methodology approved at the federal level.

**Purpose of research** – specification of methodological tools for economic assessment of damage in a resource approach to its definition.

**Results.** The expediency of using the resource approach in the economic assessment of environmental consequences when the damage is characterized by the value of the lost value of natural resources perceiving anthropogenic impacts is proved. An important role in the justification of economic damage is played by the danger of impact and the degree of stability of the landscapes of the territory within the boundaries of which the development of a mineral deposit is predicted. The essence of the sustainability of natural complexes and a system of indicators characterizing sustainability are revealed: climatic conditions, topography and geological structure, vegetation, soil, soil biota, hydrological regime. The characteristics of the properties of natural systems that enhance the stability of the natural system are obtained. Methodological approaches to assessing the hazard of exposure and possible sources of exposure are disclosed. Resource-based view implies to use three, four ecological zones or more, within which the coefficients of reducing economic value  $\alpha$  function. For detailing,  $\alpha$  an appeal is made to the matrix method; the basic coefficients are used for four-level differentiation of ecological zones. The fundamental conditions characterizing the process of detailing are substantiated. The average values were established depending on the hazard of exposure and the degree of stability of the landscapes. Differentiation of four ecological zones with varying degrees of disturbance has been performed: very weak, weak, strong and very strong. A ratio of the areas of ecological zones of 0.1: 0.25: 0.5: 1.0 was revealed, which is maintained during their formation with different radius impacts.


**Conclusions.** Clarification of the coefficients of reducing the economic value of natural resources makes it possible to increase the validity of determining the economic damage caused by the presence of environmental consequences.

**Keywords:** environmental impacts, economic valuation, economic damage, economic value reduction coefficient, differentiation, impact hazard, landscape stability.

## REFERENCES

1. Ryumina E. V. 2009, *Ekonomicheskii analiz ushcherba ot ekologicheskikh narusheniy* [Economic analysis of damage from environmental violation], Moscow, 331 p.
2. Kosolapov O. V., Ignatyeva M. N., Litvinova A. A. 2013, Formation of economic damage caused by the consequences of the impact of mining complexes on the environment. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], No 1. pp. 158–166. (In Russ.)
3. Ignatieva M.N., Loginov V.G., Litvinova A.A., Morozova L.M., Ektova S.N. 2014, Economic assessment of the damage caused to the Arctic ecosystems during the development of oil and gas resources. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], No 1. pp. 102–111. (In Russ.)
4. Kosolapov O. V. 2016, *Obespecheniye ekologo-ekonomicheskoy ustoychivosti pri nedropol'zovanii* [Ensuring ecological and economic sustainability in subsoil use], Abakan, 280 p.
5. Ignatieva M.N., Kosolapov O.V. 2014, The essence of the concept of "sustainable development". *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], No 4. pp. 21–25. (In Russ.)
6. Glazovskaya M. A. 1994, Principles of classification of natural geosystems by resistance to technogenesis and forecast landscape-geochemical zoning. *Geografiya i prirodnyye resursy* [Geography and Natural Resources], No 1. pp. 18–24. (In Russ.)
7. Kazakov L. K. 2011, *Landshaftovedeniye* [Landscaping], Moscow, 336 p.
8. Buks I. I. 1977, *Landshaftno-ekologicheskaya kharakteristika zony BAMa i ustoychivost' prirodnoy sredy* [Landscape-ecological characteristic of the BAM zone and the sustainability of the environment]. Baikal-Amur Railway. Moscow, p. 81–97.
9. Yashin A. A. 1995, *Razrabotka sistemy ekspertnoy otsenki ekologicheskogo sostoyaniya promyshlennykh predpriyatii i povysheniya ikh ekologo-ekonomicheskikh kharakteristik* [Development of a system of expert assessment of the ecological state of industrial enterprises and increase their environmental and economic characteristics], PhD thesis, Yekaterinburg, 180 p.
10. Karenov R. S. 2011, Ways to improve the environmental situation in the field of mining and processing of ores of ferrous and non-ferrous metals, uranium ores. *Vestnik KirGU* [Bulletin of University], No 21 (61). pp. 57–67. (In Russ.)
11. Pakhomov V. P., Ignat'yeva M. N., Belev V. N. et al. 2000, *Metodicheskiye materialy po vzaimootnosheniyam korennykh malochis-lennykh narodov Severa s khozyaystvuyushchimi sub'yektami* [Methodological materials on the relationship of the indigenous peoples of the North with business entities], Yekaterinburg, 63 p.
12. Ignat'yeva M. N., Litvinova A. A., Loginov V. G. 2010, *Metodicheskiy instrumentariy ekonomicheskoy otsenki posledstviy vozdeystviya gomopromyshlennykh kompleksov na okruzhayushchuyu sredu* [Methodological tools for economic assessment of the environmental impacts of mining complexes], Ekaterinburg, 168 p.

✉ [qraykardinal@yandex.ru](mailto:qraykardinal@yandex.ru)

 <http://orcid.org/0000-0003-1803-739X>

\*\* [ief.em@m.ursmu.ru](mailto:ief.em@m.ursmu.ru)

13. Khokhryakov A. V., Fadeichev A. F., Tseitlin E. M. 2014, The use of an integrated indicator of environmental hazard to solve the economic problems of enterprises of the mineral resource complex. *Nedropol'zovaniye XXI vek* [Subsoil use XXI century], No 4 (48). pp. 84–88. (In Russ.)
14. Pagiola S., von Ritter K., Bishop Y. 2004, How Much is an Ecosystem Worth? Assessing the Economic Value of Conservation. Washington: The World Bank, 58 p.
15. Westman W. E. How Much Are Nature's Services Worth? // *Science*. 1977. Vol. 197, issue 4307. pp. 960–964. <https://doi.org/10.1126/science.197.4307.960>

*The article was received on January 24, 2020*