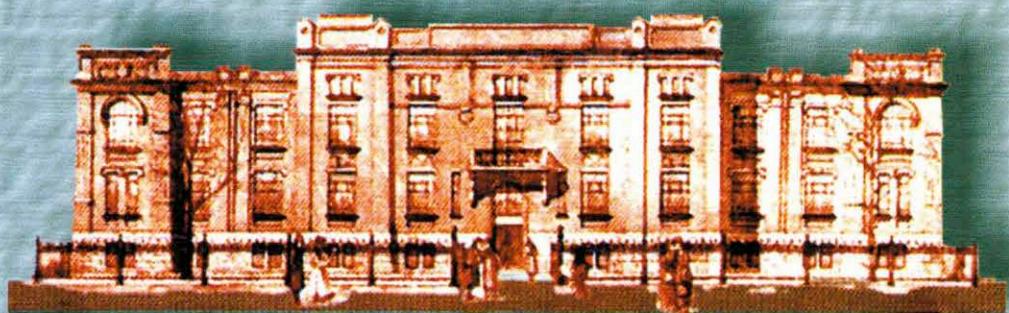


# ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного  
горного университета



Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский государственный горный университет»

# ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного  
горного университета

Научно-технический журнал

Издается с 1918 г.

Выпуск 1(29)

2013

**Редакционная коллегия**

<b>Косарев Николай Петрович</b> (главный редактор)	д-р техн. наук, профессор
<b>Грязнов Олег Николаевич</b> (зам. главного редактора)	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Амдур Алексей Миронович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Бабенко Владимир Витальевич</b>	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Баранников Александр Григорьевич</b>	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Боярских Геннадий Алексеевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Валиев Нияз Гадым-оглы</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Гордеев Виктор Александрович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Гревцов Николай Васильевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Игнатьева Маргарита Николаевна</b>	д-р экон. наук, профессор
<b>Кардапольцева Валентина Николаевна</b>	д-р культурологии, профессор
<b>Козин Владимир Зиновьевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Корнилков Сергей Викторович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Коротеев Виктор Алексеевич</b>	академик РАН, д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Коршунов Игорь Георгиевич</b>	д-р физ.-матем. наук, профессор
<b>Кох Иван Адамович</b>	д-р социол. наук, доцент
<b>Лель Юрий Иванович</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Поленов Юрий Алексеевич</b> (ученый секретарь)	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Сидоров Александр Николаевич</b>	д-р экон. наук
<b>Сквородников Игорь Григорьевич</b>	д-р геол.-минерал. наук, профессор
<b>Сурнев Виктор Борисович</b>	д-р физ.-матем. наук, профессор
<b>Тимухин Сергей Андреевич</b>	д-р техн. наук, профессор
<b>Цыпин Евгений Федорович</b>	д-р техн. наук, профессор

**Редакция журнала**

Главный редактор Косарев Н. П.  
 Зам. главного редактора Грязнов О. Н.  
 Ответственный секретарь Шорина Э. В.

**Состав редакторов по разделам**

<i>Естественные науки:</i>
Баранников А. Г. (ответственный редактор),
Амдур А. М., Коршунов И. Г.,
Сквородников И. Г., Сурнев В. Б.
<i>Технические науки:</i>
Тимухин С. А. (ответственный редактор),
Боярских Г. А., Лель Ю. И.
<i>Социально-экономические и гуманитарные науки:</i>
Игнатьева М. Н. (ответственный редактор),
Ветошкина Т. А., Кардапольцева В. Н., Кох И. А.,
Наседкин В. А., Удачина Н. А.
<i>История университета, юбилейные даты</i>
Поленов Ю. А. (ответственный редактор)

**Адрес редакции:** 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,  
 Уральский государственный горный университет, комн. 3142. Тел.: (343)251-15-95  
 E-mail: iuggu@66.ru  
<http://www.ursmu.ru/science/izdatelskaya-deyatelnost/izvestiya-uggu.html>

УДК 517.39

## ОБОСНОВАНИЕ АДЕКВАТНОСТИ МЕТОДА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭВОЛЮЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В. Б. Пяткова, В. Б. Сурнев

В статье проведено обоснование адекватности общепринятым представлениям предложенного в предыдущих работах авторов метода исследования линейных экзогенных параметрических систем с сосредоточенными параметрами.

*Ключевые слова:* математическое моделирование; задача Коши; линейные экзогенные параметрические системы с сосредоточенными параметрами.

В предыдущих работах авторов [1–6] предложен метод математического моделирования линейных непрерывных экзогенных параметрических систем с сосредоточенными параметрами, основанный на сведении первой основной задачи для указанных систем – задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих динамику модели предметной системы, – к системе интегральных уравнений Вольтерра второго рода. Предложенный метод носил эвристический характер. Для строгого обоснования метода нужно доказать его адекватность рассматриваемой физической ситуации. Последнее подразумевает выполнение следующей программы действий:

- строгий вывод системы интегральных эволюционных уравнений;
- строгое обоснование метода решения полученной системы интегральных уравнений, адекватного рассматриваемой физической ситуации.

*Описание динамики экзогенной параметрической системы с сосредоточенными параметрами эквивалентным интегральным эволюционным уравнением.* На первом этапе предположим, что эволюция математической модели многомерной экзогенной параметрической системы с сосредоточенными параметрами описывается неоднородной системой обыкновенных дифференци-

альных уравнений с зависящими от времени коэффициентами:

$$I \frac{d}{dt} |y(t)\rangle + P(t) |y(t)\rangle = |f(t)\rangle, \quad (1)$$

где введены обозначения для векторов-столбцов переменных и матриц коэффициентов системы уравнений, а именно:

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

$$P(t) = \begin{pmatrix} p_1^1(t) & p_2^1(t) & \dots & p_n^1(t) \\ p_1^2(t) & p_2^2(t) & \dots & p_n^2(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_1^n(t) & a_2^n(t) & \dots & p_n^n(t) \end{pmatrix},$$

$$|y(t)\rangle = \begin{pmatrix} y^1(t) \\ y^2(t) \\ \dots \\ y^n(t) \end{pmatrix}, \quad |f(t)\rangle = \begin{pmatrix} f^1(t) \\ f^2(t) \\ \dots \\ f^n(t) \end{pmatrix}.$$

Основная задача для рассматриваемой системы ОДУ (1) и, следовательно, для эволюции модели предметной системы – это задача Коши для модельной системы уравне-

ний (1) с начальными условиями

$$|y(t_0)\rangle = |y_0\rangle. \quad (2)$$

Предположим, что коэффициенты модельной системы дифференциальных уравнений (1) в окрестности начального значения  $t_0$  являются функциями класса  $N$ , что несколько сузит класс рассматриваемых систем до систем со слабо зависящими от времени параметрами. Функциональную матрицу коэффициентов  $P(t)$  системы (1) в окрестности значения  $t_0 \in (a, b)$  представим формулой Тейлора:

$$\begin{aligned} P(t) &= A + \sum_{k=1}^m \frac{d^k P(t_0)}{dt^k} \cdot \frac{(t-t_0)^k}{k!} + \\ &+ \frac{d^{m+1} P(\xi)}{dt^{m+1}} \Big|_{t=t_0} \frac{(t-t_0)^{m+1}}{(m+1)!}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$A \equiv P(t_0), \quad \frac{d^k P(t)}{dt^k} \Big|_{t=t_0} \equiv \frac{d^k P(t_0)}{dt^k}.$$

Подставляя (3) в уравнение (1), получаем

$$\begin{aligned} I \frac{d}{dt} |y(t)\rangle + A(t) |y(t)\rangle &= \\ = \Delta P(t) |y(t)\rangle + |f(t)\rangle, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta P(t) &\stackrel{\text{def}}{=} [A - P(t)] = \\ &= - \left[ \sum_{k=1}^{\infty} \frac{d^k P(t_0)}{dt^k} \frac{(t-t_0)^k}{k!} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{d^{m+1} P(\xi)}{dt^{m+1}} \Big|_{t=t_0} \frac{(t-t_0)^{m+1}}{(m+1)!} \right]. \end{aligned}$$

Характеризуя вектор

$$\Delta P(t) |y(t)\rangle = - \left[ \sum_{k=1}^{\infty} \frac{d^k P(t_0)}{dt^k} \frac{(t-t_0)^k}{k!} + \right. \\ \left. + \frac{d^{m+1} P(\xi)}{dt^{m+1}} \Big|_{t=t_0} \frac{(t-t_0)^{m+1}}{(m+1)!} \right] |y(t)\rangle$$

как вектор вторичных источников и записывая решение векторного дифференциального уравнения (5) по принципу Дюамеля, получа-

ем интегральное уравнение следующего вида:

$$\begin{aligned} |y(t)\rangle &= G(t, t_0) |y_0\rangle + |y_0(t)\rangle + \\ &+ \int_{t_0}^t G(t, s) \Delta P(s) |y(s)\rangle ds, \end{aligned} \quad (5)$$

где вектор

$$|y_0(t)\rangle = \int_{t_0}^t ds G(t, s) f(s).$$

Здесь функция Грина для начальных условий  $G(t-s)$  является решением задачи Коши специального вида [10]:

$$\left( I \frac{d}{dt} + A \right) Z(t) = 0, \quad Z(t_0) = I. \quad (6)$$

Система, динамика которой определяется задачей Коши (6), называется фоновой системой. Сформулируем полученный результат в виде утверждения.

**Утверждение 1.** Пусть на компактном промежутке  $[a, b]$  изменения переменной  $t$  поставлена задача Коши (1), (2). Предположим, что элементы матрицы коэффициентов  $P(t)$  векторного уравнения (1) непрерывны на промежутке  $[a, b]$  и дифференцируемы  $m+1$  раз на соответствующем открытом промежутке  $(a, b)$ . Тогда если известна функция Грина – решение задачи Коши (1), (2), то существует окрестность  $U(t)$  произвольного начального значения  $t_0 \in (a, b)$  такая, что при любых удовлетворяющих условию  $t > t_0$  задача Коши (1), (2) сводится к эквивалентному векторному интегральному уравнению Вольтерра (5).

Уравнение (5) в условиях утверждения 1 является точным. Однако осуществить численное моделирование на основе этого уравнения достаточно сложно, так как интегральный член в уравнении (5) имеет вид

$$\begin{aligned} &\int_{t_0}^t G(t, s) \Delta P(s) |y(s)\rangle ds = \\ &= - \int_{t_0}^t G(t, s) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{d^k P(t_0)}{dt^k} \cdot \frac{(s-t_0)^k}{k!} ds - \\ &- \int_{t_0}^t G(t, s) \frac{d^{m+1} P(\xi)}{dt^{m+1}} \Big|_{t=t_0} \frac{(s-t_0)^{m+1}}{(m+1)!} ds, \end{aligned}$$

где во втором слагаемом подынтегральная функция должна вычисляться в точке  $\xi$ , удовлетворяющей условию  $t_0 < \xi < t$ . Поэтому на практике достаточно предположить, что матрица коэффициентов  $P(t)$  уравнения (1) является аналитической функцией и, следовательно, может быть разложена в ряд Тейлора. Тогда второе слагаемое в интегральном члене уравнения (5) обращается в нуль, и мы приходим к интегральному уравнению [8]

$$\begin{aligned} |y(t)\rangle &= G(t, t_0)|y_0\rangle + |y_0(t)\rangle + \\ &+ \int_{t_0}^t G(t, s)\Delta P(s)|y(s)\rangle ds, \end{aligned} \quad (7)$$

где интегральный член имеет вид

$$\begin{aligned} &\int_{t_0}^t G(t, s)\Delta P(s)|y(s)\rangle ds = \\ &= - \int_{t_0}^t G(t, s) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{d^k P(t_0)}{dt^k} \cdot \frac{(s-t_0)^k}{k!} ds = \\ &= \int_{t_0}^t G(t, s)[A - P(s)]ds. \end{aligned}$$

Получение интегральных эволюционных уравнений (5) или (7) завершает первый этап действий в программе обоснования адекватности рассматриваемого метода физической ситуации.

**Решение системы интегральных эволюционных уравнений методом подстановок.** Переходим к выполнению второго этапа анонсированной программы действий. Перепишем векторное интегральное уравнение Вольтерра (7) в виде векторного интегрального уравнения Фредгольма

$$|y(t)\rangle = |y_0(t)\rangle + \int_a^b G(t, t_1)\Delta P(t_1)|y(t_1)\rangle dt_1, \quad (8)$$

доопределяя матричные элементы  $G_k^i(t, s)$  в верхней половине  $s > t$  квадрата  $a \leq t, s \leq b$

условием  $(\forall i, k = \overline{1, n}) G_k^i(t, s) \equiv 0$ . В (8) введено обозначение  $|y_0(t)\rangle \equiv G(t, t_0)|y_0\rangle + \int_a^b ds G(t, s)f(s)$ .

Уравнение (8) по аналогии с теорией расеяния будем называть уравнением Липмана-Швингера, или сокращенно УЛШ [9, 10]. Решение УЛШ (8) можно представить в виде борновского ряда, который получается методом последовательных подстановок. Для получения этого ряда запишем (8) для различных моментов времени  $t_1, t_2, t_3, \dots \in [a, b]$ :

$$\begin{aligned} |y(t_1)\rangle &= |y_0(t_1)\rangle + \int_a^b G(t_1, t_2)\Delta P(t_2)|y(t_2)\rangle dt_2, \\ |y(t_2)\rangle &= |y_0(t_2)\rangle + \int_a^b G(t_2, t_3)\Delta P(t_3)|y(t_3)\rangle dt_3, \end{aligned}$$


---

Совершая бесконечную подстановку в (8), получаем решение УЛШ в виде искомого ряда:

$$\begin{aligned} |y(t)\rangle &= |y_0(t)\rangle + \int_a^b G(t, t_1)\Delta P(t_1)|y_0(t_1)\rangle dt_1 + \\ &+ \int_a^b \int_a^b G(t, t_1)\Delta P(t_1)G(t_1, t_2)\Delta P(t_2)|y_0(t_2)\rangle dt_2 dt_1 + \\ &+ \int_a^b \int_a^b \int_a^b G(t, t_1)\Delta P(t_1)G(t_1, t_2)\Delta P(t_2) \\ &+ \int_a^b \int_a^b \int_a^b G(t_2, t_3)\Delta P(t_3)|y_0(t_3)\rangle dt_3 dt_2 dt_1 + \dots \end{aligned} \quad (9)$$

Меняя в (9) обозначение переменной интегрирования, определим матрицу взаимодействия

$$\begin{aligned} T &\stackrel{\text{def}}{=} \int_a^b dt_1 G(t, t_1)\Delta P(t_1)[\dots] + \\ &+ \int_a^b \int_a^b dt_1 dt_2 G(t, t_2)\Delta P(t_2)G(t_2, t_1)\Delta P(t_1)[\dots] + \\ &+ \int_a^b \int_a^b \int_a^b dt_1 dt_2 dt_3 G(t, t_3)\Delta P(t_3)G(t_3, t_2) \\ &+ \int_a^b \int_a^b \int_a^b \Delta P(t_2)G(t_2, t_1)\Delta P(t_1)[\dots] + \dots \end{aligned} \quad (10)$$

Подставляя (13) в (12), получаем решение УЛШ (11) в виде

$$|y(t)\rangle = (I + T)|y_0(t)\rangle. \quad (11)$$

Операторное соотношение (1.4.10) определяет  $S$ -матрицу системы

$$S \stackrel{\text{def}}{=} I + T, \quad (12)$$

в явном виде – матричным интегро-степенным рядом.

Метод решения первой основной задачи математического моделирования для линейной параметрической системы с сосредоточенными параметрами может считаться обоснованным, если будет показано, что интегральное уравнение (8), эквивалентное задаче Коши (1), (2), описывает эволюцию во времени соответствующей линейной параметрической системы с сосредоточенными параметрами. Для этого следует выяснить вопрос о сходимости борновского ряда (9) и типе этой сходимости.

**Утверждение 2.** Если  $(\forall i, j = \overline{1, n})$

функции  $|y(t)\rangle, |f(t)\rangle$  и матрица  $P(t)$  непрерывны на компактном промежутке  $[a, b]$ , то ряд Борна (9) сходится на этом промежутке абсолютно и равномерно.

Доказательство этого утверждения, являясь стандартным для теории линейных интегральных уравнений, многократно опубликовано, например в классической работе [9]. По этой причине мы приведем краткую схему доказательства **утверждения 2**, имея в виду исключительно полноту и корректность выполнения анонсированной ранее программы обоснования адекватности предлагаемого метода и предметной физической ситуации.

**Доказательство.** Матричная функция Грина уравнения (8) ограничена на  $[a, b]$ , а вектор-функция  $|f(t)\rangle$  непрерывна на  $[a, b]$ , следовательно, например, по норме

$$\| |y\rangle \| = \max_{t \in [a, b]} |y^j|_{j=\overline{1, n}}$$

справедливы оценки

$$\left\| \sum_{k=1}^n G_k^i(t, t_1) \Delta p_j^k(t_1) \right\| \leq M, \|y^j(t_1)\| \leq N,$$

откуда для общего члена  $V_j^i(t, n)$  ряда (9) имеем

$$\|V_j^i(t, n)\| \leq N \frac{[M(b-a)]^n}{n!}.$$

Ряд с положительным общим членом

$$N \frac{[M(b-a)]^n}{n!}$$

сходится при любых числах  $M, N$  или  $b - a$  и является мажорантой функционального ряда (9). Поэтому функциональный ряд (9) сходится абсолютно и равномерно на всем промежутке времени  $[a, b]$ .

Равномерная сходимость ряда последовательных приближений позволяет утверждать, что предлагаемый метод описания параметрических систем адекватен физической ситуации. Сведем воедино результаты **утверждений 1 и 2**.

**Утверждение 3.** Пусть эволюция многомерной параметрической системы  $S$  с сосредоточенными параметрами на промежутке времени  $[a, b]$  описывается решением задачи Коши (1), (2), а эволюция фоновой системы описывается соответствующей задачей Коши (6) для уравнения с постоянными коэффициентами, и пусть элементы матрицы коэффициентов  $P(t)$  уравнения (1) как функции времени непрерывны на всем промежутке  $[a, b]$  и дифференцируемы  $t + 1$  раз на соответствующем открытом промежутке  $(a, b)$ . Тогда существует такая окрестность  $U(t_0)$  произвольного начального значения времени  $t_0(a, b)$ , что при любых  $t \in U(t_0) \cap (a, b)$ , таких, что  $t > t_0$ , динамика системы может быть описана интегральным уравнением вида (7) или (8).

**Утверждение 3** завершает программу обоснования адекватности метода описания эволюции линейной параметрической системы с сосредоточенными параметрами интегральными эволюционными уравнениями Вольтерра.

**Утверждение 3** является конструктивным, так как позволяет описать эволюцию во времени линейной параметрической системы с сосредоточенными параметрами в общем случае векторным интегральным эволюционным уравнением Вольтерра второго рода, алгоритм численного решения которого реализуется численно намного проще, чем решение исходной системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. Метод анализа линейной многосвязной динамической системы // Изв. вузов. Горный журнал. 2005. № 6. С. 51-58.
2. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. О решении некоторых задач динамики экономических систем методом интегральных уравнений // Изв. вузов. Горный журнал. 2006. № 1. С. 85-94.
3. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. Исследование линейной динамической системы с переменными параметрами методом вторичных источников // Математическое моделирование механических явлений: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. С. 53-56.
4. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. Математическое моделирование неидеальной линейной динамической системы с сосредоточенными параметрами // Математическое моделирование и краевые задачи: труды четвертой Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Самара: Изд-во Самарск. техн. ун-та. 2007. Ч. 2. С. 142-145.
5. Сурnev В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. Метод исследования динамики многомерной экономической системы // Вестник ДИТУД. 2007. № 2 (32). С. 72-76.
6. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б. О решении основных задач математического моделирования параметрических систем с сосредоточенными параметрами // Деп. в ВИНТИ 15.03.2010, № 161. 2010. 24 с.
7. Тейлор Дж. Теория рассеяния. Квантовая теория нерелятивистских столкновений. М.: Мир, 1975. 565 с.
8. Сурнев В. Б. О рассеянии упругих волн локализованной неоднородностью // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1988. № 2. С. 9-19.
9. Ловитт У. Б. Линейные интегральные уравнения. М.: ГИТТЛ, 1957. 266 с.
10. Владимиров В. С. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1981. 512 с.

Поступила в редакцию 10 апреля 2013 г.

**Сурнев Виктор Борисович** – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой математики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: sournev@yandex.ru.

**Пяткова Вера Борисовна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: fgg.mt@m.ursmu.ru.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КВАРЦЕ КВАРЦЕВОЖИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ УРАЛА

Ю. А. Поленов, В. Н. Огородников, А. Н. Савичев

Приведены результаты исследования закономерностей распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в различных типах жильного кварца эндогенных кварцевожильных образований Урала. Установлено телескопирование наложенных магматогенно-гидротермальных флюидов, фиксирующихся в сохранившихся газово-жидких включениях в кварцах, образующихся в каждые последующие этапы и стадии развития рудной минерализации, что может быть использовано для расшифровки генезиса кварцевожильных образований и рудной минерализации.

*Ключевые слова:* редкоземельные элементы; кварцевожильные образования; формации; распределение РЗЭ.

В статье по материалам авторов приводятся результаты исследования закономерностей распределения РЗЭ в различных типах жильного кварца эндогенных кварцевожильных образований Урала.

На первоначальном этапе изучение кварцевых жил и определение в них содержания РЗЭ велось с целью оценки возможности использования жильного кварца для получения высококачественного кварцевого стекла. По мере накопления материалов по исследованию различных типов кварца на содержание в них РЗЭ появилась возможность интерпретации полученных данных для расшифровки генезиса кварцевожильных образований, поскольку содержание структурных примесей и РЗЭ в кварце объективно отражает особенности его генезиса и может быть использовано в качестве критерия прогнозирования и оценки объектов как рудного, так и нерудного минерально-го сырья.

Изучение онтогенеза кварцевожильных образований Кочкарского, Теренсайского, Березовского, Уфалейского и других кварцевожильных и кварцевожильных рудоносных полей позволило выделить среди кварцевых жил несколько групп, которые можно рассматривать как самостоятельные формации и субформации кварцевожильных образований. Каждая из них имеет свой механизм образования и занимает определенную геологическую позицию [1–5]. Разработанная классификация кварцевожильных образований приведе-

на в табл. 1. Более подробно онтогенические типы кварцевожильных образований описаны в [4, 5]. В настоящей статье приводятся краткие сведения о формациях *первично-зернистого и вторично-зернистого кварца*.

**Формация первично-зернистого кварца** включает в себя метаморфогенные кварцевые прожилки и мелкие жилы метаморфической дифференциации, тела метасоматических кварцитов, образовавшихся в результате замещения горных пород кварцем на стадии кислотного выщелачивания, а также гидротермальные кварцевые жилы выполнения, сложенные стекловидным, молочно-белым кварцем и мелкозернистым друзовидным кварцевым агрегатом.

**Формация вторично-зернистого кварца** включает жилы перекристаллизации по прожилкам и мелким жилам метаморфической дифференциации; кварцевые тела, сложенные неоднородно гранулированным кварцем по кварцевожильным телам замещения; кварцевые жилы, сложенные средне- и крупнозернистым однородно гранулированным кварцем, и кварцевые жилы, сложенные тонкозернистым (льдистоподобным) кварцем. Перечисленные типы кварца в практике относят к категории гранулированного кварца.

Следует иметь в виду, что гранулированный кварц является вторичным по отношению к первичному кварцу, слагавшему кварцевожильные тела на первоначальной стадии их образования.

Для изучения химической специализации жильного кварца кварцевых тел различных онтогенетических типов были отобраны образцы кварца, визуально не содержащие включения

других минералов. Эти кварцы были исследованы на содержание 50 химических элементов ICP-MS (ИГГ УрО РАН).

Исследован кварц Светлинского, Терен-

Таблица 1

**Формации, субформации и минералого-технологические типы  
кварцево-жильных образований Урала [5]**

Геодинамический режим	Формации	Субформация (онтогенетический тип)	Генетический тип	Структура кварца	Минералого-технологический тип (эталон)
Ранняя коллизия, 380–320 млн лет	Кварцево-жильные образования	Жилы перекристаллизации (метаморфический дифференциации)	Метаморфогенный	Грануломорфная, мелко-, среднезернистая, с ровными границами зерен	–
		Тела замещения (метасоматические кварциты)	Гидротер-мально-метасоматический	Мелкозернистая с зубчатыми границами зерен	Серебровский
		Жилы выполнения (включая рудные)	Гидротер-мальный	Шестоватая, крупно-, гигантозернистая (молочно-белого кварца)	Карайновский, Березовский
Поздняя коллизия, 320–240 млн лет	Кварцево-жильные образования первично-зернистого кварца	Пегматитовые ядра	Магматогенно-гидротер-мальный	Шестоватая, крупно-, гигантозернистая	Светлинский
		Жилы выполнения	Гидротер-мальный	Шестоватая, крупно-, гигантозернистая (стекловидного кварца)	Пугачевский, гора Хрустальная
		Минерализованные полости	Гидротер-мально-метасоматический	Кристаллы в полости	Астафьевский, Додо
		Тела замещения (метасоматический кварц)	Гидротер-мально-метасоматический	Мелкозернистая с зубчатыми границами зерен	Грейзеневые место рождения
Кварцево-жильные образования вторично-зернистого гранулированного кварца	Жилы перекристаллизации (по жилам метаморфической дифференциации)	Жилы перекристаллизации (по жилам метаморфической дифференциации)	Метаморфогенный	Гетеробластовая, крупнозернистая с ровными границами зерен	Слюдяногорский
		Жилы, сложенные неоднородно гранулированным кварцем (по телам замещения)	Метаморфогенно-метасоматический	Гетеробластовая, мелкозернистая	Уфалейский
		Жилы, сложенные однородно гранулированным кварцем (по жилам выполнения)	Метаморфогенно-метасоматический	Гранобластовая, средне-, крупнозернистая с ровными границами зерен	Кыштымский
Постколлизионный, моложе 240 млн лет	Кварцево-жильные образования	Тела выполнения, сложенные друзовидным кварцем и полосчатым переливом	Гидротер-мально-метасоматический	Гранобластовая, тонкозернистая с зубчатыми границами зерен	Егустинский
		Тела выполнения, сложенные друзовидным кварцем и полосчатым переливом	Гидротер-мально-метасоматический	Друзовые агрегаты, мелкозернистый кварцевый агрегат (перелив)	Шайтанский

сайского, Уфалейского, Вязовского, Ларинского, Березовского, Гумбейского, Велико-

петровского, Айдырлинского и некоторых других кварцевожильных рудоносных полей (табл. 2).

На основе полученной базы данных был проведен анализ поведения редких, рассеянных, редкоземельных, благородных и радиоактивных элементов в кварцевожильных телях различных формаций и субформаций. Наи-

более информативными являются РЗЭ. Ниже характеризуется распределение РЗЭ на базе анализа спайдер-диаграмм в эндогенных кварцевожильных образованиях.

На сводной спайдер-диаграмме распре-

Таблица 2

**Описание образцов кварцево-жильных месторождений,  
результаты анализа которых отражены на спайдер-диаграммах**

Номер пробы	Место отбора пробы	Описание образца
<b>Месторождения Среднего Урала</b>		
Xр-1	Месторождение гора Хрустальная	Полупрозрачный молочно-белый гигантозернистый кварц, разлиственный
Xр-2	Месторождение гора Хрустальная	Полупрозрачный молочно-белый гигантозернистый кварц, массивный
Ср-1	Месторождение Светлая речка	Слабодымчатый гигантозернистый полупрозрачный катализированный кварц
Бл-В	Благодатское месторождение	Молочно-белый средне-, крупнозернистый кварц с вольфрамитом
Бер-1К	Березовское месторождение	Светло-серый среднезернистый кварц
Бер-2К	Березовское месторождение	Светло-серый крупнозернистый маслянистый кварц с шеелитом
Бер-П	Березовское месторождение	Сероватый крупнозернистый кварц с кристаллами пирита
Бер-1	Березовское месторождение	Шеелит ярко-оранжевый
Бер-2	Березовское месторождение	Шеелит слабой оранжевой окраски
<b>Уфалейский рудный район (Южный Урал)</b>		
175-уф	Жила 175	Гранулированный кварц уфалейского типа
175-ег	Жила 175	Гранулированный кварц егустинского типа
Y-31/1	Жила 101	Гранулированный кварц кыштымского типа
Y-32/1	Жила 314	Гранулированный кварц кыштымского типа
Y-22/2	Жила 191	Гранулированный кварц егустинского типа
Y-28/1	Жила 170	Гранулированный кварц сподианогорского типа
Y-28/2	Жила 170	Гранулированный кварц сподианогорского типа
Y-13/1	Жила 175	Кварц сподиановой, мелкозернистый, массивный
Y-37/3а	Гора Теплая	Кварц метасоматический
<b>Светлинский рудный район (Южный Урал)</b>		
C-1/1	Пегматит. Тело № 1	Кристалл дымчатого цвета
Свл-51/4	Гора Калиновая	Молочно-белый гигантозернистый кварц
Свл-51/7	Гора Калиновая	Молочно-белый гигантозернистый кварц, частично гранулированный
C-4/2	Кварцевая жила 500	Кристалл горного хрусталя
P-3/3	Радиомайский участок	Молочно-белый, слегка прозрачный гигантозернистый кварц
Ки-2/4	Кидышевский участок	Молочно-белый фарфоровидный крупнозернистый кварц
Kс-2	Золоторудный карьер	Сероватый молочно-белый гиганто-, крупнозернистый кварц
Kс-3	Золоторудный карьер	Сероватый крупнозернистый кварц по трещинам с сульфидами
Kс-13	Золоторудный карьер	Светло-серый, слегка прозрачный среднезернистый кварц с шеелитом
Kс-12/1	Золоторудный карьер	Шеелит бледно-желтый в крупнозернистом молочно-белом кварце
<b>Кочкарский рудный район (Южный Урал)</b>		
Коч-А	Кочкарское золоторудное месторождение	Друзовидный кварц серого цвета с арсенопиритом
E-3	Плотик Еленинской россыпи	Серый кварц среднезернистый с молибденом в мраморе

деления РЗЭ в кварцевожильных образованиях месторождений кварцевожильной и хруст-

леносной минерализаций и в рудных кварцевых жилах золотой и вольфрамовой специали-

Номер пробы	Место отбора пробы	Описание образца
<b>Ларинское месторождение гранулированного кварца</b>		
Л-163	Кочневский участок	Светло-серый гранулированный кварц кыштымского типа
Л-258	Ларинский участок	Серовато-белый фрагментарно гранулированный кварц кыштымского типа
Ку-21/7	Кундравинский участок	Стекловидный кварц с кианитом
<b>Джабык-Карагайский рудный район (Южный Урал)</b>		
Ас-46	Астафьевское месторождение	Полупрозрачный гигантозернистый кварц с крупными кристаллами пирита
ГУМ-25К	Гумбейское месторождение	Молочно-белый среднезернистый кварц с шеелитом
ГУМ	Гумбейское месторождение	Шеелит бледно-желтый
ГУМ-25	Гумбейское месторождение	Шеелит бледно-желтый
КЖ-5	Кожубаевское месторождение	Светло-серый среднезернистый кварц с сульфидами
<b>Великопетровское месторождение (Южный Урал)</b>		
B-9	Великопетровское месторождение	Сероватый маслянистый крупнозернистый кварц
B-10	Великопетровское месторождение	Сероватый маслянистый среднезернистый кварц с пиритом
B-11	Великопетровское месторождение	Серый мелко-, среднезернистый кварц метасоматический
B-12	Великопетровское месторождение	Катализированный кварц, сероватый, среднезернистый
B-13	Великопетровское месторождение	Сероватый мелко-, среднезернистый кварц метасоматический
<b>Зайцевское рудное поле (Южный Урал)</b>		
ГО-1/1	—	Молочно-белый гигантозернистый кварц
ГО-1/1А	—	Сероватый гигантозернистый кварц
ГО-1/2	—	—
<b>Сакмарское рудное поле (Южный Урал)</b>		
Нов-1	Новотроицкое месторождение	Полупрозрачный гигантозернистый кварц
<b>Теренсайское рудное поле (Южный Урал)</b>		
Нур-2/2	Нурбайская площадь	Молочно-белый гигантозернистый кварц
КТ-6	Гора Кумыс-Тюбе	Полупрозрачный крупнозернистый кварц
A-828	Айдырлинское золоторудное месторождение	Сероватый среднезернистый кварц с рудной минерализацией по трещинам

заций выделяются четыре поля (рис. 1, а).

Поле № 1 (показаны только крайние пробы Р-3/3 и Свл-51/4, оконтуривающие поле распределения) соответствует типичному для жил выполнения кварцу молочно-белого цвета крупно-, гигантозернистой структуры, генетически связанных с массивами раннеколлизионных гранитоидов тоналит-гранодиоритовой формации.

Поле № 2 (оконтурено по крайним пробам Хр-1 и КУ-21/7) отвечает стекловидному кварцу бесцветной, иногда дымчатой окраски, крупно-, гигантозернистой структуры, характерному для жил выполнения, генетически связанных с массивами позднеколлизионных гранитоидов гранитной формации.

Поле № 3 (оконтурено по крайним пробам С4/2 и С1/1) по содержанию РЗЭ характеризует кристаллы кварца из наложенных хрустальных гнезд и пегматитов Светлинского

хрусталеносного месторождения.

Поле № 4 совпадает с полями молочно-белого и стекловидного кварца. Это поле гранулированного кварца (оконтурено по крайним пробам 175-уф и У-32/1), который является продуктом преобразования жил первично-зернистого кварца под действием высокотемпературного и высокобарического метаморфизма. Поле гранулированного кварца практически не затрагивает площадь кристаллов кварца и чистейшего стекловидного кварца, что наглядно видно на рис. 1, б.

Прослеживается четко выраженная закономерность в поведении РЗЭ в разных типах кварца. В целом содержание РЗЭ в жильном кварце и кристаллах очень низкое. Количество РЗЭ понижается с увеличением прозрачности кварца или, точнее, с уменьшением содержания в кварце газово-жидких включений. В гранулированном кварце концентрация РЗЭ

находится на уровне их содержания в молочно-белом и стекловидном кварце.

На рис. 1, б представлена в укрупненном варианте спайдер-диаграмма распределения РЗЭ в гранулированном кварце, на которой прослеживаются три поля. Верхнее поле характеризует поведение РЗЭ в кварце уфалейского типа (пробы 175-уф, Y-28/1, Y-28/2), среднее в кварце егустинского типа (пробы 175-ег, Y-22/2), а нижнее – в кварце кыштымского типа (пробы Л-258, Y-31/1, Y-32/1, Л-163).

Повышенное содержание РЗЭ отмечено в кварце уфалейского типа, что вполне естественно, поскольку этот тип гранулированного кварца является результатом процесса перекристаллизации с укрупнением зерна первичного мелко-, среднезернистого кварца жил мелкозернистого кварца метасоматических кварцитов, которые изначально имели более высокие содержания РЗЭ.

Гранулированный кварц кыштымского типа, который формировался в результате рекристаллизации изначально относительно чистого крупно-, гигантозернистого жильного кварца раннеколлизионных жил выполнения с последующей перекристаллизацией и образованием зерен полигональной формы, по содержанию РЗЭ сопоставим с кварцем жил выполнения с направленностью в сторону уменьшения содержания РЗЭ.

Характер кривых распределения РЗЭ в метасоматическом кварце егустинского типа (175-ег), образовавшемся по кварцу уфалейского типа (175-уф), полностью аналогичен кривым распределения элементов в гранулированном кварце уфалейского типа, но со значительно пониженным их содержанием. Такой характер распределения РЗЭ явно свидетельствует о том, что при развитии кварца егустинского типа происходит очищение кварца уфалейского типа от РЗЭ. В то же время кварц егустинского типа (175-ег), сформировавшийся по жилам уфалейского типа, является менее чистым по РЗЭ по сравнению с его разностью, развившейся по жилам с кварцем кыштымского типа (Y-22/2).

Остановимся более детально на характеристике поля № 1 (рис. 1, б) «безрудного» молочно-белого кварца. Для исследования был отобран кварц из жил месторождений кварцевожильной минерализации, которые от-

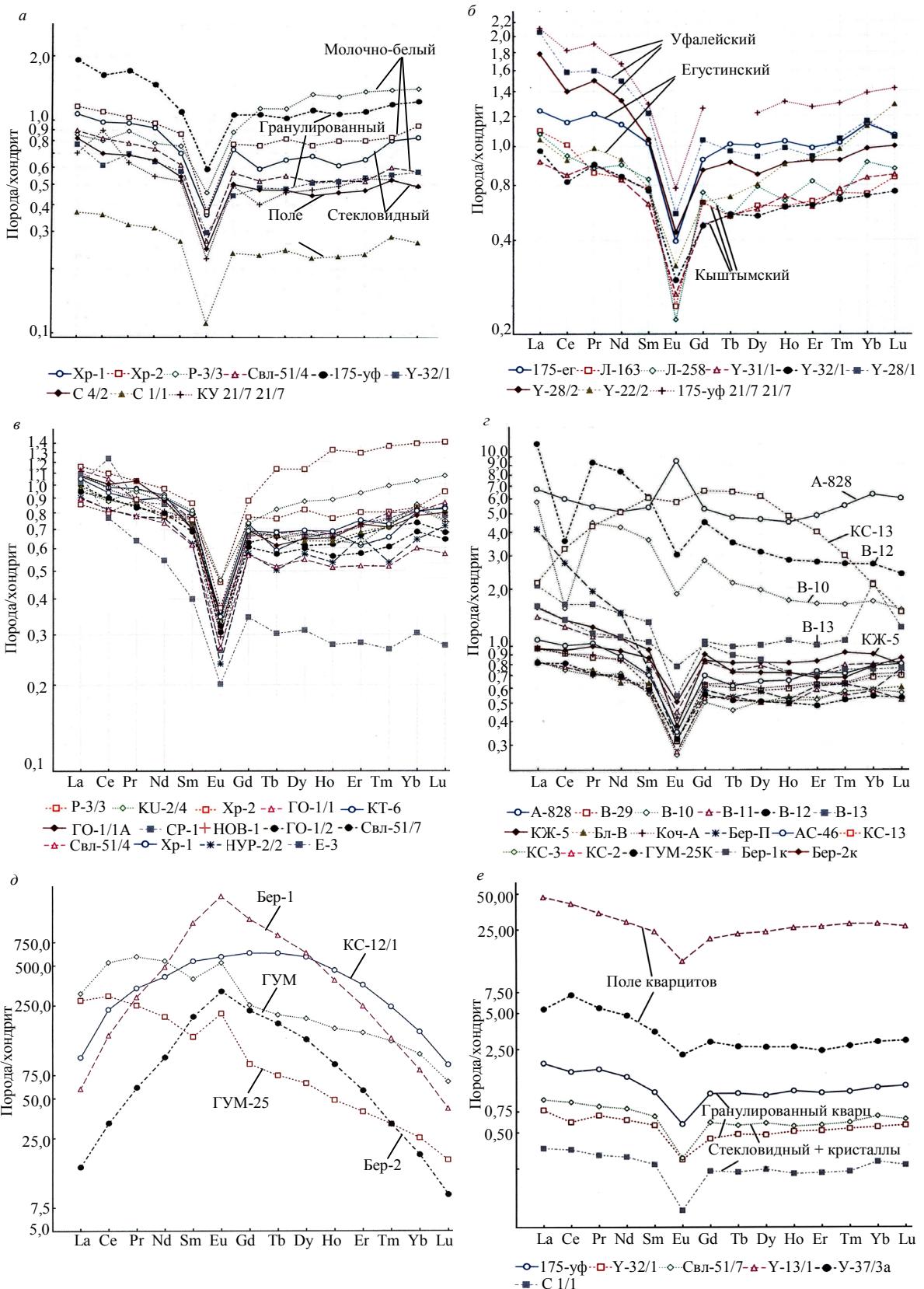
носятся к так называемым «безрудным» месторождениям (Гора Хрустальная, Светлореченское, Жила Белая, Астафьевское, Светлинское-хрусталеносное, Новотроицкое, Теренсайское, Тамбовское). На рис. 1, в представлена спайдер-диаграмма распределения РЗЭ в кварце названных месторождений, из которой наглядно видно, что содержание РЗЭ в этих кварцах находится в очень узких пределах, а характер поведения РЗЭ однотипный.

Из диаграммы следует, что кварц жил Радиомайского (обр. Р-3/3) и Кидышского (обр. Ки 2/4) кварцевожильных проявлений, а также месторождения Гора Хрустальная (обр. Хр-1) имеет относительно повышенное содержание элементов иттриевой группы (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), что обусловлено расположением этих проявлений в зоноконтакте массивов гранитов (соответственно Санаарского и Верх-Исетского). Другим исключением является кварц (обр. Е-3) из жилы, рассекающей толщу крупно-, гигантозернистого мрамора (Еленинский карьер, Южный Урал). Благодаря расположению в карбонатной толще кварц имеет очень низкое содержание редкоземельных элементов цериевой группы и особенно низкое содержание иттриевой группы.

Изучен жильный кварц золоторудных и шеелитоносных месторождений Урала: Березовского (Бер-1к, Бер-2к, Бер-П), Кочкинского (Коч-А), Светлинского-золоторудного (КС-2, КС-3, КС-13), Великопетровского (В-9, В-10, В-11, В-12, В-13), Айдерлинского (А-828), Кожубаевского (КЖ-5), Астафьевского-хрусталеносного (АС-46). Спайдер-диаграмма распределения РЗЭ в кварце названных месторождений отображена на рис. 1, г.

На диаграмме наглядно выделяется поле содержания РЗЭ в кварцах золоторудных месторождений, близкое к содержанию РЗЭ в жильном молочно-белом и стекловидном «безрудном» кварце. Поле с повышенным содержанием РЗЭ и аналогичным характером распределения элементов, как и в «безрудном» кварце, отвечает кварцу с наложенной сульфидной минерализацией.

Кварц с ранним шеелитом золоторудных месторождений характеризуется совершенно иным распределением РЗЭ (рис. 1, г), повторяющим характер поведения элементов в соб-



**Рис. 1. Поведение редкоземельных элементов:**  
 а – нормированных на хондрит в кварцевожильных телах; б – нормированных на хондрит в кварцевожильных объектах гранулированного кварца Уфалейского рудного поля; в – нормированных на хондрит в безрудных кварцевых жилах; г – нормированных на хондрит в кварцевых жилах золоторудных и шеелитоносных месторождений Урала; д – нормированных на хондрит в шеелитах шеелитоносных месторождений Урала; е – в метасоматических кварцитах в кварцевожильных образованиях

ственno шеелитах этих месторождений (рис. 1, д).

На рис. 1, е приведено сравнение распределение РЗЭ в кварцитах и кварцевожильных образованиях. По уровню концентрации РЗЭ в исследуемых образованиях отчетливо выделяют две их группы: первая расположена в верхней части диаграммы и соответствует метасоматическим кварцитам, а вторая занимает нижнюю ее часть и отвечает кварцевожильным образованиям.

На поле кварцевожильных образований выделяются две зоны: верхняя – зона жил гранулированного кварца Уфалейского рудного поля, а нижняя – зона стекловидных кварцевых жил выполнения и кристаллов горного хрустала Светлинского рудного поля. Учитывая, что РТХ-параметры образования субстанций обеих групп сопоставимы, причину такого различия, очевидно, следует искать в составе эдуктов (для кварцитов) и вмещающих пород (для кварцевожильных образований). Представляется, что главными эдуктами в пределах Уфалейского метаморфического блока, где сосредоточена основная масса кварцитов и кварцевожильных образований, являются гнейсы и амфиболиты, а для кварцевых жил Светлинского поля вмещающими породами являются кристаллические сланцы.

Таким образом, приведенные данные по химическому составу и физическим свойствам жильного кварца, формам вхождения в него элементов-примесей, их концентрациям дают основания сделать следующие выводы.

Кварц – основной минерал кварцевожильных образований, которые являются объектами добычи рудных и нерудных полезных ископаемых. В практике геологоразведочных и добывающих работ устойчиво закрепились термины «рудный» и «безрудный» кварц. Это разделение является значительно устаревшим и не подтверждается нашими исследованиями.

Эндогенные кварцевожильные образования Урала по способу формирования кварца на основе онтогенетических критериев подразделяются на тела перекристаллизации, замещения, выполнения, рекристаллизации, сложной онтогенетии. Как правило, они формируются как мономи-неральные кварцевые тела, которые являются благоприятной физико-химической средой для локализации наложенной рудной и хрусталеносной минерализаций.

Схожий характер кривых распределения РЗЭ в кварце жил выполнения месторождений «рудных» и «нерудных» полезных ископаемых позволяет сделать вывод о наложении рудной минерализации на жильный кварц тел выполнения, которые служат рудовмещающей средой. Повышенное содержание РЗЭ в рудном кварце связано с многостадийным наложением рудной минерализации, сопровождающейся развитием мелкозернистого метасоматического кварца, на кварц жил выполнения и замещения. Четко прослеживается телескопирование наложенных магматогенно-гидротермальных флюидов, фиксируемых в сохранившихся газово-жидких включениях в кварцах, образующихся в каждые последующие этапы и стадии развития рудной минерализации.

Поле содержания РЗЭ гранулированного кварца совпадает с полем содержания РЗЭ молочно-белого и стекловидного кварцев. Такое явление свидетельствует о явном наследовании гранулированным кварцем содержания РЗЭ своего эдукта, что подтверждает заключение о вторичности гранулированного кварца по отношению к первичному кварцу. Содержание структурных примесей в кварце объективно отражает особенности его генезиса и может быть использовано в качестве поисковых признаков прогнозирования и оценки объектов, в особенности на ранних стадиях геолого-разведочных работ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минерагения шовных зон Урала / В. А. Коротеев [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 416 с.
2. Закономерности размещения и условия образования особо чистого кварца / Ю. А. Поленов [и др.] // ДАН. 2005. Т. 405, № 2. С. 1-4.
3. Кварцевожильная минерализация Уфалейского коллизионного блока (Южный Урал) / Ю. А. Поленов [и др.] // Литосфера. 2006. № 2. С. 123-134.
4. Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Сазонов В. Н. РЗЭ в метасоматических кварцитах и кварцевожильных образованиях Уфалейско-Карабашского блока (Южный Урал) и их индикаторная роль // Горно-геологический журнал.

2007. № 1. С. 9-16.

5. Поленов Ю. А. Эндогенные кварцевожильные образования Урала. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 269 с.

Поступила в редакцию 13 апреля 2012 г.

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований № 14-23-24-27 Президиума РАН и Интеграционного проекта «Развитие минерально-сырьевой базы России...». Руководитель проекта академик РАН В. А. Коротеев. Частичное финансирование осуществлялось по госбюджетной теме 5.4667.2011(Г-3 УГГУ) «Исследование генетических типов месторождений группы кианита...». Руководитель – профессор В. Н. Огородников.*

**Поленов Юрий Алексеевич** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru

**Огородников Виталий Николаевич** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru

**Савичев Александр Николаевич** – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник кафедры геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: ansavichev@mail.ru

## НОВО-ШЕМУРСКОЕ МЕДНОКОЛЧЕДАННОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ И ЕГО ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Е. В. Кадышева, В. В. Филатов, Ю. Ф. Юрин

Поисковые критерии и признаки, отражающие закономерности процесса рудообразования, составляют основу прогнозирования месторождений полезных ископаемых. Универсальным свойством этого процесса для месторождений многих типов является напряженно-деформированное состояние геологической среды. Для его изучения, кроме традиционных методов тектонофизики, может применяться метод тектонофизического анализа поля силы тяжести. Он базируется на функциональной зависимости между характеристиками поля деформации, обусловленного плотностной неоднородностью среды, и характеристиками гравитационного поля. Метод был применен для изучения напряженно-деформированного состояния района Ново-Шемурского медноколчеданного месторождения. Установлено, что изменчивость тензора напряжений (деформаций) является устойчивым и характерным признаком месторождений.

*Ключевые слова:* поисковый признак; прогнозирование месторождений; напряженно-деформированное состояние; тектонофизический анализ; гравитационное поле; Ново-Шемурское медноколчеданное месторождение; дилатация; рудообразование.

В географическом отношении Ново-Шемурское медноколчеданное месторождение находится в западной части Ивдельского района Свердловской области, в 40 км к западу от г. Ивделя. Месторождение было открыто в сентябре 1976 г. геологами Северной геологоразведочной экспедиции в связи с определением геологической природы двух аномалий: локальной положительной аномалии силы тяжести и аномалии вызванной поляризации (ВП).

Обе аномалии были выявлены в том же году геофизиками Серовской геофизической партии. Гравитационная аномалия, вытянутая в северо-северо-западном направлении, состоит из двух фрагментов: северного (A1) и южного (A2) (рис. 1). Северный фрагмент овальный в плане и вытянут в субмеридиональном направлении. Его интенсивность около 1,5 мГал. Размеры фрагмента по замкнутой изоаномали 78,50 мГал 250–150 м; величина горизонтального градиента по всем направлениям относительно точки экстремума примерно одинакова, изменяется в интервале 60...100 Е, что может свидетельствовать о субвертикальном падении контактов источника аномалии. Южный фрагмент аномалии имеет в плане ромбовидную форму. Его интенсивность около 2,8 мГал. Длинная ось фрагмента, про-

тяженнность которой по замкнутой изоаномали 78,0 мГал, составляет около 800 м, ориентирована в северо-западном направлении; длина короткой оси северо-восточной ориентировки около 700 м. Горизонтальные градиенты на северо-восточной и северо-западной сторонах фрагмента примерно одинаковы и оценены в 160 Е, а на юго-западной и юго-восточной сторонах оценены в 70 Е. Это может свидетельствовать о падении источника аномалии на юго-восток по направлению простирация длинной оси фрагмента.

Качественный анализ параметров гравиметрической аномалии позволяет сделать вывод, что, во-первых, ее источник (или источники) компактен, обладает большой плотностью и малой глубиной залегания. Во-вторых, в пределах участка гравиметрической аномалии была выявлена аномалия ВП – аномалия поляризуемости интенсивностью более 10 %. Такая высокая поляризуемость характерна для объектов, представленных прожилково-вкрапленными рудами. В-третьих, участок с аномальными геофизическими характеристиками находится вблизи Шемурского месторождения. Эти три обстоятельства позволили в 1976 г. считать участок весьма перспективным на обнаружение в его пределах рудопроявления или месторождения медноколчеданных руд.

Было принято решение о проверке геологической природы выявленных аномалий, которая и привела к открытию месторождения, названного Ново-Шемурским.

В последующие годы на месторождении

был выполнен широкий комплекс геологических, геофизических, геохимических, петрофизических и иных исследований, результаты которых дали всестороннее представление о нем.

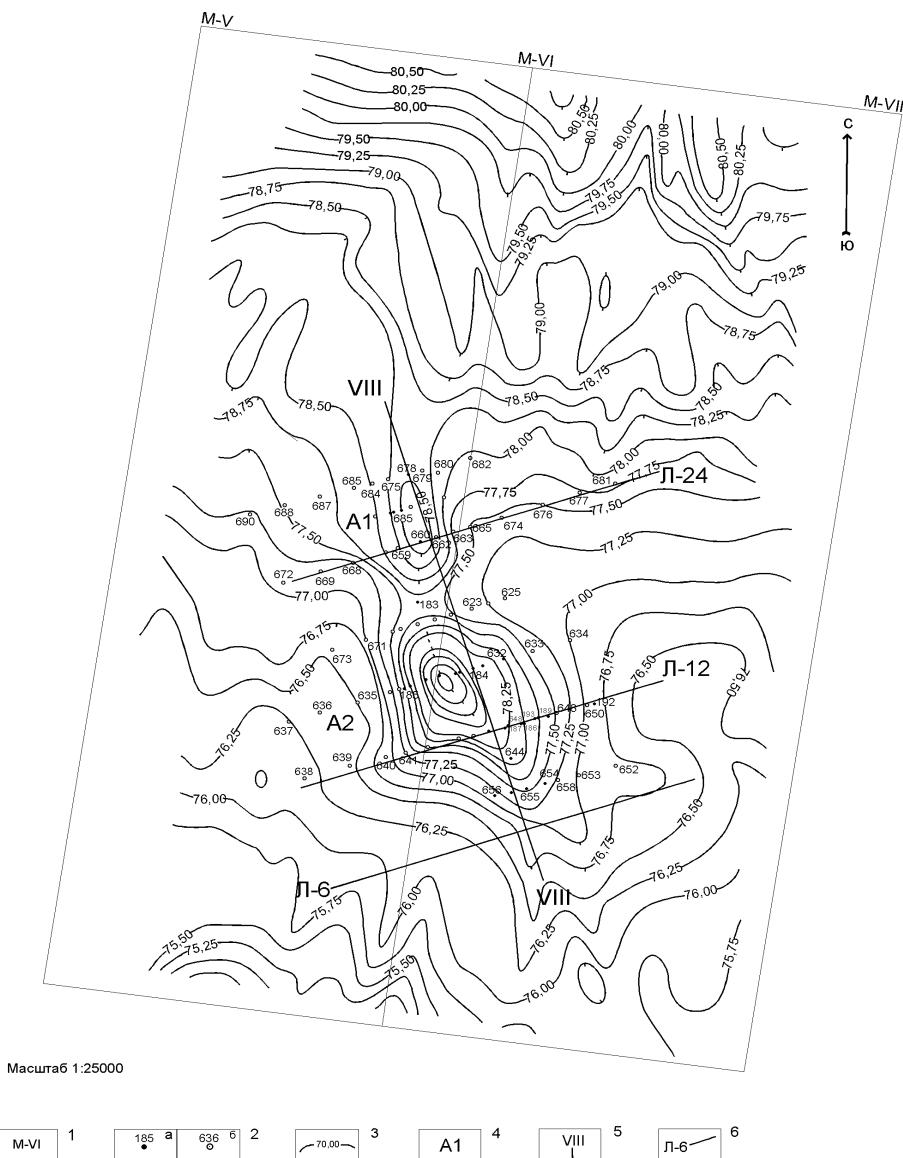


Рис. 1. Схема аномалий силы тяжести в топографической редукции Буге с поправкой за рыхлые отложения (в условном уровне):

1 – геофизическая магистраль и ее номер; 2 – пройденные по состоянию на сентябрь 1977 г. картировочные и поисковые скважины, из них а) рудные; б) безрудные; 3 – изолинии аномалий силы тяжести, мГал; 4 – фрагмент геофизической аномалии и ее номер; 5 – разведочный профиль и его номер; 6 – разведочная линия и ее номер

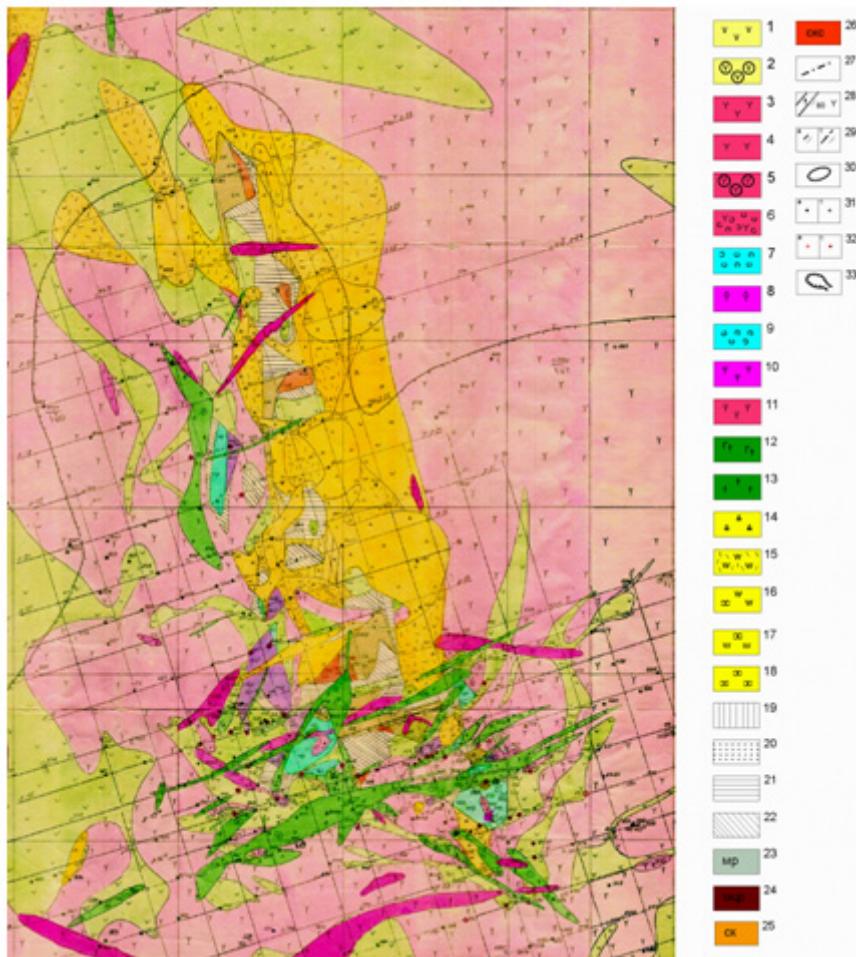
Всего на месторождении пробурено около 250 поисковых и разведочных скважин глубиной от 80 до 995 м (средняя глубина опробования месторождения, согласно материалам разведочных работ Северной ГРЭ

1976–1986 гг., составляет около 380 м).

В результате выполненных исследований определено, что вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения, развитые в промежутке между массивами Денежкин Ка-

мень и Южно-Помурским, представляют собой отложения контрастной риолит-базальтовой вулканогенной формации натровой серии (рис. 2). На основе выявления заметных ли-

того-фациальных, петрографо-петрохимических, геохимических особенностей вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, слагающих геологический разрез мощных (более



Масштаб 1 : 2000

Рис. 2. Геологический план Ново-Шемурского месторождения [12]:  
**Вулканогенные породы:** 1 – базальт; 2 – межпотоковый агглютинат базальтов (долеритов); 3 – дацит плагиоклазовый, редко кварц-плагиоклазовый, мелкотекстурный; 4 – пенистая кислая лава, иногда с обрывками пемзы; 5 – межпотоковые агломератовые образования дацитов (лавобрекчию, кластоловы); 6 – туф кислого состава; 7 – туф смешанного состава; 8 – риодицит мегафировый, кварц-плагиоклазовый. **Вулканогенно-осадочные и осадочные породы:** 9 – туффит кремнистый, яшма. **Жильный комплекс:** 10 – риодицит кварц-плагиоклазовый, редко плагиоклазовый или амфибол-кварц-плагиоклазовый, мегафировый; 11 – дацит плагиоклазовый; 12 – габбро-долерит; 13 – долерит. **Метасоматиты:** 14 – брекчия метасоматическая, тектонометасоматическая; 15 – метасоматит, состоящий из кварца и серпентита; 16 – метасоматит, состоящий из переменных количеств серпентита, хлорита и кварца; 17 – метасоматит, состоящий из кварца и хлорита; 18 – хлоритолит. **Рудная минерализация:** 19 – прожилково-вкрашенная пиритная минерализация (серы от 10 до 35 %); 20 – вкрашенность пирита (серы от 3 до 10 %); 21 – предполагаемая рудная масса по геологическим и геофизическим данным; 22 – забалансовая руда. **Сорта руд:** 23 – медная руда (0,5 %); 24 – медно-цинковая руда; 25 – серный колчедан рядовой (35 %); 26 – серный колчедан. **Прочие обозначения:** 27 – разрывные нарушения; 28 – элементы залегания пород; 29 – ориентировка:  
 а) флюидности; б) сланцеватости; 30 – обнажения коренных пород; 31 – скважины:  
 а) разведочные; б) пробуренные ранее; 32 – скважины: а) опробованные на газовый анализ;  
 б) с результатами проб на вторичную медь более 15 %; 33 – контур карьера

1000 м) накоплений контрастной формации, создалась возможность расчленить его на два этажно залегающих ритма контрастного вулканизма: раннего, выделенного как отложения

нижнешемурской толщи, и последующего – как отложения верхнешемурской толщи. В каждой толще нижняя половина разреза представлена преимущественно базальтами и долерита-

ми, а верхняя – вулканитами кислого петрохимического состава. При этом промышленное медноколчеданное оруденение сосредоточено в породах кислой подтолщи нижнешемурской толщи, а в верхнешемурской толще буровыми и геологосъемочными работами не выявлены не только колчеданные руды, но и участки проявления окорорудных метасоматитов [1].

Месторождение состоит из двух основных рудных залежей, вытянутых вдоль рудоподводящего разлома в меридиональном направлении на 1050 м (рис. 3). Рудные тела залегают в верхней части горизонта пористых пород и в расположенному выше лавовом горизонте. По отношению к ореолу метасоматически измененных пород рудные тела расположены на его верхней границе с перекрывающими породами. Первая залежь расположена южнее раз-

ведочной линии 20, имеет в плане изометричную форму с почти одинаковыми размерами по простирации и вкрест простирания, равными 50 м; падение западного контакта залежи западное под углом 30...35°, восточного – восточное под углом 20...25°; склонение южное под углом около 45°. Максимальная мощность рудного тела не превышает 250 м. Верхняя половина залежи сложена медными и медно-цинковыми рудами, нижняя – серным колчеданом; западный фланг представлен сплошными рудами медно-цинкового состава; восточный состоит из ряд различных типов и сортов.

Вторая залежь имеет в плане форму неправильного овала; ее длина около 520 м, размеры вкрест простирания изменяются от 100 до 220 м; залежь падает на запад под

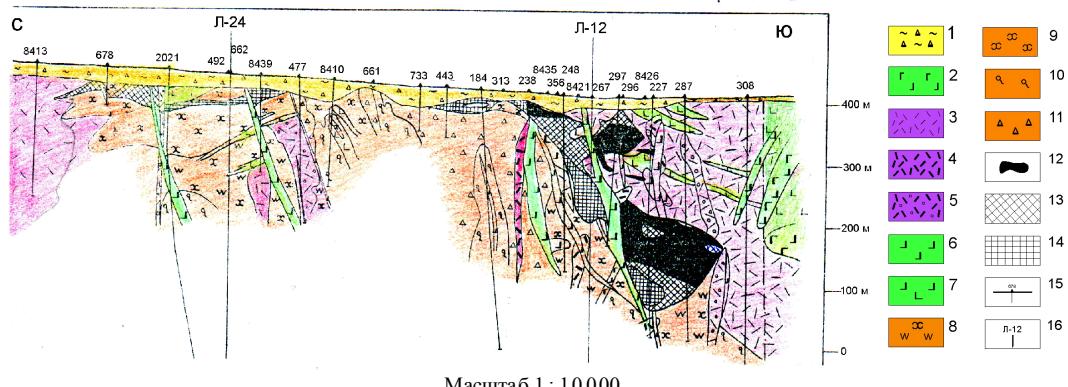


Рис. 3. Геологический разрез по продольному профилю VIII:  
1 – элювиально-делювиальные отложения; 2 – базальты; 3 – риолито-дациты; 4 – дайки кварц-плагиоклазовых дацитов;  
5 – дайки дацитов; 6 – дайки долеритов; 7 – дайки габбро-долеритов; 8 – хлорит-кварцевые метасоматиты;  
9 – хлоритолиты; 10 – серицит-хлорит-кварцевые метасоматиты; 11 – тектонометасоматические брекчии; 12 – массивные  
медно-цинковые руды; 13 – массивные медноколчеданные руды; 14 – массивные серноколчеданные руды; 15 – скважина  
и ее номер; 16 – разведочная линия и ее номер

углом 30...45° и сложена в основном серным колчеданом. Если верхняя часть рудной залежи залегает согласно с вмещающими породами, то нижняя – корневая, расположенная в пределах рудоподводящего разлома, непосредственно над тектономагматическими брекчиями, сечет вмещающие породы. От корневой части рудной залежи в южном, западном и восточном направлениях отходят небольшие апофизы, которые, как верхняя часть рудных тел, наблюдаются за пределами зоны метасоматически измененных пород на расстояниях до 200 м. Контакты рудных тел с вмещающими их туфами и межпотоковыми брекчиями здесь резкие, без плавных переходов, а руды богатые, чаще

всего медно-цинковые. Характерная особенность (закономерность) в пространственном распределении руд заключается в их смене от нижней части залежи вверх и к флангам от серного колчедана на медную и медно-цинковую руду. Контакт корневой части главной рудной залежи с подстилающими породами плавный, сопровождающийся зоной прожилково-вкрашенных и вкрашенных руд, они отмечаются по данным метода ВП аномалией поляризуемости более 10 %.

Кроме основных рудных залежей, разведано 17 небольших рудных тел линзовидной и лентообразной формы, мощность которых составляет 10...20 м, протяженность

– 50…150 м, размеры вкrest простираания – 50…70 м. Эти тела гипсометрически расположены на тех же уровнях, что и апофизы основных рудных тел; представлены они медно-цинковой рудой, часто с магнетитом, гематитом, реже с пирротином. Руды слоистые, слоистость согласная с напластованием вмещающих пород.

Механизм образования месторождения, согласно представлениям П. П. Санковича, Э. В. Киркина, заключается в следующем: «Поступавший по рудоподводящему разлому на дно палеобассейна рудный материал отлагался вблизи выхода разлома в виде линз, лент, небольших пластов. Рудоотложение происходило обычно во время локальных перерывов в накоплении лав, поэтому руды ассоциируются с обломочными продуктами вулканизма… Согласные рудные залежи захоранивались новыми потоками лав, на которые из продолжавшего функционировать рудоподводящего разлома поступали новые порции рудного вещества. Таким образом сформировалась корневая часть рудной залежи. Верхняя ее часть, а также мелкие… рудные тела сохранили признаки осадочного рудоотложения. Следовательно, месторождение имеет комбинированный (экскальационно-осадочный и гидротермально метасоматический) генезис».

Хорошо известно, что изучение геологических структур и месторождений будет неполным, если не исследован механизм их формирования. Эта проблема решается на основе геодинамического анализа геолого-структурной информации. В. И. Старостин [2], например, предложил дополнить морфологическую характеристику рудных структур следующими классификационными признаками: петрофизические свойства среды, термодинамические условия структурообразования, региональный тектонический режим, механизмы деформирования среды, структурный парагенезис и полихронность палеотектонической обстановки. Перечисленные признаки являются неслучайными: петрофизические свойства среды, термодинамика и региональная геотектоническая обстановка – это условия, в которых происходит формирование месторождения. Условия, в свою очередь, определяют механизм деформирования пород, приводящий к образованию структурного парагенезиса как

совокупности пликативных и разрывных элементов, возникших в одном тектоническом режиме. Полихронность же есть временная развертка процессов формирования структур. Таким образом, система признаков достаточно полно характеризует геодинамический процесс формирования структур, центральным моментом в изучении которого является оценка и анализ напряженно-деформированного состояния среды.

В настоящее время для решения этой задачи используются различные методы: геологические, геомеханические, геофизические, методы физического и численно-аналитического моделирования, а также метод тектонофизического анализа гравитационного поля [3, 4], который был применен для прогнозирования Березняковского золото-порфирового месторождения [5], оценки сейсмичности района г. Екатеринбурга [6] и изучения Березовского золоторудного месторождения [7].

На Ново-Шемурском месторождении авторами был выполнен тектонофизический анализ с использованием результатов площадной гравиметрической съемки, проведенной в районе месторождения: масштаб съемки 1 : 10 000, средняя квадратическая погрешность  $\pm 0,066$  мГал. На самом месторождении были выполнены более детальные измерения в масштабе 1 : 5000 по сети  $50-100 \times 20$  м со средней квадратической погрешностью  $\pm 0,06$  мГал.

Методика тектонофизического анализа поля силы тяжести позволяет вычислять различные характеристики поля деформации геологической среды. Три главных значения и девять направляющих косинусов, характеризующих три главных направления, являются основной информацией о напряженно-деформированном состоянии среды, извлекаемой из результатов гравиметрических съемок в результате решения задачи. Кроме главных значений, являющихся по физическому смыслу относительными растяжениями-сжатиями вдоль главных осей, деформация описывается рядом параметров, имеющих простой физический смысл. Это первый инвариант тензора или дилатация (относительное изменение объема среды), который определяется как сумма трех главных значений тензора чистой деформации по формуле:

$$\Theta = e_1 + e_2 + e_3 = \operatorname{div} \vec{S},$$

где  $\operatorname{div} \vec{S}$  – расходимость вектора смещения;  $e_1, e_2, e_3$  – главные значения тензора чистой деформации [8].

Для района Ново-Шемурского месторождения были выполнены расчеты в узлах квадратной сети  $100 \times 100$  м главных значений ( $e_1 > e_2 > e_3$ ) и главных направлений или осей тензора чистой деформации и дилатации.

На рис. 4 приведены результаты расчета первых двух главных значений тензора ( $e_1$  и  $e_2$ ). Главные направления, соответствующие этим значениям, лежат в горизонтальной плоскости, т. е. в плоскости измерения поля силы тяжести, совмещенной с дневной поверхнос-

тью. Третье главное направление перпендикулярно этой плоскости. Все три главных значения являются и относительными растяжениями, и относительными сжатиями.

Из анализа рис. 4 следует, что главные значения ( $e_1$  и  $e_2$ ) и главные направления в пределах месторождения резко отличаются и величиной, и ориентировкой от таковых для вмещающей среды. На месторождении главные значения принимают максимальные значения как положительные (растяжение), так и отрицательные (сжатие). Область месторождения, характеризующаяся максимальными значениями деформации сжатия  $e_1$ , окон-

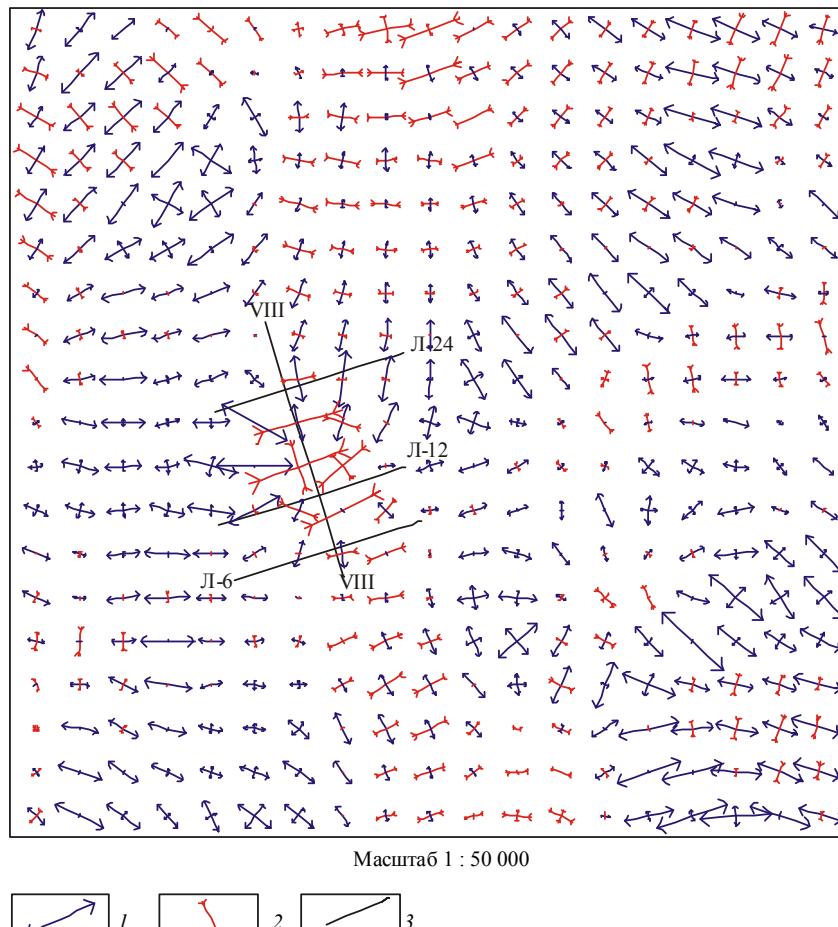


Рис. 5. Схема дилатации:  
1 – изолинии дилатации; 2 – разведочные линии

турена зоной, которая характеризуется деформацией растяжения, а главные направления в ее пределах имеют радиальную ориентировку. Ранее [2, 9, 10] на основании результатов тектонофизического анализа, выполненного на месторождениях различного генезиса, было установлено, что главные направления и глав-

ные значения тензора напряжения (т. е. тензора чистой деформации) в их пределах резко отличаются от них же во вмещающей месторождения среде. Таким образом, изменчивость тензора напряжений (деформаций) является устойчивым и характерным признаком рудных месторождений. Авторами статьи

этот же вывод получен и для Ново-Шемурского месторождения, поскольку он представляет собой закономерность, присущую определенной группе рудных месторождений. Но только этот вывод установлен не путем изучения деформационных структур месторождения (трещин, разрывов и др.), как это делается в классическом тектонофизическом анализе, а на основе тектонофизического анализа аномального поля силы тяжести.

На рис. 5 показаны результаты вычисле-

ния дилатации и, которая в пределах месторождения также является и отрицательной (относительное уменьшение объема деформируемой среды, т. е. ее сжатие) и положительной (относительное увеличение объема деформируемой среды, т. е. ее расширение).

Месторождение характеризуется интенсивной отрицательной дилатацией, величина которой плавно уменьшается в северном и южном направлениях от месторождения. Область отрицательной дилатации с запада и с

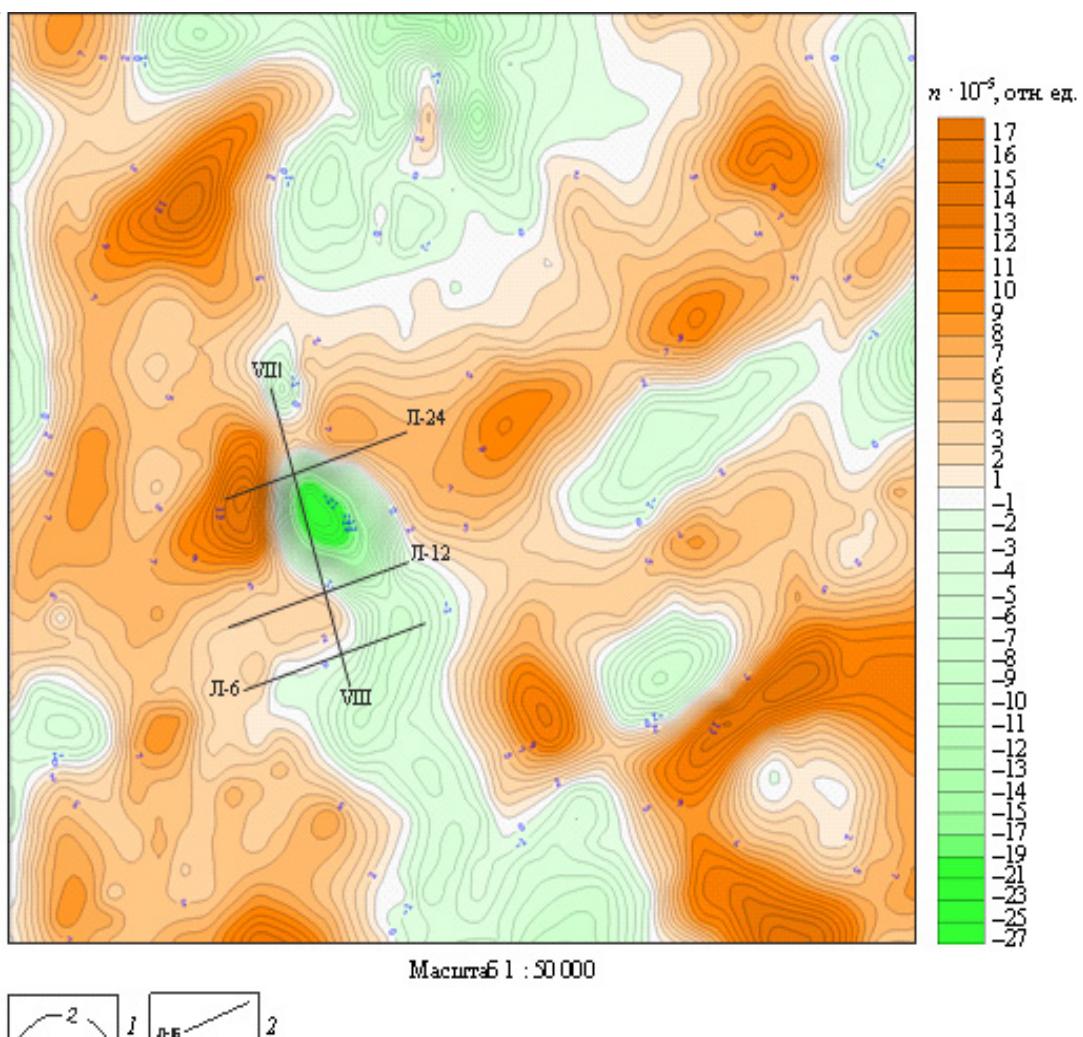


Рис. 4. Схема горизонтальных компонент  $e_1$  и  $e_2$  тензора чистой деформации:  
1 – растяжение; 2 – сжатие; 3 – разведочные линии

востока переходит в области положительной дилатации, которые разделяют область отрицательной дилатации на два фрагмента: менее интенсивный северный и более интенсивный южный (рис. 5).

Оба эти фрагмента соответствуют описанным выше фрагментам аномального поля силы тяжести (рис. 1) и, соответственно, двум разным залежам месторождения.

На примере Ново-Шемурского меднокол-

чеданного месторождения тектонофизический анализ поля силы тяжести показывает, что положительная аномалия силы тяжести отражает локальную зону напряженного состояния геологической среды. По мнению авторов, такое состояние возникло сразу же после процесса концентрированного колчеданного рудоотложения в объеме менее плотного силикатного вулканогенного субстрата 460 млн лет назад и существовало до времени эксплуатации месторождения. Наложенные пострудные разноплановые магматические, тектонические, метаморфические и метасоматические процессы разной интенсивности, проявившиеся в течение длительной геологической истории существования огромного тоннажа рудных масс, не оказывали заметного нивелирующего влияния на возмущенное состояние зоны положительной аномалии силы тяжести.

Динамический режим формирования месторождения запечатлен в его строении, пространственном распределении и типах руд, тектонике и других чертах, которые, как и сам режим, можно установить на основании результатов тектонофизического анализа, осуществляемого либо по классической методике, либо путем интерпретации значений аномаль-

ного поля силы тяжести. Оба способа обладают как достоинствами, так и недостатками. При классическом подходе к анализу непосредственно изучаются деформационные элементы месторождения (что возможно при хорошей обнаженности объекта). Методом тектонофизического анализа поля силы тяжести задача решается опосредованно, и плохая обнаженность объекта в этом случае препятствием не служит. Более того, используя при таком анализе результаты гравиметрических съемок различных масштабов, можно изучать деформационную структуру месторождения на разных масштабных уровнях, т. е. изучать иерархию в его строении и структуре. Следовательно, при благоприятных условиях целесообразно сочетать обе методики тектонофизического анализа.

В перспективе метод тектонофизического анализа гравитационного поля следует применить для изучения деформационной структуры рудных месторождений других генетических типов с целью выявления закономерностей размещения залежей полезного ископаемого, сопоставляя при этом полученные результаты с результатами классического тектонофизического анализа.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрин Ю. Ф. Особенности контрастного вулканизма позднего ордовика-раннего силура на Северном Урале и его колчеданоносность // Формационный анализ магматитов. Свердловск: УрО АН ССР, 1989. С. 149-150.
2. Старостин В. И. Палеотектонические режимы и механизмы формирования структур рудных месторождений. М.: Недра, 1988. 736 с.
3. Филатов В. В. Теория и практика геодинамического анализа гравитационного поля (на примере рудных районов Урала): дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Свердловск, 1990. 376 с.
4. Болотнова Л. А., Филатов В. В. Тектонофизический анализ гравитационного поля Екатеринбургского мегаполиса. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 176 с.
5. Филатов В. В., Кузнецов Н. С. Отражение деформаций среды в гравитационном поле (качественный анализ) // Геофизические методы поисков и разведки рудных инерудных месторождений: межвуз. науч.-темат. сб. Свердловск: СГИ, 1989. С. 25-31.
6. Болотнова Л. А. Методика изучения деформационного состояния геологической среды района Екатеринбурга по гравиметрическим данным: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 2007. 109 с.
7. Сомов В. Ф., Кадышева Е. В., Филатов В. В. Тектонофизический анализ гравитационного поля Березовского золоторудного месторождения и прогнозно-поисковые критерии золотого оруденения, связанного с гранито-идиыми массивами // Литосфера. 2010. № 1. С. 94-102.
8. Кадышева Е. В., Филатов В. В. Дилатация как предпосылка применения гравиметрии для изучения деформации геологической среды // Изв. вузов. Горный журнал. 2010. № 4. С. 122-126.
9. Гзовский М. В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
10. Старостин В. И. Структурно-петрографический анализ эндогенных рудных полей. М.: Недра, 1979. 240 с.

оступила в редакцию 13 июня 2012 г.

**Кадышева Елена Владиславовна** – ассистент кафедры геофизики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: kadyshev@k66.ru

**Филатов Владимир Викторович** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геофизики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

**Юрин Юрий Федорович** – геолог I категории УКСЭ УПГО «Уралгеология». 620144, г. Екатеринбург, ул. Вайнера, 55.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

А. В. Хохряков, А. Ф. Фадеичев, Е. М. Цейтлин

Обеспечение экологической безопасности горного производства становится все более актуальным. Решение сложных экологических проблем в современных условиях нарастающего ограничения ресурсов требует выявления приоритетных точек приложения финансовых, организационных и технических усилий, выбора оптимальных инженерно-технических решений, для чего необходимо иметь объективную оценку экологической опасности тех или иных технических решений, экологических ситуаций, предприятий в целом. Данная статья посвящена вопросам оценки экологической опасности. Проведен обзор существующих подходов, определены их преимущества и недостатки, предложен новый подход оценки экологической опасности, основанный на методе «интегрального критерия», который учитывает данные недостатки.

*Ключевые слова:* экологическая опасность; экологическая безопасность; негативное воздействие на окружающую среду; оценка экологической опасности; интегральный критерий.

Горнодобывающий комплекс является одним из основных источников воздействия на окружающую среду [1, 2]. Поэтому весьма актуальна задача разработки метода комплексной оценки экологической опасности горного производства с учетом уже имеющихся научных подходов.

Сегодня в законодательстве Российской Федерации или научно-технической литературе нет явных критериев, в соответствии с которыми можно оценить уровень экологической опасности. Существует три принципиально различных подхода для оценки экологической опасности или экологической безопасности [2–4]:

1. Оценка экологической безопасности, основанная на методе нормирования.

2. Оценка экологической безопасности, основанная на определении величины экологического риска.

3. Оценка экологической безопасности с помощью метода интегрального критерия.

Сущность первого метода заключается в необходимости учета допустимой нагрузки на экосистему, т. е. такой нагрузки, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды.

Принцип «экологического риска» выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Нежелательные события экологического риска могут проявляться как непосредственно в зонах вмешательства, так и за их пределами.

Метод интегрального критерия подразумевает под собой оценку экологической безопасности производства с помощью одного интегрального критерия, включающего несколько разнородных критериев, определенных экспертыным путем.

Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, которые сведены в табл. 1.

Главными недостатками существующих подходов являются:

– невозможность ранжирования предприятий по степени экологического воздействия на окружающую среду;

– невозможность учета специфики воздействий промышленных объектов;

– сложность в поиске приоритетных экологических задач для предприятия.

С целью совершенствования и унификации данных подходов предлагается универсальный критерий оценки экологической опас-

ности, основанный на комплексе разнокачественных экологических и технических показателей, которые могут учитывать как региональную специфику, так и специфические особенности горного производства. Предлагает-

мый критерий учитывает уже сложившуюся систему поресурсной оценки, основанной на принципе нормирования, и дополняет существующие на данный момент подходы, учитывая их недостатки.

**Преимущества и недостатки существующих подходов  
для оценки экологической опасности горных предприятий**

Метод оценки экологической опасности	Преимущества	Недостатки
Метод нормирования	Утвержден законодательно Разработано множество методик и критериев Налажена работа контролирующих органов и предприятий Создано необходимое программное обеспечение	Невозможен учет всех критериев (их слишком много) Трудоемкость получения необходимой информации Не в полной мере учитывается комплексное воздействие на окружающую среду Не учитывается специфика производства Неоднозначность нормативов ПДК химических элементов относительно воздействия источников загрязнения на окружающую среду Отсутствие утвержденных нормативов для всех источников загрязнения окружающей среды Отсутствие возможности поиска приоритетных экологических задач для предприятия Невозможность ранжирования предприятий по степени экологического воздействия на окружающую среду
Метод экологического риска	Не требует большого количества исходной информации Высокая степень достоверности	Сложность в поиске экспертов Отсутствие гарантий достоверности полученных оценок Отсутствие учета специфики воздействий горных предприятий Отсутствие возможности поиска приоритетных экологических задач для предприятия Невозможность ранжирования предприятий по степени экологического воздействия на окружающую среду
Метод интегрального критерия	Простота оценки Оригинальность метода Возможность автоматизации данного процесса	Неточность оценки Сложность в поиске экспертов Отсутствие гарантий достоверности полученных оценок Отсутствие учета специфики воздействий горных предприятий Отсутствие возможности поиска приоритетных экологических задач для предприятия Невозможность ранжирования предприятий по степени экологического воздействия на окружающую среду

Для определения степени экологической опасности необходимо комплексно оценить негативное воздействие горного предприятия на окружающую среду. При этом степень экологического воздействия тесно связана со степенью экологической опасности. Чем выше

экологическое воздействие, тем выше экологическая опасность.

Оценка экологического воздействия предприятия на окружающую среду подразумевает проведение оценки его воздействия на все элементы биосферы: литосферу, атмосферу,

гидросферу, биоценозы и зооценозы.

Оценку экологической опасности производства предлагается производить по четырем базовым факторам: выброс, сброс, отходы, нарушенные земли. Важно заметить, что количественная оценка фактора воздействия может быть выражена по-разному. Так, количественная оценка выброса в атмосферный воздух может быть выражена через объем выброса или концентрацию загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), сброс – через объем сброса или концентрацию загрязняющих веществ в контрольном створе, отходы – через объем размещаемых или образующихся отходов, нарушенные земли – через площадь нарушенных земель, данных под объекты размещения отходов или добычи полезных ископаемых. Критерием выбора в данном случае преимущественно служит наличие достоверной информации по конкретному фактору воздействия. Так, например, при отсутствии информации о концентрации основных загрязняющих веществ на границе СЗЗ ее можно заменить объемом выброса данных веществ в атмосферный воздух.

Все показатели имеют разные шкалы оценки и разный физический смысл, с одной стороны, и требуют сравнивания друг с другом, с другой. Фактически мерой каждого показателя на начальном уровне является его качественное или векторное описание [5]. Для оценки степени экологической опасности горного производства необходимо преобразовать векторное описание системы со многими показателями в скалярное (метод разнокачественных показателей). Скалярное описание системы, которое используется для принятия решения, называется целевой функцией. Согласно [5], существует множество способов, посредством которых показатели или связанная с ними оценка полезности рабочих характеристик системы могут быть объединены в одну целевую функцию. Так, целевую функцию  $N$  можно представить в виде:

$$N_{ij} = \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} \cdot \varphi_{ij}, \quad (1)$$

где  $N_{ij}$  – интегральный показатель экологической опасности горного производства;  $\lambda$  – ко-

эффициент весомости показателя воздействия для элемента биосферы;  $\varphi$  – коэффициент уровня влияния показателя воздействия на элемент биосферы;  $i$  – количество показателей (базовых), определяющих экологическую опасность предприятия;  $j$  – элемент биосферы (атмосфера, гидросфера, литосфера);  $m$  – количество базовых факторов воздействия.

Интегральный показатель  $N$  является безразмерной величиной и может принимать значения от 0 до 1 (в отдельных случаях при превышении фактического загрязнения окружающей среды нормативов предельно допустимого загрязнения может быть больше 1). Чем ближе данный показатель к единице – тем более высокое экологическое воздействие оказывает горное предприятие на окружающую среду.

Функция  $N$  является скалярным произведением вектора  $\lambda$  на вектор  $\varphi$ . При этом скалярное произведение вектора  $\lambda$  на вектор  $\varphi$  необходимо рассчитывать для каждого фактора воздействия отдельно. В соответствии с этой формулой предполагается, что полная полезность системы может быть представлена в виде линейной суммы взвешенных оценок полезности отдельных рабочих характеристик.

Значение показателя  $\varphi$  определяется следующим образом:

$$\varphi_{ij} = 1 - \frac{k_{ij\max} - k_{ij}}{k_{ij\max}}, \quad (2)$$

где  $\varphi_{ij}$  – показатель уровня влияния фактора воздействия на окружающую среду;  $k_{ij}$  – значение интенсивности воздействия фактора на элемент биосферы;  $k_{ij\max}$  – максимальный возможный уровень воздействия фактора на окружающую среду.

Для оценки степени воздействия предприятия в целом на окружающую среду предлагается для каждого объекта предприятия оценить весомость источников воздействия с помощью коэффициента весомости  $\lambda_{ij}$ , где  $\lambda$  – коэффициент весомости фактора воздействия  $i$  для  $j$ -го элемента биосферы;  $i$  может принимать значения от 1 до  $n$ ,  $j$  – от 1 до 3 (1 – атмосфера, 2 – гидросфера, 3 – литосфера).

Значения коэффициента весомости показателя воздействия для каждого из видов воз-

действия могут принимать значения от 0 до 1. Для наиболее значимого фактора воздействия коэффициент весомости принимает значение 1, для наименее значимого – 0. При этом суммарная весомость каждого показателя, влияющего на экологическую опасность производства, для всех элементов биосферы не превышает 1:

$$\lambda_{1j} + \lambda_{2j} + \dots + \lambda_{nj} = 1, \quad (3)$$

где  $n$  – количество факторов воздействия;  $j$  – элемент биосферы.

Значения коэффициента весомости вида воздействия определяется экспертным методом. В соответствии с [7] метод экспертины оценок предпочтительно применять для сравнительных оценок при решении сложно формулируемых задач, когда неполнота и недостоверность информации не позволяют использовать другие методы.

При оценке уровня влияния источника воздействия для увеличения точности полученных результатов было решено ввести следующее ограничение. Оценку уровня воздействия горного предприятия предлагается проводить за определенный промежуток, который можно считать достаточным для достоверной оценки воздействия горного производства на окружающую среду, определяемый сроком в 5 лет. За это время необходимо составить динамику воздействия предприятия на окружающую среду (по годам). В результате фактическим воздействием горного предприятия на окружающую среду будет то, которое являлось средним воздействием за этот временной интервал. За максимальное влияние факторов воздействия на окружающую среду предлагается принимать нормативное воздействие данных факторов (для выброса, сброса и отходов) или площадь земельного отвода, выделенного на нужды предприятия для фактора «нарушенные земли».

Другой, не менее важной проблемой, возникающей при оценке экологической опасности горного производства, является учет воздействия основных загрязняющих веществ и основных видов отходов (или основных загрязнителей).

Основные загрязнители – это авторский термин, под которым подразумеваются основные загрязняющие вещества или размещае-

мые отходы, характерные для конкретного производства, или те загрязнители, по которым наблюдаются превышения по ограничивающему показателю воздействия. В качестве ограничивающего показателя воздействия может выступать предельно допустимая концентрация вещества, лимит на размещение отходов, предельно допустимый выброс, норматив предельно допустимого сброса, ориентировочно безопасный уровень воздействия и другие подобные ограничивающие показатели. Таких загрязнителей может быть несколько, при этом необходимо оценить их комплексный вклад в воздействие на окружающую среду. Для этого предлагается ввести термин «приведенный интегральный показатель воздействия». Под этим термином понимается совокупная величина воздействия данных веществ на окружающую среду.

Для того чтобы вычислить данную величину, предлагается сделать следующее. Как было показано, у каждого загрязнителя есть свой ограничивающий показатель воздействия. Предположим, предприятие загрязняет окружающую среду  $n$ -м количеством основных загрязнителей. Каждый загрязнитель имеет свое значение. Приведенный интегральный показатель воздействия в этом случае предлагается рассчитать в соответствии с [8]:

$$C_p = \sum_1^n C_1 + \frac{C_{o1}C_2}{C_{o2}} + \dots + \frac{C_{on}C_n}{C_{on}}, \quad (4)$$

где  $C_p$  – приведенный интегральный показатель воздействия;  $C_{o1}$  – величина ограничивающего показателя воздействия загрязнителя № 1, относительно которого пересчитывают остальные загрязнители;  $C_1$  – фактическое значение воздействия загрязнителя, относительно которого пересчитывают остальные основные загрязнители;  $C_2$  – фактическое значение воздействия основного загрязнителя № 2;  $C_{o2}$  – величина ограничивающего показателя воздействия основного загрязнителя № 2;  $C_n$  – фактическое значение воздействия основного загрязнителя  $n$ ;  $C_{on}$  – величина ограничивающего показателя воздействия основного загрязнителя  $n$ ,  $n$  – количество основных загрязнителей

Данный метод позволяет выразить кон-

центрацию всех загрязнителей через один условный наиболее значимый загрязнитель, что позволяет комплексно оценить их воздействие на окружающую среду. При этом расчет приведенного интегрального показателя воздействия требуется для расчета интенсивности фактора воздействия.

При этом ограничивающий показатель воздействия при оценке экологической опасности предприятия также подлежит пересчету. Его пересчет необходимо проводить следующим образом:

$$C_{op} = mC_{o1}, \quad (5)$$

где  $C_{op}$  – приведенный интегральный ограничивающий показатель воздействия;  $C_{o1}$  – значение приведенного воздействия загрязнителя 1;  $m$  – количество основных загрязнителей

Важно заметить, что при оценке экологической опасности предприятия необходимо учесть специфику Уральского региона. Основным источником загрязнения окружающей среды в регионе является горнопромышленный комплекс, воздействие которого весьма специфично.

Из всех факторов воздействия горнопромышленного комплекса на окружающую среду ведущим является вид полезного ископаемого. Он определяет:

- технологию добычи и переработки минерального сырья;
- объемы производства;
- химический состав и объемы выбросов в атмосферу и сбросов в гидросферу;
- применяемые реагенты и их количество;
- характер и количество выделяемых отходов;
- воздействие на литосферу: недра, земли, почвы;
- основные загрязнители и класс их опасности.

Кроме того, важными параметрами, учитывающими специфическое воздействие горнопромышленного комплекса, являются способ разработки, используемый при добыче полезного ископаемого, и способ обогащения.

Для учета специфического воздействия горного производства на окружающую среду было решено ввести поправочный коэффициент  $\mu$ , который рассчитывается следующим

образом:

$$\mu_{nj} = 1 - \left( \left( \sum_{t=1}^n \frac{P_{tj\max} - P_{tj}}{P_{tj\max}} \right) / n \right), \quad (6)$$

где  $\mu_{nj}$  – поправочный показатель, учитывающий специфику горного производства;  $P_{tj\max}$  – максимальная величина интенсивности воздействия фактора, учитывающего специфику горного производства;  $P_{tj}$  – величина интенсивности воздействия фактора, учитывающего специфику горного производства, на  $j$ -й элемент биосферы, определенная экспертым методом;  $t$  – фактор воздействия, учитывающий специфику горного производства;  $n$  – количество факторов воздействия, учитывающих специфику горного производства.

Данный коэффициент рассчитывается для каждого из элементов биосферы и в дальнейшем учитывается при поиске приоритетных экологических задач для горного предприятия.

С учетом изложенного поиск приоритетных экологических задач для горного предприятия сводится к расчету интегрального показателя экологической опасности для горного предприятия, а учет специфики горного производства производится с помощью поправочного коэффициента  $\mu_{nj}$ .

В общем случае с учетом формул (1)–(6) оценка экологической опасности  $i$ -го фактора воздействия для  $j$ -го элемента биосферы:

$$N_{ij} = \lambda_{ij} \left( 1 - \frac{k_{ij\max} - k_{ij}}{k_{ij\max}} \right) \times \left( 1 - \left( \sum_{t=1}^n \frac{P_{tj\max} - P_{tj}}{P_{tj\max}} \right) / n \right), \quad (7)$$

где  $\lambda_{ij}$  – показатель весомости влияния  $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы;  $k_{ij\max}$  – максимально возможный уровень влияния фактора воздействия на окружающую среду;  $k_{ij}$  – значение интенсивности влияния фактора воздействия на элемент биосферы, при этом  $k_{ij}$  – значение интенсивности влияния  $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы, которое рассчитывается по (4);  $P_{tj\max}$  – максимально возможный уровень влияния  $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы, который рассчитывается по (5);  $P_{ti}$  –

величина интенсивности воздействия фактора, учитывающего специфику горного производства, на  $j$ -й элемент биосферы, которая определена экспертым методом;  $P_{t_{\max}}$  – максимальная величина интенсивности воздействия фактора, учитывающего специфику горного производства, определенная экспертым методом;  $t$  – фактор воздействия, учитываю-

щих специфику горного производства.

Результаты расчета интегрального экологического показателя  $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы сводятся в табл. 2. Затем рассчитывается интегральный показатель экологической опасности всех факторов воздействия на элемент биосферы, результаты которого сводятся в эту же таблицу.

**Результаты расчета интегрального экологического показателя  
 $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы**

Факторы воздействия/элемент биосферы	Фактор воздействия 1	Фактор воздействия 2	Фактор воздействия 3	Фактор воздействия $i$	Суммарное воздействие факторов на элемент биосферы
Атмосфера	$N_{11}$	$N_{21}$	$N_{31}$	$N_{i1}$	$N_{f1}$
Гидросфера	$N_{12}$	$N_{22}$	$N_{32}$	$N_{i2}$	$N_{f2}$
Литосфера	$N_{13}$	$N_{23}$	$N_{33}$	$N_{i3}$	$N_{f3}$

Расчет интегрального показателя экологической опасности суммарного воздействия для окружающей среды:

$$N_{fj} = N_{1j} + N_{2j} + N_{3j} + \dots + N_{ij}, \quad (8)$$

где  $N_{fj}$  – интегральный показатель экологической опасности суммарного воздействия на окружающую среду;  $N_{ij}$  – интегральный показатель экологической опасности фактора воздействия 1 для  $j$ -го элемента биосферы;  $N_{2j}$  – интегральный показатель экологической опасности фактора воздействия 2 для  $j$ -го элемента биосферы;  $N_{3j}$  – интегральный показатель экологической опасности фактора воздействия 3 для  $j$ -го элемента биосферы;  $N_{ij}$  – интегральный показатель экологической опасности фактора воздействия  $i$  для  $j$ -го элемента биосферы.

Интегральный показатель экологической опасности всех факторов воздействия является критерием выбора элемента биосферы, на который горное предприятие оказывает преимущественное воздействие (или приоритетный элемент биосферы). Интегральный показатель экологической опасности фактора воздействия для приоритетного элемента биосферы будет являться критерием выбора приоритетной экологической задачи для горного предприятия. Он определяется для всех базовых

факторов воздействия. Тот фактор воздействия, для которого данный показатель будет максимальным, и будет приоритетной экологической задачей для горного предприятия.

В общем случае требования к критерию выбора приоритетных экологических задач можно записать следующим образом:

$$N_{ij}(\lambda, \varphi, \mu) \rightarrow \max, \begin{cases} 0 \leq \lambda_{ij} \leq 1, \\ 0 \leq \varphi_{ij} \leq \infty, \\ 0 \leq \mu_{mj} \leq 1. \end{cases}$$

где  $N_{ij}$  – интегральный показатель экологической опасности  $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы;  $\lambda_{ij}$  – показатель весомости  $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы;  $\varphi$  – показатель уровня воздействия  $i$ -го фактора воздействия на  $j$ -й элемент биосферы;  $\mu_{mj}$  – поправочный коэффициент, учитывающий специфику воздействия горного производства, где  $m$  – фактор воздействия, учитывающий специфику производства,  $j$  – элемент биосферы.

Алгоритм оценки экологической опасности с помощью модели, основанной на различных экологических и технических показателях, примет следующий вид:

1. Сбор требуемой информации для определения приоритетных экологических задач предприятия:

- 1.1. Определение основных загрязнителей, характерных для конкретного предприятия;
  - 1.2. Сбор информации по базовым показателям воздействия;
  - 1.3. Сбор информации по дополнительным показателям воздействия, учитывающим специфику горнопромышленного комплекса;
  2. Определение интегрального приведенного показателя воздействия для каждой из групп загрязнителей по (4);
  3. Определение интегрального приведенного ограничивающего показателя воздействия для каждой из групп загрязнителей по (5);
  4. Определение показателя весомости, для каждого из базовых факторов воздействия методом экспертных оценок;
  5. Определение показателя уровня воздействия для каждого из базовых факторов воздействия по (2);
  6. Определение поправочного показателя для каждого из факторов воздействия, учитывающих специфику горного производства по (6);
  7. Определение интегрального показателя экологической опасности для каждого фактора воздействия по всем компонентам окружающей среды по (7);
  8. Определение приоритетных элементов биосфера для горного предприятия по (8);
  9. Определение приоритетных экологических задач для горного предприятия.
- Таким образом, разработан алгоритм оценки экологической опасности горных предприятий с помощью интегрального критерия, который позволяет комплексно оценить их экологическую опасность, а также повысить эффективность использования средств, выделяемых на охрану окружающей среды.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хохряков А. В., Фадеичев А. Ф., Цейтлин Е. М. Динамика изменения воздействия ведущих горных предприятий Урала на окружающую среду // Изв. вузов. Горный журнал. № 8. 2011. С. 44–53.
2. Динамика негативного воздействия на окружающую среду на разных стадиях развития горного производства / А. Ф. Фадеичев [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 1. С. 39–46.
3. Акимов В. А., Лесных В. В., Радаев Н. Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М.: Деловой Экспресс, 2004. 352 с.
4. Гаспарский В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских решений / пер. с польск. М.: Мир, 1978. 172 с.
5. Пэнтл Р. Методы системного анализа окружающей среды. М.: Мир, 1979. 213 с.
6. Астахов А. С., Диколенко Е. А., Харченко В. А. Экологическая безопасность и эффективность природопользования. М., 2009. 328 с.
7. Орлов А. И. Экспертные оценки: учеб. пособие. М., 2002. 31 с.
8. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: ОНД-86, утв. Госкомгидрометом СССР 04.08.86, № 192. Л.: Гидрометеоиздат, 1986.

Поступила в редакцию 27 марта 2013 г.

**Хохряков Александр Владимирович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной экологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: scarface2004@rambler.ru

**Фадеичев Альфред Францевич** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры инженерной экологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: Alfred.fadeichev@m.ursmu.ru

**Цейтлин Евгений Михайлович** – аспирант кафедры инженерной экологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: tseitlin.e.m@gmail.com

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ПРОГНОЗ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ РУДНЫХ УЗЛОВ В КОЛЛИЗИОННОЙ ЗОНЕ ГЛАВНОГО УРАЛЬСКОГО РАЗЛОМА (ГУР)

(в порядке обсуждения)

Г. И. Страшненко

Проведена ревизия известных рудоносных узлов медноколчеданных месторождений Урала, сделан анализ их распределения по простианию и удалению от фронтальной линии коллизионной зоны. Разработана двумерная математическая модель распределения медноколчеданных месторождений в коллизионной зоне, адекватно описывающая их местоположение и масштаб, а также обладающая прогностическим потенциалом на выделение новых потенциально рудоносных узлов. Проведен металлогенический анализ рудных узлов, выделенных с помощью математической модели. Составлена прогнозная карта на медноколчеданное оруденение и рассчитан металлогенический потенциал рудных узлов и коллизионной зоны в целом.

*Ключевые слова:* медноколчеданные месторождения; математическая модель; рудоносные узлы; прогнозные карты медноколчеданных месторождений; коллизионная зона.

## **Цель и основные задачи исследования.**

Проведенные исследования преследовали цель ревизии известных и выделения новых потенциально рудоносных узлов, перспективных для открытия медноколчеданных месторождений. Для достижения заданной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- проведен анализ распределения медноколчеданных месторождений по протяженности и вкрест протяженности коллизионной зоны;
- разработана двумерная математическая модель распределения медноколчеданных месторождений в коллизионной зоне, адекватно описывающая местоположение и масштаб известных месторождений, а также обладающая прогностическим потенциалом на выделение новых потенциально рудоносных узлов;
- составлена прогнозная карта на медноколчеданное оруденение и рассчитан металлогенический потенциал рудных узлов и коллизионной зоны в целом.

**Пространственные и геологические границы объекта исследования.** Для исследования выбран сегмент коллизионной зоны, имеющий субмеридиональное простижение, заключенный между 48 и 64° с. ш. С запада коллизионная зона ограничена фронтальной линией (ФЛ), представляющей линию разграничения океанического комплекса на востоке и континентального комплекса окраины Восточно-Европейской плиты на западе. Тыловая

линия коллизионной зоны ГУР условно проведена по оси Тагило-Магнитогорского прогиба. В местах сужения зона включает полностью эту структуру.

**Факторная основа исследования.** В качестве геологической основы проведенных исследований использованы комплексная металлогеническая карта Урала масштаба 1 : 500 000 и объяснительная записка к ней, составленные коллективом авторов под руководством главных редакторов П. В. Нечаева и А. В. Пуркина [1]. В указанных ранее границах на карте показано 304 медноколчеданных объекта, из которых согласно принятой авторами карты классификации рудопроявлений – 209, месторождений – 95, из них мелких – 63, средних – 25, крупных – 6, довольно крупных – 1 (Учалинское). При этом количественные границы классов крупности объектов авторы не приводят.

За 35 лет, прошедших с момента издания металлогенической карты, на Урале проведены многочисленные научно-исследовательские и геологоразведочные работы, в результате которых открыты новые месторождения и значительно увеличены запасы руды на многих известных месторождениях. В сконцентрированном виде произошедшие изменения учтены в данном исследовании на основе Государственного баланса месторождений меди Российской Федерации, а также монографии «Медноколчеданные месторождения Урала» [2].

Анализ пространственного распределения медноколчеданных месторождений в коллизионной зоне ГУР. В качестве количественной меры крупности месторождения введем понятие «металлогенический потенциал месторождения»  $G^*$ , равный десятичному логарифму значения запасов руды на данном месторождении, тыс. т:

$$G^* = \log \sum P. \quad (1)$$

Сохраним принятое в [1] пятычленное деление по крупности медноколчеданных объектов, переименовав при этом класс месторождений «довольно крупные» в «уникальные».

Вынесем все рудные объекты, известные в пределах коллизионной зоны, на график в координатах: географическая широта – металлогенический потенциал объекта  $G^*$ . Координата определяет положение рудного объекта в коллизионной зоне по ее протяженности. Географические координаты объектов здесь и ниже по тексту определялись по металлогенической карте Урала масштаба 1 : 500 000 [1]. Из анализа полученного графика (рис. 1) зафиксируем следующие особенности распреде-

ления известных рудных объектов по протяженности коллизионной зоны ГУР:

1. Максимальным потенциалом, равным 6, обладает Гайское месторождение;
2. К югу и северу от Гайского месторождения наблюдается постепенное снижение потенциала месторождений;
3. Месторождения по протяженности коллизионной зоны распределены не случайно, а образуют кучности, которые исследователями медноколчеданных месторождений рассматриваются как рудоносные зоны, рудные узлы и рудные поля [2];
4. Месторождения-лидеры в пределах рудных узлов обычно сопровождаются свитой более мелких месторождений и проявлений;
5. Рудопроявления и мелкие месторождения почти сплошь закрывают ось  $\rho$ , образуя металлогенический фон.

Подобным образом проанализируем распределение рудных объектов вкрест протяженности коллизионной зоны. Вынесем все рудные объекты на график в координатах: угловое удаление объекта от ФЛ коллизионной зоны – металлогенический потенциал объекта  $G^*$ .

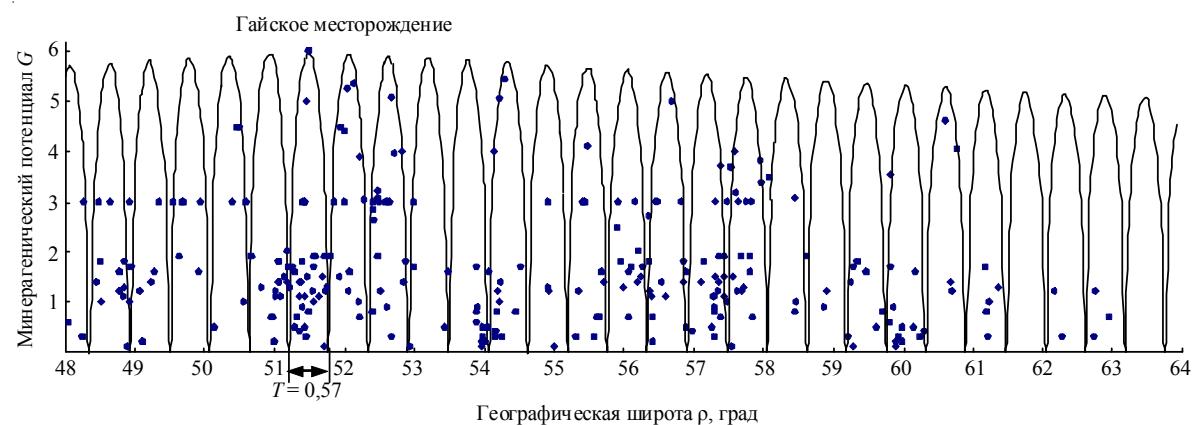


Рис. 1. Распределение медноколчеданных месторождений и рудопроявлений по протяженности коллизионной зоны ГУР

При этом

$$\delta_i = \varphi_i - \varphi_0, \quad (2)$$

где 1,0 – географическая долгота соответствующего  $i$ -го объекта и расположенной на той же широте, что и  $i$ -й объект, точки на ФЛ (рис. 2).

ФЛ коллизионной зоны выбрана в качестве основного элемента ее структуры для отсчета координаты  $\delta$ , поскольку она является границей раздела континентальной коры и коры

оceanического типа, продуцирующей рудогенерирующие вулкано-плутонические комплексы пород.

Для месторождений, расположенных к востоку от ФЛ,  $\delta > 0$ , к западу (в пределах аллохтонов) –  $\delta < 0$ . Анализируя построенный график (рис. 3), зафиксируем следующие особенности поперечного распределения рудных объектов:

- распределение образует два разноамп-

литудных максимума; максимум  $G^* = 6$  (Гайское месторождение) расположен к востоку от ФЛ на расстоянии  $0,37^\circ$ ; меньший максимум  $G^* = 5$  (суммарно Комсомольское и Блявинское месторождения) расположен к западу от ФЛ на расстоянии  $-0,45^\circ$  и в основном объединяет рудные объекты в пределах Сакмарского альтохона; расстояние между максимумами

равно  $0,82^\circ$ ;

– крупные месторождения размещаются вблизи точки уникального Гайского месторождения, на расстоянии до  $0,23^\circ$  от него; в этой же полосе общей шириной  $0,46^\circ$  располагаются все средние месторождения, за исключением одного, а также большинство мелких месторождений и рудопроявлений (рис. 3);

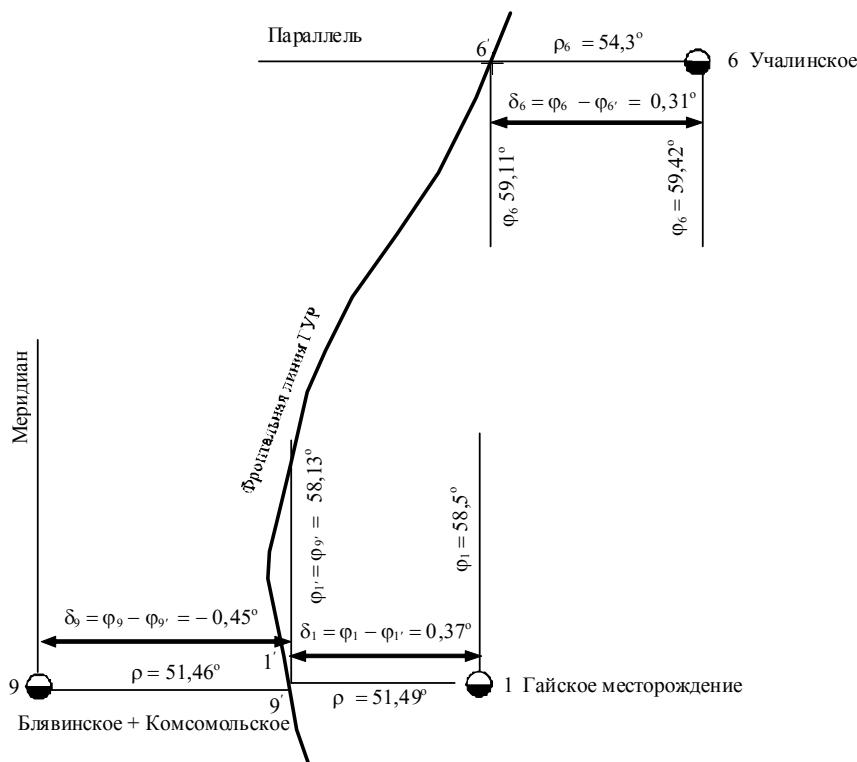


Рис. 2. Схема определения углового удаления от фронтальной линии коллизионной зоны ГУР ( $\delta$ ). Номера месторождений на схеме соответствуют их номерам в табл. 1

– уникальные и крупные месторождения сопровождаются свитой более мелких месторождений и рудопроявлениями.

**Построение геолого-математической модели распределения медноколчеданных месторождений в коллизионной зоне ГУР.** Искомая модель должна удовлетворять следующим требованиям:

– выражаться математической формулой, описывающей зафиксированные ранее особенности пространственного размещения и изменения масштабов колчеданной минерализации;

– быть непрерывной функцией географических координат, заданной на множестве точек, образующих область распространения рудогенерирующего комплекса пород; при

этом географические координаты должны иметь конкретное геологическое содержание; константы, входящие в формулу, должны быть определены на основе геологоразведочных данных;

– обладать прогностическим потенциалом, позволяющим выявлять новые потенциально рудоносные объекты и выбирать среди множества уже известных мелких месторождений и рудопроявлений те, которые заслуживают более детального изучения.

В основу построения математической модели положена выдвинутая автором рабочая гипотеза, согласно которой распределение медноколчеданных месторождений в коллизионной зоне ГУР подчинено рудно-магматическим ритмам, которые могут быть описаны

математически. Право на существование этой гипотезы на качественном уровне частично подтверждается фактографическим материалом, обобщенным на рис. 1, 3.

Если выдвинутая рабочая гипотеза верна, то возможное максимальное значение металлогенического потенциала в  $i$ -й точке коллизионной зоны  $G_i$  должно быть функцией географической широты  $\rho_i$  и углового расстояния

этой точки от ФЛ коллизионной зоны  $\delta_i$ . Геологическое содержание географических координат раскрыто ранее при описании эмпирического распределения медноколчеданных объектов в коллизионной зоне. Запишем исковую функцию в общем виде:

$$G_i = \begin{cases} f(\rho_i; \delta_i) & \text{для } i \in T \\ -\infty & \text{для } i \notin T \end{cases}, \quad (3)$$

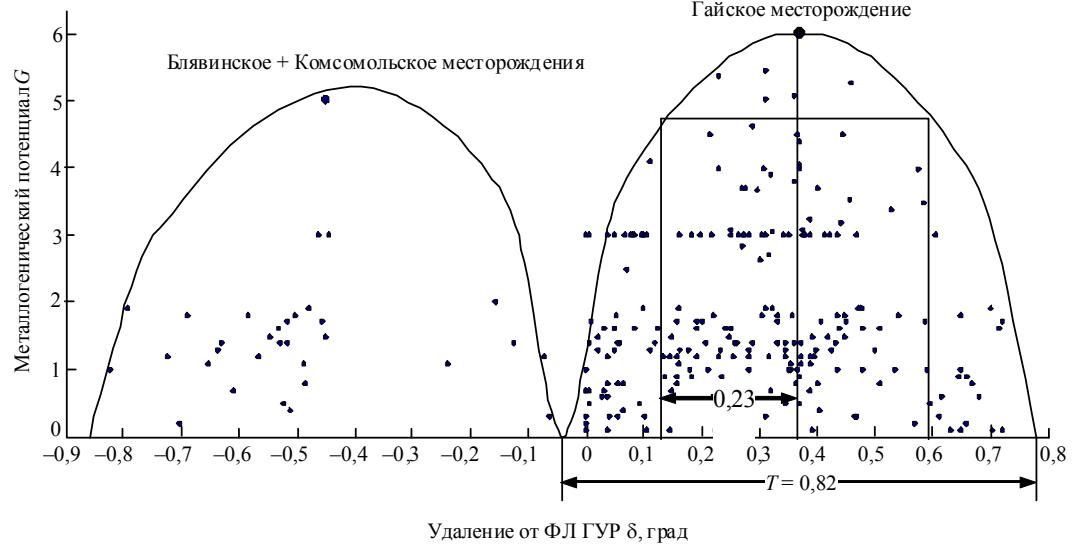


Рис. 3. Распределение медноколчеданных месторождений ирудопроявлений вкрест протяженности коллизионной зоны ГУР:  
 $T$  – период моделирующей функции

где  $T$  – область определения функции, представляющая поле распространения формаций ордовик-девонского океанического вулканогенного комплекса.

Представим (3) в виде произведения двух

функций, одна из которых описывает распределение месторождений по протяженности, а другая – по ширине коллизионной зоны:

$$G_i = Q(\rho_i)R(\delta_i). \quad (4)$$

Таблица I

#### Координаты и металлогенический потенциал уникальных и крупных медноколчеданных месторождений коллизионной зоны ГУР

Месторождение	$\rho_i$	$ \rho_i - \rho_1 $	$\delta_i$	$G_i^*$
Гайское	51,49	0	0,37	6,00
Им. 50-летия Октября	50,47	1,02	0,45	>4,7
Юбилейное	52,13	0,64	0,23	5,35
Подольское	52,05	0,56	0,46	5,24
Сибайское	52,69	1,2	0,52	5,07
Учалинское	54,3	2,81	0,31	5,43
Озерное	54,22	2,73	0,354	5,01
Дегтярское	56,7	5,21	0,311	>4,81
Блявинское и Комсомольское	51,46	0,03	-0,45	5

Найдем выражение для каждой из функций, входящих в (4). В соответствии со свой-

ствами 1–5, сформулированными ранее, выражение для  $Q(\rho)$  может быть представлено

функцией затухающего колебания вида [3]:

$$y = a \exp(-bx) \cos(\omega x + \varphi_0), \quad (5)$$

где  $a$  – максимальная амплитуда колебаний;  $b$  – логарифмический декремент затухания колебаний (константа, определяющая темп затухания колебаний);  $\omega$  – круговая частота колебаний;  $\varphi$  – сдвиг по фазе.

Изменим выражение (5) применительно к нашей задаче. Сначала определим входящие в него константы. Для этого воспользуемся параметрами уникальных и крупных месторождений (табл. 1). Представим переменную  $x$  в выражении (5) в виде:

$$x = |\rho - 51,49|, \quad (6)$$

где 51,49 – географическая широта уникального Гайского месторождения.

В новом виде переменная представляет собой расстояние от уникального Гайского месторождения, измеряемое в градусах по протяженности коллизионной зоны. Подставив в выражение (5) новую переменную (6) и параметры Гайского месторождения ( $y = G^* = 6$ ;  $\rho = 51,49$ ) находим  $a = 6$ . При этом  $\varphi_0 = 0$ .

Для определения константы  $b$  в выражении (5), определяющей темп затуханиярудносности по удалению от Гайского месторождения, воспользуемся координатами удаленных друг от друга на  $2,8^\circ$  по широте и приблизительно равноудаленных от ФЛ месторождений Гайского (51,49; 0,37) и Учалинского (54,3; 0,31).

Чтобы определить возможное максимальное значение металлогенического потенциала в Учалинском рудном узле по отношению к металлогеническому потенциальному Учалинского месторождения, введем поправку на разность его удаления и удаления Гайского месторождения от ФЛ:

$$G_6^0 = G_6^* \exp(\delta_1 - \delta_6) = 5,43 \exp(0,06) = 5,77. \quad (7)$$

С учетом вычисленной поправки искомый параметр  $b$  [3]:

$$b = \frac{\ln(G_1 / G_6^0)}{\rho_6 - \rho_1} = \frac{\ln(6 / 5,77)}{2,81} = 0,014. \quad (8)$$

Для перевода отрицательных значений косинуса в положительную полуплоскость умножим выражение (5) на коэффициент  $(-1)^k$ , где  $k$  – номер максимума металлогенического потенциала, отсчитываемый к северу и к югу от Гайского месторождения при условии, что номер Гайского месторождения равен 0.

Круговая частота в выражении (5) равна:

$$\omega = \pi/T. \quad (9)$$

Значение периода косинусоидальной функции  $T$ , по данным табл. 2, заключено в интервале  $0,56 < T < 0,64$ . Середина этого интервала равна  $T_{\text{ср}} = 0,6$ . Неизвестное значение периода, с наилучшим приближением описывающее действительное распределение уникальных и крупных месторождений по протяженности коллизионной зоны, должно удовлетворять условию:

$$\frac{d}{dT} \sum [(\rho_i - \rho_1)] \sum [(\rho_i - \rho_1) k_i T]^2 = 0. \quad (10)$$

Содержание коэффициента  $k$  определено ранее. С округлением до ближайшего целого числа он равен  $(\rho_i - \rho_1)/T_{\text{ср}}$ .

Продифференцировав выражение (10) и подставив в полученное уравнение значения параметров месторождений из табл. 1, получим  $T = 0,57^\circ$ .

Подставив в (5) значения полученных констант, получим выражение для функции  $Q(\rho)$ . Для того чтобы расширить область возможного нахождения уникальных и крупных месторождений, тригонометрическую часть выражения подведем под квадратный корень. В окончательном виде функция  $Q(\rho)$  будет иметь следующий вид:

$$Q(\rho) \leq 6 \exp(-0,014|\rho - 51,49|) \times \sqrt{(-1)^k \cos\left(\frac{180}{0,57}(\rho - 51,49)\right)}. \quad (11)$$

Знак «меньше или равно» использован в соответствии со свойством (4). График функции (11) нанесен на рис. 1. Можно видеть, что потенциалы уникальных и крупных месторождений, а также большинства средних и мелких месторождений удовлетворительно описы-

ваются выражением (11). Точки на рисунке, соответствующие рудным объектам, расположены под кривой  $Q(\rho)$ .

Подобным образом, используя выражение (5), найдем вид функции  $R(\delta)$ . Произведем замену переменной:

$$x = \delta - 0,37. \quad (12)$$

Новая переменная отражает удаление объектов от Гайского месторождения, измеряемое в градусах по ширине коллизионной зоны.

Логарифмический декремент затухания для поперечного рудного ритма найдем, используя параметры Гайского, Блявинского и Комсомольского месторождений (табл. 1). Сначала определим максимальное значение металлогенического потенциала в точке  $\delta = -0,45$  на широте Гайского месторождения, используя поправку на разность широт:

$$G_9^0 = G_9^* \exp(\rho_l - \rho_9) = 5 \exp(0,03) = 5,15. \quad (13)$$

Далее определяем значение параметра  $b$ :

$$b = \frac{\ln(G_1^* / G_9^*)}{(\delta_l - \delta_9)^2} = \frac{\ln(6 / 5,15)}{0,37 - (-0,45)^2} = 0,227. \quad (14)$$

Период ритма равен алгебраической разности удалений Гайского, Блявинского и Комсомольского месторождений от ФЛ ( $0,82^\circ$ ). Подставив полученные константы в выражение (5) и произведя над ним те же преобразования, что и в случае функции  $Q(\rho)$ , получим вид функции  $R(\delta)$ :

$$R(\delta) = \exp(-0,227(\delta - 0,37)^2) \times \sqrt{(-1)^k \cos\left(\frac{180}{0,82}(\delta - 0,37)\right)}. \quad (15)$$

График функции (14) при  $a = 6$  нанесен на рис. 3. Можно видеть, что точки на рисунке, соответствующие рудным объектам, в абсолютном своем большинстве расположены под кривой  $R(\delta)$ .

Подставив (11) и (14) в (4), получим выражение математической модели, описывающей распределение медноколчеданных мес-

торождений в коллизионной зоне ГУР:

$$\begin{aligned} G &\leq 6 \exp(-0,014|\rho - 51,49|) \times \\ &\times \sqrt{(-1)^k \cos\left(\frac{180}{0,57}(\rho - 51,49)\right)} \times \\ &\times \exp(-0,227(\delta - 0,37)^2) \times \\ &\times \sqrt{(-1)^k \cos\left(\frac{180}{0,82}(\delta - 0,37)\right)} \end{aligned} \quad (16)$$

для  $48^\circ \leq \rho \leq 64^\circ;$   
 $0,86 \leq \delta \leq 0,78.$

Адекватность полученной модели эмпирическим данным проверим на известных месторождениях, металлогенический потенциал которых оценен геологоразведочными работами (табл. 2). Из 31 разведенного месторождения (в табл. 2) 10 относятся к уникальным и крупным, 10 – к средним и 11 – к мелким. Для ряда средних и мелких месторождений, запасы которых автору неизвестны, в табл. 2 приведены границы класса крупности, к которому принадлежит то или иное месторождение. Математическая модель считается справедливой в отношении  $i$ -го месторождения, если разность его рассчитанного потенциала и потенциала, оцененного геологоразведочными работами, удовлетворяет следующему условию:

$$G_i^0 - G_i^* \geq 0. \quad (17)$$

Для  $j$ -го месторождения, потенциал которого задан границами интервала класса крупности  $(a_j - b_j)$ , математическая модель считается справедливой, если рассчитанное значение потенциала превышает нижнюю границу этого интервала:

$$G_i^0 > a_i. \quad (18)$$

Анализ табл. 3 с использованием выше сформулированных критерiev показывает:

- рассчитанные металлогенические потенциалы всех уникальных и крупных месторождений удовлетворяют критериям (13) и (14). Следовательно, погрешность модели по отношению к данному классу месторождений близка к нулю;

- из 10 средних месторождений рассчитанный металлогенический потенциал одного

месторождения (Ломовского) не удовлетворяет критерию (13); погрешность модели по отношению к данному классу месторождений равна 10 %;

– из 11 мелких месторождений рассчи-

танные потенциалы четырех месторождений (Чусовского, Новоежовского, Северо-Ольховского и Валенторского) не удовлетворяют критерию (16). Погрешность модели по отношению к данному классу месторождений равна 36,4 %.

Таблица 2

**Рассчитанные  $G$  и оцененные геологоразведочными работами  $G^*$  металлогенические потенциалы медноколчеданных месторождений**

Класс	Месторождение	$\rho$	$\delta$	$G_i^0$	$G^*$
Уникальные и крупные	Им. 50-летия Октября	550,47	0,45	55,1	4,7–5,7
	Приорское	550,51	0,37	44,72	4,7–5,7
	Гайское	551,49	0,37	6,00	6,00
	Блявинское и Комсомольское	551,46	-0,45	5,15	5,00
	Подольское	552,05	0,46	55,72	5,25
	Юбилейное	552,13	0,23	55,34	5,35
	Сибайское	552,69	0,52	55,16	5,07
	Озерное	554,22	0,36	55,13	5,04
	Учалинское	554,3	0,32	55,76	5,43
Средние	Дегтярское	556,7	0,31	55,24	>4,8
	Бурибаевское	551,95	0,22	44,92	3,7–4,7
	Октябрьское	552,01	0,37	55,84	4,40
	Вишневское	552,23	0,42	44,58	3,89
	Камаганское	552,73	0,58	44,44	3,97
	Карабашское	555,48	0,11	44,24	3,7–4,7
Мелкие	Ломовское	557,46	0,23	33,48	3,78
Класс	Месторождение	$\rho$	$\delta$	$G_i^0$	$G^*$
Левихинское	57,59	0,31	4,18	>3,65	
Им. III Интернационала	57,95	0,36	3,87	>3,77	
Шемурское	60,62	0,29	5,12	4,60	
Тарнъерское	60,78	0,32	4,05	4,04	
Майское	52,29	0,32	3,22	3,04	
Бакр-Tay	52,41	0,27	3,39	2,83	
Таш-Tay	52,44	0,3	4,03	2,63	
Восточно-Семеновское	52,48	0,39	4,86	3,23	
Уваряк	52,49	0,25	4,77	3,07	
Чусовское	56,35	0,31	2,43	2,70	
Новоежовское	57,54	0,30	3,2	3,67	
Хабунинское	57,62	0,44	3,26	3,17	
Северо-Ольховское	57,98	0,53	3,02	3,37	
Кабанскоe	58,45	0,38	4,83	3,07	
Валенгорское	59,83	0,45	3,30	3,53	

Результаты проведенного анализа показывают, что разработанная математическая модель соответствует ранее сформулированным требованиям.

Для построения прогнозной карты по формуле (15) рассчитаем значение потенциала для сети точек в области задания этой функции (3). Шаг сети определим в  $0,1 T$ , по широте это составит  $0,057^\circ$ , по долготе –  $-0,082^\circ$ .

Рудные узлы отождествляем с аномалиями металлогенического потенциала, выделен-

ными по изолинии  $G = 3,7$ , ограничивающей область вероятного нахождения средних месторождений. Внутри рудных узлов проведем эквипотенциальные линии 4,7 и 5,7, соответствующие границам областей вероятного нахождения крупных и уникальных месторождений. Построенная по приведенному ранее алгоритму прогнозная карта показана на рис. 4.

По отношению рудных узлов с безрудными геологическими образованиями выделяются следующие виды геологических обста-

новок:

1. Рудные узлы, располагающиеся полностью в пределах рудогенерирующего вулканогенного комплекса;
2. Рудные узлы, в разной степени срезан-

ные тектоническими разломами, по которым породы рудоносных толщ контактируют с безрудными комплексами;

3. Рудные узлы, в разной степени уничтоженные интрузивными массивами.

Таблица 3

**Металлогенические параметры рудных узлов и рассматриваемого сегмента коллизионной зоны в целом**

Индекс рудного узла на карте	Название рудного узла	$G^*$	$r$	$G_0$	$G_s$	$G_t$	$G_q$	$G_p$
OS6		3,4	1	5,72	5,72	5,72	5,54	5,54
OS5		3,4	0,88	5,76	5,76	5,70	5,52	5,52
OS4		3,4	0,3	5,81	5,79	5,27	5,09	5,08
OS3		4,0	0,31	5,86	5,84	5,35	5,17	5,14
OS2	Приорский	5,25	0,57	5,90	5,9	5,66	5,48	5,09
OS1		—	0,82	5,95	4,7	3,8	3,62	3,62
WS1		—	0,02	5,11	4,0	2,3	2,12	2,12
O0	Гайский	6,0	0,83	6,00	6,0	6	6	—
W0	Блявинский	5,0	1	5,15	5,15	5,15	4,97	—
ON1	Юбилейный	5,65	1	5,95	5,95	5,95	5,77	5,15
ON2	Сибайский	5,22	1	5,90	5,9	5,9	5,72	5,55
ON3		3,7	0,84	5,86	5,86	5,78	5,6	5,59
ON4		3,4	0,56	5,81	5,7	5,45	5,27	5,26
ON5	Учалинский	5,58	1	5,76	5,76	5,76	5,58	0,00
ON6		3,4	0,6	5,72	5,72	5,5	5,32	5,31
ON7	Карабашский	4,4	0,03	5,67	5,51	4,62	4,44	3,38
ON8	Чусовской	3,74	0,32	5,63	5,56	5,07	4,89	4,89
ON9	Дегтярский	5,26	0,32	5,58	5,58	5,26	5,26	—
ON10	Калатинский	4,48	0,62	5,54	5,54	5,33	5,15	5,05
ON11	Левихинский	4,66	0,63	5,49	5,49	5,29	5,11	4,92
ON12		3,7	0,84	5,45	5,45	5,37	5,19	5,18
ON13		—	0,73	5,41	5,41	5,27	5,09	5,09
ON14		—	0,42	5,36	5,33	4,95	4,77	4,77
ON15	Валенторский	3,53	0,74	5,32	5,32	5,19	5,01	5,00
ON16	Шемурский	4,71	0,87	5,28	5,28	5,22	5,04	4,77
ON17		—	0,6	5,24	5,24	5,02	4,84	4,84
ON18		—	0,07	5,20	5,2	4,05	3,87	3,87
ON19		—	0,32	5,15	5,15	4,66	4,48	4,48
ON20		—	0,33	5,11	5,11	4,63	4,45	4,45
ON21		—	0,04	5,07	5,04	3,64	3,46	3,46

По рассматриваемому сегменту коллизионной зоны в целом:

$R^0$ (на момент времени 0)	7,13	13,55 млрд т
$R'$ (на данный момент времени)	6,92	8,29 млрд т
$R^d = R^0 - R'$ (уничтожено в процессе коллизии и эрозии)	6,72	5,26 млрд т
$R^q$ (сконцентрированная часть)	6,77	5,88 млрд т
$R^*$ (реализовано в запасы)	6,42	2,64 млрд т
$R^p$ (прогнозные ресурсы)	6,51	3,24 млрд т
В том числе $R^p$ в пределах РФ Казахстана	—	2,31 млрд т
	—	0,93 млрд т

**Оценка металлогенического потенциала рудных узлов.** Выскажем предположение, что суммарный металлогенический потенциал рудного узла  $G_{\Sigma}$  с точностью до порядка равен его максимальному значению в эпицентре аномалии металлогенического потенциала  $G_0$ . Суммарный металлогенический потен-

циал заданного сегмента коллизионной зоны на момент времени 0 завершения гидротермальной деятельности  $R_0$  будет равен сумме потенциалов в эпицентральных точках всех выделенных рудных узлов:

$$R_0 = \log \sum 10^{G_0}. \quad (18)$$

Последовавшая за этим коллизия тектонических плит привела к тектоническому скучиванию и частичной эрозии рудовмещающе-

го комплекса. В результате часть начального потенциала была уничтожена. На современном эрозионном срезе большинство рудных

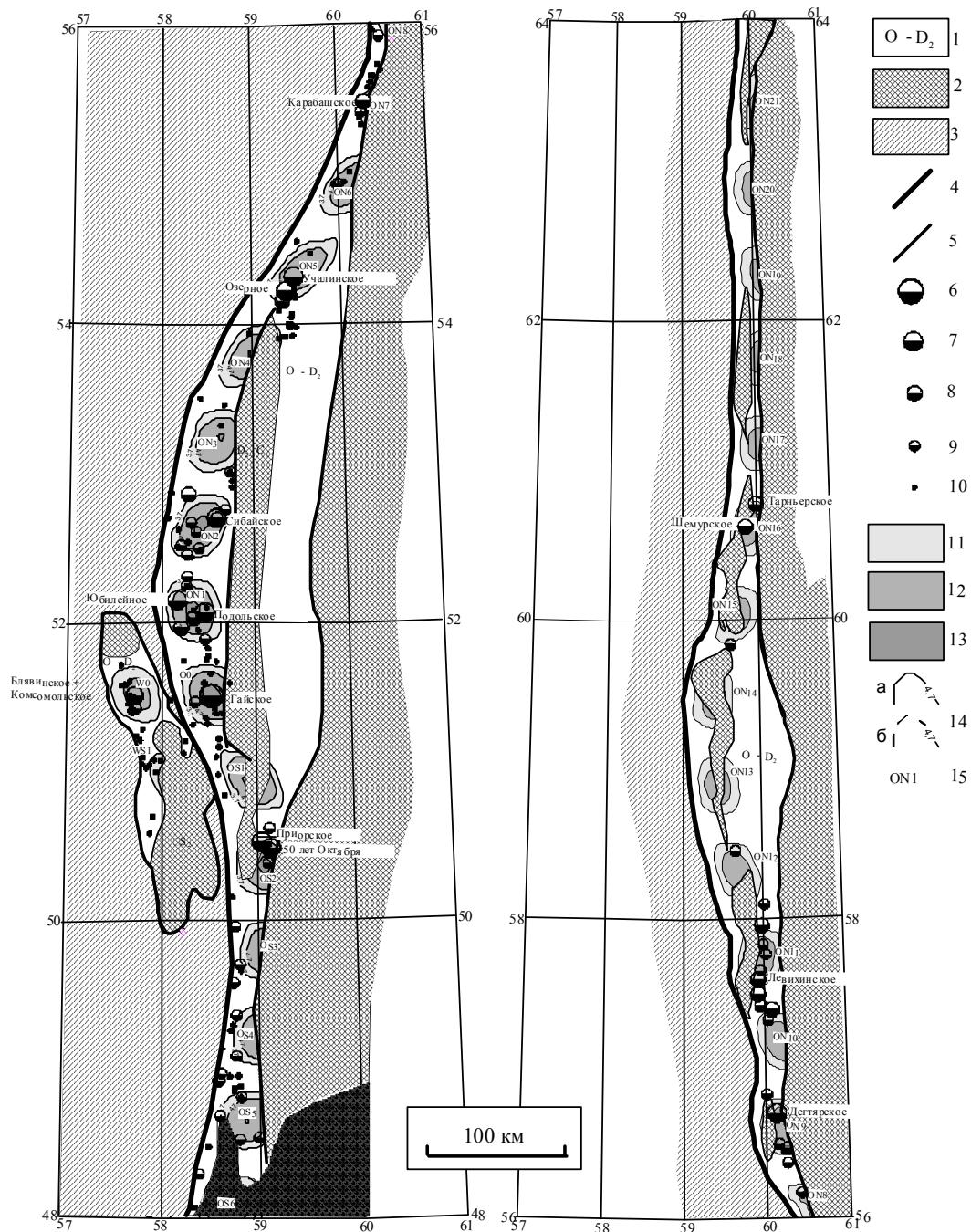


Рис. 4. Карта прогноза медноколчеданных рудных узлов в коллизионной зоне ГУР:

1 – океаническийrudогенерирующий вулканогенный комплекс ордовика-среднего девона; 2 – безрудные формации, сформировавшиеся на океанической коре и коре переходного типа; 3 – геологические формации континентальной окраины Восточно-Европейской плиты; 4 – фронтальная линия коллизионной зоны ГУР; 5 – разломы; 6–10 – медноколчеданные месторождения: 6 – уникальные, 7 – крупные, 8 – средние, 9 – мелкие, 10 – рудопроявления; 11–13 – части аномалий металлогенического потенциала (рудных узлов), перспективные для поиска месторождений: 11 – средних; 12 – крупных, 13 – уникальных; 14 – эквипотенциальные линии вrudогенерирующем комплексе: а – выходящем на дневную поверхность, б – перекрытым надрудными образованиями; 15 – индексы рудных узлов

узлов реализованы в ранее названных геологических обстановках 2 и 3. Для данных уз-

лов введем понятие квазиэпицентра в точке с максимальным значением расчетного потен-

циала  $G_s$ . К величине потенциала  $G_s$  введем поправку на сохранность рудных узлов  $r$ , равную отношению площадей рудного узла на данный момент времени с учетом геологической обстановки и на момент времени 0. Тогда металлогенический потенциал рудного узла на данный момент времени  $G_t$  будет равен

$$G_t = \log(r \cdot 10^{G_s}) = G_s + \log r. \quad (19)$$

Суммарный металлогенический потенциал заданного сегмента коллизионной зоны на данный момент  $R_t$  будет равен

$$R_t = \log \sum 10^{G_i}. \quad (20)$$

Часть начального суммарного потенциала рассматриваемого сегмента коллизионной зоны, уничтоженного в процессе коллизии, поздних магматических процессов и эрозии  $R^d$ ,

$$R^d = \log(10^{R^0} - 10^{R_t}). \quad (21)$$

Далее произведем оценку части потенциала  $G_p$ , которая может концентрироваться в виде промышленно значимых залежей  $G_q$ . Для этого введем понятие коэффициента концентрации  $q$ . Величину коэффициента  $q$  вычислим на примере достаточно изученного Учалинского узла, приняв допущение, что все крупные месторождения в этом узле выявлены. Из табл. 3 следует

$$q = \sum 10^{G_i^*} / 10^{G_0} = 10^{(5,58-5,76)} = 0,66.$$

Тогда

$$G_q = \log(q \cdot 10^{G_t}) = G_t + \log 0,66. \quad (22)$$

Суммарная, нереализованная в промышленные запасы часть сконцентрированного металлогенического потенциала рудного узла, которая может быть интерпретирована как прогнозные ресурсы  $G_p$ ,

$$G_p = \log(10^{G_q} - \sum 10^{G_i^*}). \quad (23)$$

Соответственно сконцентрированный металлогенический потенциал рассматриваемого сегмента коллизионной зоны в целом  $R^q$  и его часть, принимаемая в качестве прогнозных ресурсов,  $R^p$

$$R^q = \log \sum 10^{G_q}, \quad (24)$$

$$R^p = \log \sum 10^{G_p}, \quad (25)$$

Металлогенические параметры рудных узлов и рассматриваемого сегмента коллизионной зоны в целом, рассчитанные по формулам (15)–(22), сведены в табл. 3.

Суммарный металлогенический потенциал заданного сегмента коллизионной зоны  $R^0$  на момент времени 0 равен 7,13, что составляет 13,55 млрд т руды. Сконцентрированный потенциал  $R^q$ , уже частью реализованный в запасы  $R^*$ , равен 6,77, или 5,88 млрд т руды. Разность этих величин, составляющая 7,67 млрд т, частично уничтожена тектономагматическими процессами и эрозией (5,26 млрд т), частично рассеяна в рудовмещающей толще (2,41 млрд т). Нереализованная в запасы часть сконцентрированного потенциала  $R^p$ , которая может рассматриваться как прогнозные ресурсы категории  $P_3$ , равна 3,24 млрд т, что на 22,7 % превышает накопленные запасы за все время геологического изучения рассматриваемого сегмента коллизионной зоны.

На выделенных рудных узлах рекомендуется проведение крупномасштабных прогнозно-металлогенических исследований на геологической основе масштаба 1 : 200 000–1 : 50 000. Основной задачей этих исследований должны стать выделение рудогенерирующих вулканогенных формаций субаквальной стадии развития энсиматических островных дуг и реконструкция локальных палеовулканических структур или их сохранившихся фрагментов, в пределах которых с наибольшей вероятностью получения положительного результата могли быть локализованы поисковые работы. В рамках прогнозно-металлогенических работ следует ревизовать рудопроявления и мелкие месторождения в пределах рудных узлов, оконтуренных эквипотенциальной линией  $G = 3,7$ .

Технология построения геолого-математических моделей, подобная описанной ранее, успешно применена автором при прогнозной оценке Южного и Среднего Урала на особо чистый кварц [4]. Поисково-оценочными работами, проведенными на потенциально перспективных площадях, выделенных с помощью подобной модели, выявлены объекты с про-

мышленными запасами особо чистого кварца [5].

Представляет практический интерес использование предложенной технологии геолого-математического моделирования для ана-

лиза пространственного размещения и прогноза месторождений скарново-железорудной формации в Валерьяновском вулканическом поясе, перекрытом чехлом мезозойско-кайнозийских отложений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комплексная металлогеническая карта Урала / гл. ред. А. В. Пуркин. Свердловск, 1975.
2. Медноколчадные месторождения Урала. Условия формирования / В. А. Прокин [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 1992.
3. Бронштейн И. Н., Семенджев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. ФМ, 1964. С. 95-96.
4. Страшненко Г. И., Собянин В. А. Прогнозная оценка Южного и Среднего Урала на особо чистый кварц. М.: Росгеолфонд, 1982.
5. Страшненко Г. И., Васильев В. Ф. Поиски и оценка объектов с особо чистым кварцевым сырьем в обрамлении Уфалейского и Верх-Исетского метаморфических комплексов Урала с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.08 г. М.: Росгеолфонд, 2008.

Поступила в редакцию 11 апреля 2013 г.

**Страшненко Григорий Иванович** – кандидат геолого-минералогических наук, Уральский государственный горный университет. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

УДК 622.236:622.001.12

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕРАЗБОРНЫХ И РАЗБОРНЫХ БУРОВЫХ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Н. В. Грибенников, Г. А. Боярских, И. Г. Боярских

Разработаны вероятностные модели предельного состояния неразборных серийных и разборных опытных трехшарошечных буровых долот, позволяющие реализовать предупредить или сократить в первой конструкции преждевременные отказы конструктивных элементов, во второй создать равнопрочную и равнозносную конструкцию долот с гарантированным ресурсом.

*Ключевые слова:* вероятностная модель; буровое долото; конструкция; преждевременный отказ; предельное состояние; критичность отказа и предельного состояния.

Специфика работы буровых шарошечных долот серийного производства заключена в том, что конструктивные элементы этих долот не подлежат восстановлению (замене), следовательно, квадиметрическая оценка их безотказности и долговечности является недостаточно информативной и эффективной, так как из-за неразборности серийных долот реальную долговечность можно установить только за счет многочисленных испытаний, требующих значительных материальных затрат.

Буровое трехшарошечное долото является сложной технической системой, состоящей из отдельных функциональных блоков, и оно может быть представлено как комплекс, состоящий из элементов деталей, связанных последовательными или параллельными соединениями. Отказ одного из блоков, входящих в комплекс, влечет за собой мгновенное возникновение отказа всего долота в целом, такое соединение элементов носит название последовательного. Параллельное соединение характеризуется параметрическим отказом долота при отказе какого-либо отдельного элемента.

В таких сложных технических системах отдельные элементы или блоки имеют друг с другом комплексные соединения: параллельные и последовательные. Чтобы создать блок-

схему для расчета вероятности безотказной работы бурового долота, необходимо на первом этапе расчленить объект (долото) на детали или элементы или, точнее, реализовать принцип декомпозиции. Фернет Бэкон еще в XVI в. Заметил, что если мы хотим изучить предмет, необходимо разделить его на отдельные составные части.

Надежность невосстанавливаемого и неремонтируемого серийного секционного шарошечного долота можно оценивать следующими показателями: вероятностью безотказной работы  $P(t)$ ; частотой отказов  $d(t)$ ; интенсивностью отказов  $\lambda(t)$ ; средней наработкой до отказа  $T_{\text{ср}}$ .

Вероятность безотказной работы  $P(t)$  – коэффициент надежности – представляет собой вероятность того, что в заданном интервале времени  $t = T$  (или в пределах заданной наработки), при конкретных рассматриваемых условиях бурения отказ бурового шарошечного долота не наступит.

В этом случае показатель  $P(t)$  находится в пределах  $0 \leq P(t) \leq 1$ . Полная группа вероятностей событий складывается из вероятности безотказной работы  $P(t)$  и вероятности отказа  $F(t)$ , представляющей собой вероятность того, что в заданных условиях эксплуатации в течение заданного промежутка времени произойдет хотя бы один

отказ долота или фактическое время исправного состояния долота окажется меньше нормативного:

$$P(t) + F(t) = 1.$$

В практике нормирования надежности принята вероятность безотказной работы в пределах 0,9...0,95. Однако несовершенство конструкции опоры бурового секционного шарошечного долота и работа подшипников без смазки в абразивной среде значительно снижают этот показатель.

Реализуя принцип декомпозиции, отметим, что безотказность вооружения и опор как подсистем связана с показателями надежности составных элементов и что опоры нескольких шарошек представляют собой параллельно соединенные блоки, а вооружение шарошек - последовательно соединенные блоки.

Опора со схемой *ролик-шарик-ролик* (РШР) представляет собой два периферийных подшипника (большой и малый), которые призваны воспринимать радиальную нагрузку на опору. При достижении предельного износа одного из радиальных подшипников (упорного) отказ всей опоры не наступает, однако при этом происходит увеличение нагрузки на второй подшипник блока, что ускоряет процесс его изнашивания и способствует возникновению предотказного состояния опоры в целом.

Таким образом, радиальные и упорные подшипники представляют собой блоки, связанные между собой последовательно, однако подшипники внутри каждого блока имеют параллельное соединение, означающее возможность параметрического отказа.

Вооружение шарошек с позиции надежности рассматривается как функционально резервированная система, так как отказ отдельных зубьев на венцах не только не повлечет за собой возникновение отказа в долоте, но и незначительно отразится на функциональных свойствах долота, так как зубья соседних венцов, расположенных на других шарошках, возьмут на себя часть функций отказавшего зуба.

Следовательно, зубья одноименных венцов на различных шарошках связаны в параллельное соединение, а блоки одноименных венцов на шарошках – в последовательное соединение.

На основе этих предпосылок в работе

[1] составлена блок-схема вероятности безотказной работы для трехшарошечного долота с фрезерованными зубьями шарошек (рис. 1).

При условии, что долговечность вооружения и опорных узлов будут равны между собой, вероятность безотказности работы долота будет иметь вид:

$$\begin{aligned} P_d(t) = & \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{6,n}^I(t) \right] \left( 1 - P_{m,n}^I(t) \right) \right\} \\ & \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{3,n}^I(t) \right] \left[ 1 - P_{y,n}^I(t) \right] \right\} \\ & \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{6,n}^{II}(t) \right] \left( 1 - P_{m,n}^{II}(t) \right) \right\} \times \\ & \times \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{3,n}^{II}(t) \right] \left[ 1 - P_{y,n}^{II}(t) \right] \right\} \\ & \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{6,n}^{III}(t) \right] \left( 1 - P_{m,n}^{III}(t) \right) \right\} \\ & \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{3,n}^{III}(t) \right] \left[ 1 - P_{y,n}^{III}(t) \right] \right\} \times \\ & \times P_{B1}^I(t) \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{B2}^I(t) \right] \left[ 1 - P_{B2}^{II}(t) \right] \left( 1 - P_{B2}^{III}(t) \right) \right\} \times \\ & \times \left\{ 1 - \left[ 1 - P_{B3}^I(t) \right] \left[ 1 - P_{B2}^{II}(t) \right] \left[ 1 - P_{B2}^{III}(t) \right] \right\} \\ & \left[ \left[ 1 - P_{6,n}^I(t) \right] \left[ 1 - P_{6,n}^{II}(t) \right] \left[ 1 - P_{6,n}^{III}(t) \right] \right], \quad (1) \end{aligned}$$

где  $P_d(t)$ ,  $P_{6,n}(t)$ ,  $P_{m,n}(t)$ ,  $P_{3,n}(t)$ ,  $P_{y,n}(t)$  – соответственно вероятности безотказной работы долота, большого, малого, замкового, упорного подшипников I, II, III секций;  $P_{B1}$ ,  $P_{B2}$ ,  $P_{B3}$  – вооружения первого венца соответственно первой, второй, третьей шарошек.

Когда отказ долота связан с отказом опорных узлов, т. е.  $T_{оп} \leq T_{в}$ , выражение (1) принимает следующий вид (без дальнейших преобразований):

$$P_d = P_{оп}(t) = P_{оп}^I(t)P_{оп}^{II}(t)P_{оп}^{III}(t).$$

Если же выход долота из строя обусловлен отказом вооружения ( $T_{оп} \leq T_{в}$ ), то

$$P_d = P_{в}(t). \quad (2)$$

В связи с тем, что зубья различных венцов вооружения при условии обеспечения рациональной характеристики вооружения должны изнашиваться в одинаковой степени, т. е. обладать одинаковой надежностью, выражение (2) преобразуется так:

$$P_d(t) = P_{в}(t) \left[ 1 - \left( 1 - P_{в}(t) \right)^i \right]^m,$$

где  $i$  – число шарошек у долота;  $m$  – число венцов на шарошках, выделенных в автономные блоки.

Приведенные преобразования свидетельствуют о том, что на основании информации о

безотказности отдельных элементов шарошечных долот, получаемой в результате натурных испытаний и промысловой наработки, появляется возможность оценить вероятность безотказности долота, что вносит существенный

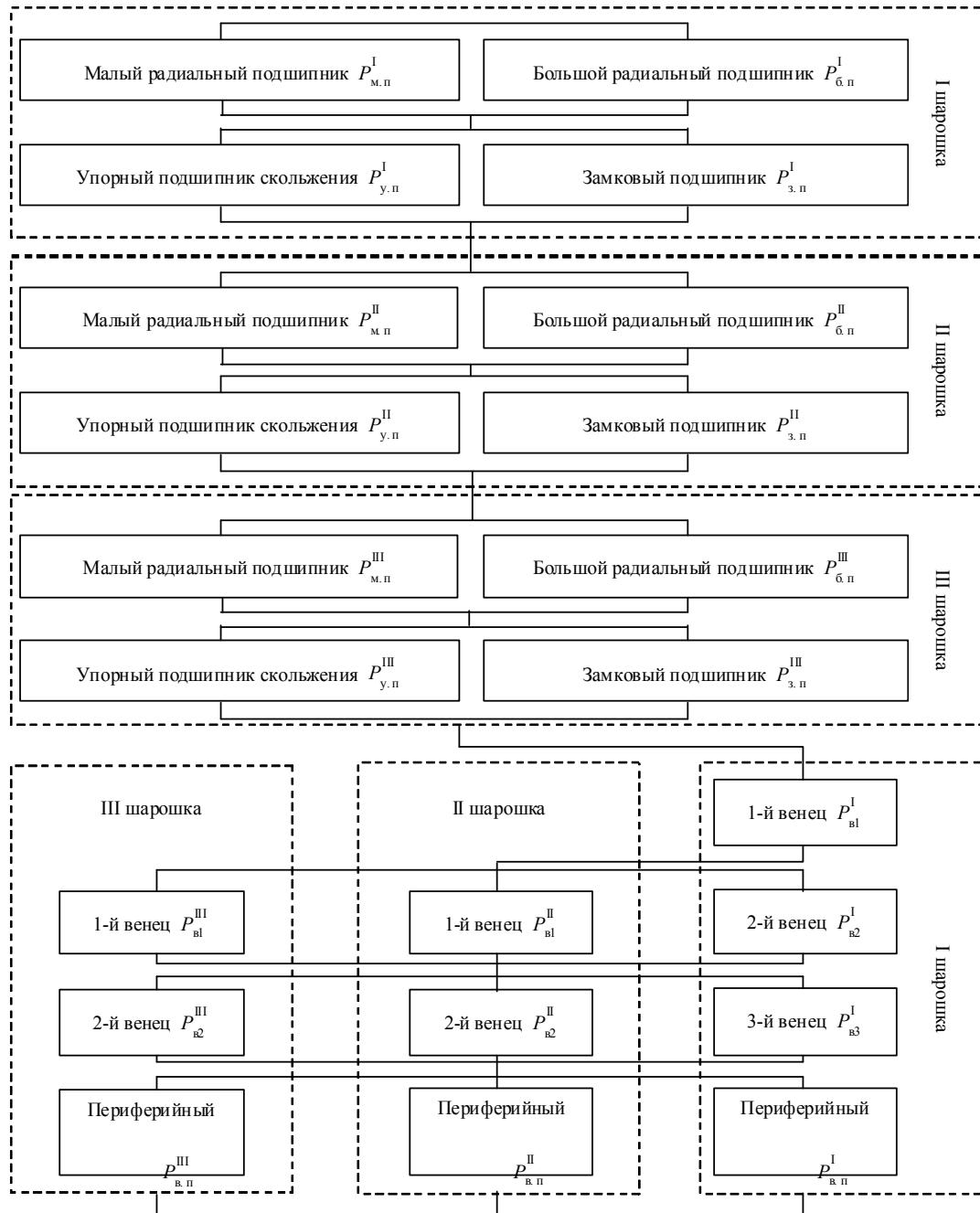


Рис. 1. Блок-схема вероятности безотказной работы трехшарошечного долота [1]

вклад в формирование представления о надежности долота. Исследованиями С. А. Посташа установлено, что факт наступления отказа долот одной партии, эксплуатирующихся практически в идентичных условиях, не сопровож-

дается абсолютно одинаковыми по величине значениями износа элементов трибосопряжений.

Примерно так же можно оценить характеристики изнашивания вооружения. Величина износа отдельных венцов (и зубьев) сущес-

ственно отличается от долота к долоту.

В представленной блок-схеме расчет вероятности безотказной работы трехшарошечного (секционного) долота начинается с шарошки в общем виде. При этом перечень рассматриваемых деталей ограничен внутренним содержанием шарошки и ее зубьев (вооружения).

В блок-схеме не показаны конкретные критерии допустимого износа  $P_{\text{м.п}}$ ,  $P_{\text{б.п}}$ ,  $P_{\text{у.п}}$ ,  $P_{\text{з.п}}$ ,  $P_{\text{ш}}$ , где  $P_{\text{м.п}}$  – критерии малого подшипника;  $P_{\text{б.п}}$  – большого подшипника;  $P_{\text{у.п}}$  – упорного подшипника;  $P_{\text{з.п}}$  – замкового подшипника;  $P_{\text{ш}}$  – шарошки.

Из практики бурения долотами диаметром 214 мм (2К-214 СГ) износ трибосопряжений не одинаков: для одних долот отказ в соединении больших роликов наступает при износе 4...6 мм, для других – 1...2 мм, вместе с тем отмечены случаи, когда отказ этого соединения не достигал 0,5 мм [1].

Примерно такая же картина рассеяния величин износа наблюдается при работе вооружения. Величины износа отдельных венцов (долота или зубьев) значительно отличаются для разных долот одной партии изготовления. Катастрофическое изнашивание, например долота ГК-214СГ, наступает при достижении суммарного радиального люфта в подшипниках от износа беговых дорожек цапф и тел качения 1,5 мм и беговых дорожек шарошек – 0,5 мм, т. е. суммарный радиальный люфт подшипника – 2 мм. Именно этот люфт обуславливает возникновение разворотов роликов в большом роликовом подшипнике. Следовательно, суммарный износ 2 мм может быть критерием в качестве предельно допустимого.

Известно, что для негерметизированной опоры режим изнашивания цапфы роликового подшипника ограничен 100 тыс. оборотов при установленном режиме изнашивания, а к концу третьего периода катастрофического изнашивания (150 тыс. оборотов) начинается интенсивное выкрашивание.

Анализ статистических данных свидетельствует о том, что в подавляющем большинстве случаев именно отказ опоры приводит к отказу долота в целом, т. е. критичным узлом серийного долота следует считать подшипниковую опору, определяющую его безот-

казность:

$$P_{\text{д}}(t) = P_{\text{оп}}(t),$$

где  $P_{\text{д}}(t)$  – вероятность безотказной работы долота;  $P_{\text{оп}}(t)$  – вероятность отказа опоры.

Отказ вооружения также является причиной отказа долота  $P_{\text{д}}(t) = P_{\text{в}}(t)$ . Отказ вооружения носит характер параметрического, он не носит мгновенного характера и отражается на функционировании долота - в ухудшении его рабочих характеристик. Таким образом, сочетание блоков опорного узла и вооружения имеет последовательное соединение  $P_{\text{д}}(t) = P_{\text{оп}}(t) P_{\text{в}}(t)$ .

Из этого следует, что при создании буровых долот необходимо, чтобы элементы или блоки, входящие в состав комплекса, обладали равной долговечностью. Однако в указанных работах не определены условия и способы обеспечения равнопрочности блоков (подшипниковых опор при различии их конструкции).

Рассмотренная блок-схема вероятности безотказной работы трехшарошечных долот применима для серийных неразборных, неремонтопригодных долот. В основе всех расчетов времени безотказной работы долота должна лежать допустимая величина износа отдельных элементов долота, при достижении которой наступит катастрофическое изнашивание. Для этого необходимо провести анализ критичности и модели отказов конструктивных элементов долота.

Статистические данные показывают, что наиболее критичными элементами в серийных долотах являются большие подшипники шарошек, и среди них – подшипники первой шарошки. В целом наименее надежны подшипники первой шарошки, наиболее – третьей. Большие роликовые подшипники эксплуатируются в более тяжелых условиях, чем малые роликовые и замковые подшипники. Вероятность безотказной работы больших роликовых подшипников в целом ниже, чем у замковых [1].

На рис. 2 показаны типичные разрушения деталей опоры долота, когда вооружение изношено всего на 30 %. С 1960 до 1980 г. наблюдался бум в подаче заявок на изобретение по замене шарикового подшипника на другие конструкции замковых устройств в виде

различных по геометрической форме подшипников скольжения [2].

Некоторые из подшипников скольжения представлены на рис. 3–10. Прошло время, а предложенные виды опор и заменители зам-

кового шарикоподшипника остались нереализованными.

В разборных долотах конструкции Н. В. Грибенникова [3, 4] можно на любой стадии испытаний или эксплуатации провести дефек-

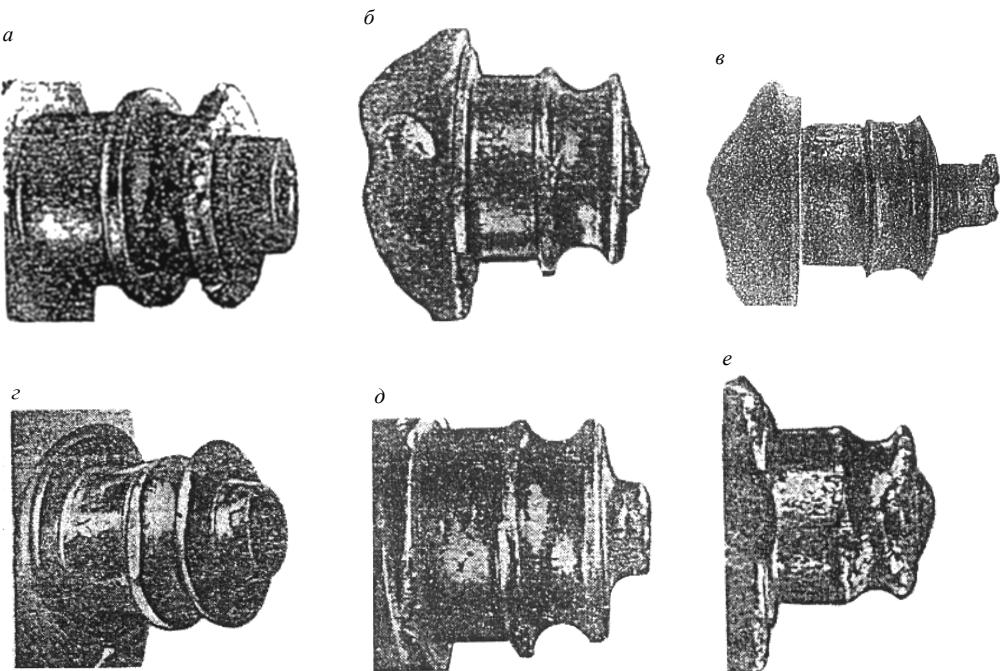


Рис. 2. Наиболее типичные разрушения деталей опоры долота:  
а – выкрашивание бурта цапфы; б – разрушение малой шариковой дорожки цапфы долота 1В-145Т; в – износ опоры со смятием и сколом; г – износ поверхности подшипника скольжения путем «схватывания»; д – осповидное выкрашивание на цапфе; е – пластическое деформирование цапфы

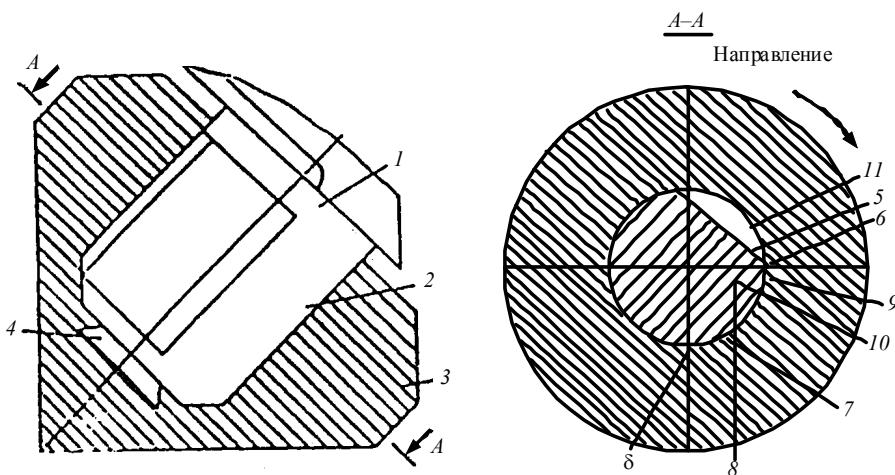


Рис. 3. Конструкция опоры шарошечного долота (А. с. 1484899 А1 от 07.06.89):

1 – цапфа; 2 – опорная поверхность; 3 – шарошка; 4 – замковый узел; 5 – выемка на ненагруженной части опорной поверхности 2; 6 – кромка; 7 – граница нагруженной части цапфы; 8 – упругий элемент; 9 – пластина; 10 – паз; 11 – плотность

тацию любого элемента как внутренних деталей, так и наружных.

Выделив несколько наиболее нагружен-

ных деталей, по которым в перспективе или по ходу испытаний можно будет проследить влияние факторов на степень износа или нача-

ла разрушения, мы получим последовательную цепь выхода из строя обозначенных деталей.

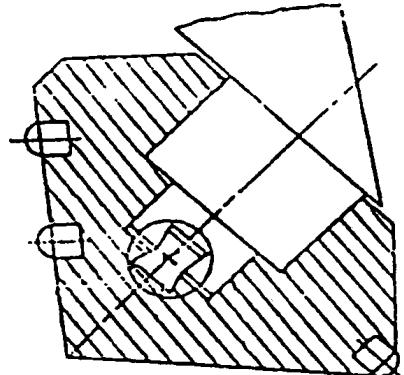


Рис. 4. Конструкция опоры шарошечного долота (А. с. 1539305 А1 от 30.01.90)

Так, для наружного наблюдения критичными элементами могут быть замковая резьба

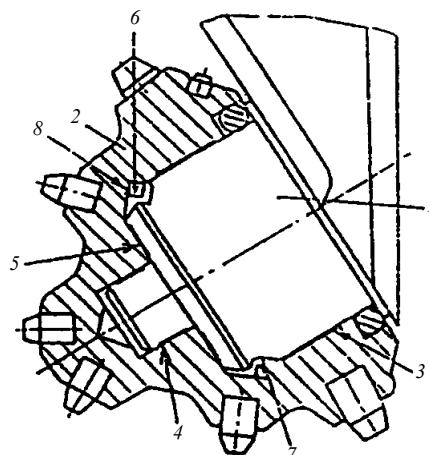


Рис. 5. Конструкция опоры шарошечного долота (А. с. 1509504 А1 от 23.09.89):  
1 – цапфа; 2 – шарошка; 3, 4 – подшипники скольжения радиальные; 4, 5 – упорные подшипники скольжения; 6 – стопорное кольцо (замковый узел); 7, 8 – посадочные канавки

ба, венцы зубьев шарошек, а также места крепления устройства фиксации. Обозначим

эти детали буквами: A – замковая резьба; B – венцы зубьев шарошек; C – винты крепления

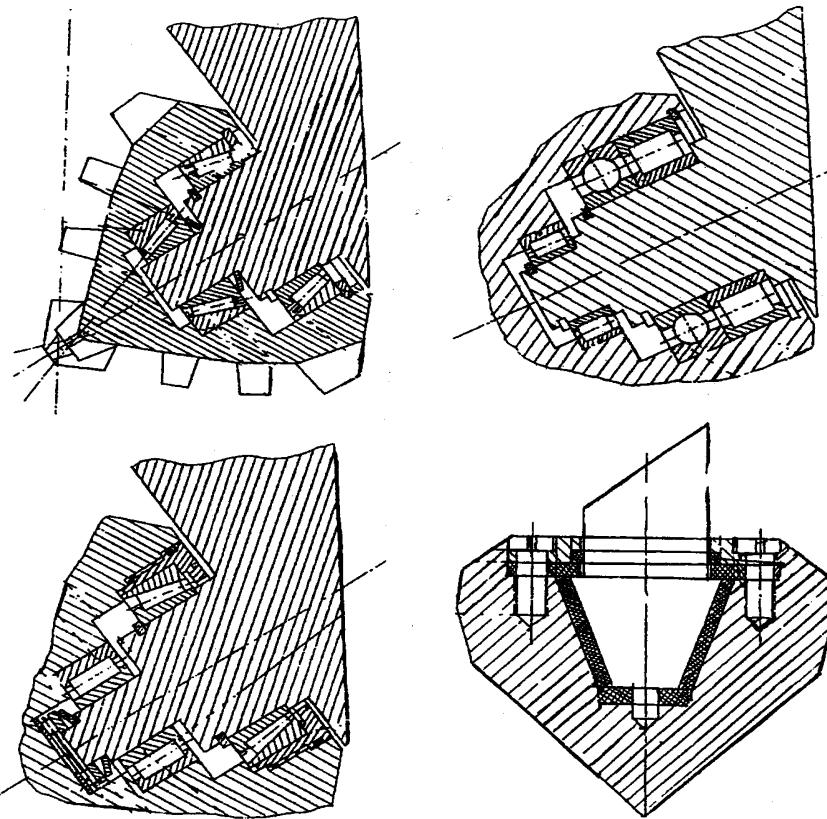


Рис. 6. Разновидности опор шарошек с различным расположением подшипников качения

устройства фиксации.

Как было доказано в работе [3], замковая

резьба деформируется и срезается почти полностью на ниппельной части шарошечного

долота.

Причинами подобного явления могут быть: высокая частота соударения долота о

забой  $a_1$ ; наличие большого зазора или люфта между зубьями  $a_2$ ; недостаточная прочность примененного материала  $a_3$ ; влияние абразив-

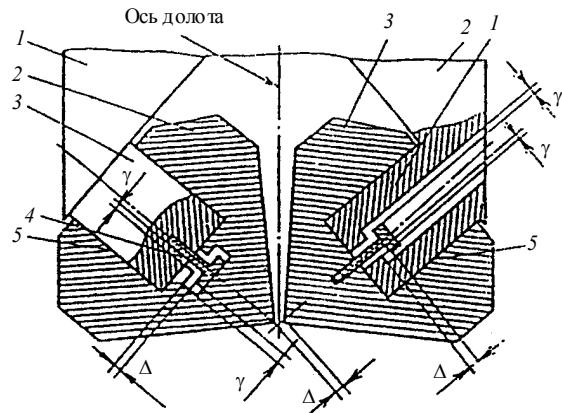
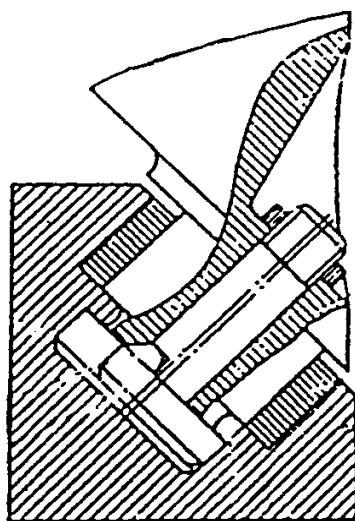


Рис. 7. Конструкция опоры шарошечного долота (а. с. 1432178 А1 от 23.10.88):  
1 – лапа; 2 – цапфа; 3 – шарошка; 4 – замковый элемент; 5 – опорные поверхности

ной среды  $a_4$ ; перекосы в сопряжении долото-колонки  $a_5$ ; большая нагрузка от осевого усилия  $a_6$ ; частая замена наддолотника  $a_7$ .

Обозначив сопутствующие факторы или возможные причины разрушения замковой резьбы буквенными индексами, их можно представить в виде функции

$$A = f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n).$$

Тогда замковая резьба и ее отказ или выход из строя могут быть представлены в виде функции

$$A = f(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7).$$

По ходу испытаний или эксплуатации величины от  $a_1$  до  $a_7$  будут соотноситься между

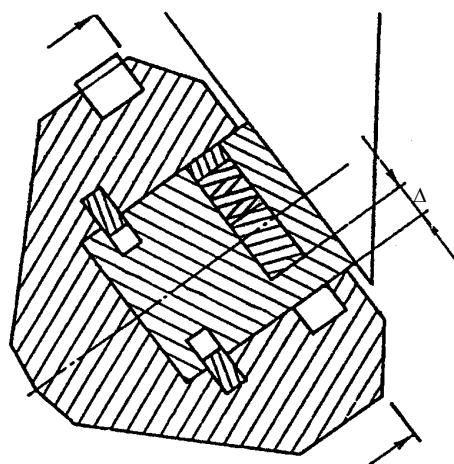


Рис. 8. Опора шарошек с фиксацией пружинным кольцом (А. с. 1357531 А1 от 07.12.87)

собой в зависимости от скорости износа в другой последовательности:

$$A = a_1 > a_2 < a_3 > a_4 < a_5 > a_6 > a_7.$$

В зависимости от того, какой из обозна-

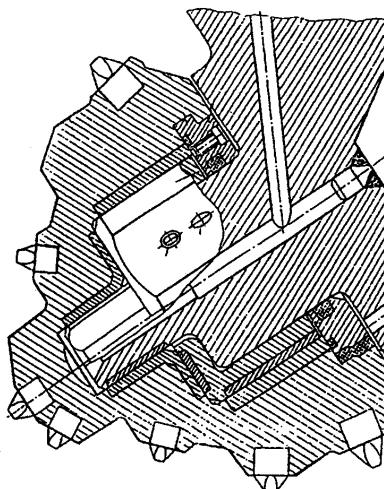


Рис. 9. Конструкция опоры шарошечного долота (А. с. 1194990 А от 30.11.85)

ченных или действующих факторов окажется критичным, т. е. который вызовет преждевременный выход из строя замковой резьбы, будет элементом, определяющим ресурс опо-

ры. Выявляя и устраняя по ходу испытаний слабые звенья, мы тем самым в конце испытаний получим надежную и долговечную замковую резьбу и, возможно, определим новые материалы и технологии, а также конструкцию профиля трапецидальной резьбы. Подобная схема применима и для венцов зубьев шарошек [4].

Причинами разрушения зубьев могут быть: недостаточная прочность материала  $b_1$ ; несоблюдение технологии упрочнения (или

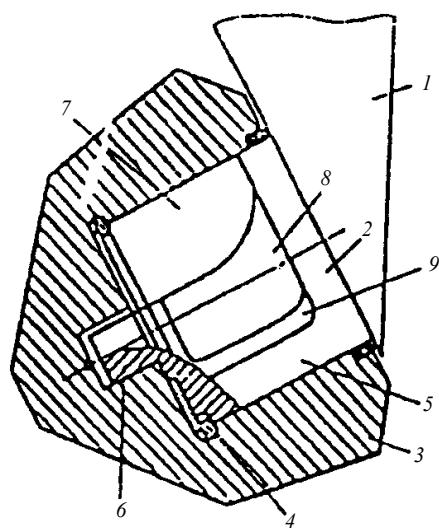


Рис. 10. Конструкция опоры шарошечного долота (А. с. 1465534 А1 от 15.03.89):  
1 – лапа; 2 – цапфа; 3 – шарошка; 4 – стопорное кольцо; 5, 6 – большой и малый подшипники скольжения; 7 – карман; 8 – вырезы боковые; 9 – переход выреза по ходу вращения ролика

термообработки)  $b_2$ ; неправильное применение вооружения (несоответствие породы)  $b_3$ ; резкое погружение долота (соударение звеньев с вооружением)  $b_4$ ; превышение осевой нагрузки на долото  $b_5$ ; неправильное выполнение профилей зубьев  $b_6$ ; отсутствие промывки скважин  $b_7$  и многое другое.

По ходу испытаний факторы разрушения, износа или отказа систематизируются, затем устраняются. В конечном виде соотношение факторов будет иметь следующий вид для зубьев шарошек:

$$B = f(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n).$$

Для устройства фиксации с винтовым креплением причинами отказа могут быть:

– несоблюдение допусков при нарезании резьбы  $c_1$ ;

– разрушение сварных швов для удержания винтов от развивчивания  $c_2$  и другие причины.

Соотношение факторов возможного отказа примет вид:

$$C = f(c_1, c_2, \dots, c_n).$$

Равнонадежность долота по внешним факторам должна иметь следующий вид:

$$A = B = C$$

или

$$\begin{aligned} Af(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) &= Bf(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n) \\ &= Cf(c_1, c_2, \dots, c_n). \end{aligned}$$

С учетом, что вооружение является основным исполнительным органом долота, соотношение должно иметь вид:

$$A \leq B \geq C.$$

По подобной схеме рассмотрим внутреннее содержание долота или устройство опоры шарошек.

Надежность и долговечность опоры шарошек определяют: шейка цапфы в местах посадки подшипников  $E$ ; ролик (или подшипник)  $J$ ; бурты, удерживающие ролики от максимального их перемещения,  $Z$ ; антифрикционная шайба или прокладка; упорная пятка  $U$ ; внутренняя полость шарошки  $K$ .

Сопутствующими причинами или факторами, влияющими на долговечность опорного узла шарошечного долота, могут быть: шейка цапфы  $E$  (место посадки подшипника); момент изгиба  $I1$ ; сила трения  $I2$ ; термообработка (упрочнение)  $I3$ ; односторонний износ (цапфа условно неподвижна относительно тел качения и шарошки)  $I4$ ; задиры от аксиального перемещения ролика  $I5$ ; наличие смазки  $I6$  и др.

Подобные факторы или сопутствующие причины отказа роликов: отсутствие смазки  $J_1$ ; сила трения  $J_2$ ; задиры от аксиального смещения  $J_3$ ; недостаточная поверхностная прочность  $J_4$ ; износ и соударение торцов ролика о бурты  $J_5$ ; потеря размера (износ) по диаметру, завихрения, вращения в обратную сторону  $J_6$  и др.

Факторы или сопутствующие причины от-

каза пяты: осевое усилие  $Z_1$ ; трение от аксиального усилия  $Z_2$ ; отсутствие смазки  $Z_3$ ; прочность на сжатие  $Z_4$ ; наличие абразива  $Z_5$  и др., соотношение будут иметь вид:

$$Z = f(Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n).$$

Факторы или сопутствующие причины отказа внутренней полости шарошки (корпуса): влияние абразива  $U_1$ ; отсутствие смазки  $U_2$ ; недостаточная поверхностная (или вынужденная) прочность  $U_3$  и другие, соотношение будет иметь вид:

$$U = f(U_1, U_2, U_3, \dots, U_n).$$

Равнонадежность опоры шарошек должна обеспечиваться при условии:

$$E = \mathbb{J} = Z = U.$$

В общем виде детали шарошечного долота должны быть выполнены или соотноситься в следующей зависимости:

$$A \leq B \geq C = E = \mathbb{J} = Z = U$$

Если условно обозначить вооружение или внешние детали долота  $A, B, C = \Phi$ , а внутренние детали опоры шарошек буквой  $O = E, \mathbb{J}, Z, U$ , то условие равнодолговечности будет иметь вид:

$$\Phi = O.$$

Однако известно, что 70 % причин отказов приходятся на опору  $O$ , тогда  $O = O, Z, \Phi$ , т. е. вооружение современных серийных шарошечных долот недорабатывает 70...80 %. Точнее, сегодня долговечность опоры шарошек составляет 2/3 долговечности вооружения. Десятилетними исследованиями выявлены и установлены математические зависимости состояния отдельных деталей при различных режимах бурения (нагружения, частоты вращения, степени износа, вибрации, абразивности, температуры, твердости породы и многих других факторов, включающих зависимость сечения цапфы от физико-механических свойств ее материалов).

Так, нагрузочная способность подшипников сухого, граничного и полужидкостного трения зависит от интегрального параметра ре-

жима работы – мощности, расходуемой на трение:

$$P_f = \omega T_f = Pv fld,$$

где  $P$  – удельная нагрузка на подшипник;  $f$  – коэффициент трения;  $v$  – окружная скорость;  $l$  – длина цапфы;  $d$  – диаметр цапфы.

Условие надежности для плоского под пятника выполняется по зависимости

$$P = \frac{Fa}{A} \leq [P],$$

где  $A$  – площадь опорной поверхности пяты;  $F_a$  – часть осевой нагрузки на долото, приходящейся на торцовые подшипники скольжения,

$$Pv_m \leq [PV],$$

где  $v_m$  – средняя расчетная скорость.

Степень износа антифрикционной шайбы замкового устройства фиксации зависит от осевой нагрузки и величины прижатия трущихся деталей:

$$P = P_{ct} \pm pCnF \frac{v_{np}}{2} \leq [P],$$

где  $P$  – действительная величина удельного прижатия, МПа;  $P_{ct}$  – удельное статическое прижатие трущихся поверхностей, МПа;  $v_{np}$  – предельная (часть осевой нагрузки) составляющая скорости волнового движения детали волновода, МПа;  $C$  – скорость изгибной волны.

Так, для сухого трения сила  $F$  от сухого трения зависит от нормального усилия  $P$  и коэффициента трения  $f$  закон Ш. Купона и А. Амонтона:

$$F = fP.$$

С точки зрения Б. И. Костецкого, процесс трения разделен на нормальный и патологический, тогда работа внешнего трения может быть представлена в виде первого закона термодинамики

$$A = Q + \Delta E,$$

где  $Q$  – тепловой эффект, связанный с деформацией при внешнем трении;  $\Delta E$  – изменение внутренней поглощенной энергии.

Соотношение между осевой нагрузкой на

долото и радиальной и тангенциальной ее составляющими также известно:

$$T = 0,7\tau + 0,3R,$$

где  $T$  – общая осевая нагрузка;  $\tau$ ,  $R$  – тангенциальная и радиальная нагрузки.

Частота вращения долота соотносится с частотой вращения шарошки

$$n_d = 3n_w.$$

Долговечность, работоспособность или динамическая грузоподъемность определяются зависимостями:

$$C = Q(nh)^{10/3},$$

для роликов

$$C = KZ^{0.7}d_p l \cos \beta.$$

Известны также и другие зависимости. Так, величина напряжений в зубьях шарошек определена зависимостью

$$\sigma = \frac{P \cos \alpha}{l^2 \left( \gamma + \frac{\sin 2\gamma}{2} \right)},$$

где  $\sigma$  – расстояние от вершины клина до элементарной площадки, в которой определяются напряжения, мм;  $l$  – длина зуба, мм;  $2\gamma$  – угол заострения зуба;  $P$  – сила, действующая на зуб.

Прямые конструктивные параметры, определяющие конструкцию разборного шарошечного долота, его надежность и долговечность, оцениваются соотношением

$$d / D = 0,2 \dots 0,3,$$

где  $d$  – диаметр сечения цапфы;  $D$  – диаметр долота.

При определении диаметра цапфы, от которого зависит внутреннее устройство опоры долота, используется зависимость

$$[\sigma] = P / F,$$

где  $\sigma$  – допустимое напряжение, МПа;  $P$  – осевое усилие;  $F$  – площадь сечения цапфы, см<sup>2</sup>.

У всех современных опор шарошек цапфа имеет сплошное сечение круга

$$\sigma = \frac{P}{\pi d^2 / 4} = \frac{4P}{\pi d^2}.$$

Из теории сопротивления материалов известно, что момент сопротивления круглого сечения цапфы связан с диаметром сечения, т. е. упрощенно

$$W = 0,2d^3.$$

Проверяем цапфу на изгиб:  $M_{изг} = \sigma W$ , получаем

$$M_{изг} = \frac{P}{F} 0,2d^3.$$

Для конкретной стали шарошки с пределом текучести 70 кН (сталь 20ХН3А) определяем сначала  $[\sigma]$  по  $d/D = 0,2 \dots 0,3$ , затем сводим до минимума  $d_u$ . Используя корпус шарошки как защитный кожух от излома или изгиба, принимаем минимальный диаметр цапфы, при котором можно получить максимальные размеры тел качения.

В последующем используем известные конструктивные зависимости, например, высота долота равна  $1,5D$  долота, а  $D$  – диаметр долота, зависит от  $d = 0,2 \dots 0,3D$  или

$$D = \frac{10}{3}d.$$

Определив основные размеры опоры шарошек и размеры всего долота, уточняем нагрузочную способность тел качения и беговых дорожек по известным зависимостям прочности на смятие тел качения по формуле

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{E_1 E_2 F_o}{\pi [E_1 (1 - \mu_1^2) + E_2 (1 - \mu_2^2) L R_w]}} \leq [\sigma]_h,$$

где  $E_1 = E_2$  – модули упругой стали;  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  – коэффициенты Пуассона;  $F_o$  – осевая нагрузка на долото;  $L$  – рабочая длина ролика;  $R$  – радиус желоба.

Здесь следует добавить, что математическую зависимость между долговечностью и различными факторами исследовали специалисты, исходя из допущения, что шарошечное долото представляет собой неделимое изделие без уточнения количества входящих в него деталей.

Так, в работе [1] приводится зависимость долговечности  $T$  шарошечного долота от динаминости нагрузки, свойств породы и температуры в забое, а также от частоты вращения и состава промывочной жидкости:

$$T = \frac{A_1}{G^m K_{\text{д}}^p n B K_{\text{т}}}, \quad (3)$$

где  $A_1$  – коэффициент работоспособности опоры (совокупный для подшипников качения);  $G$  – осевая нагрузка на долото;  $B$  – коэффициент, зависящий от свойств промывочной жидкости;  $K_{\text{т}}$  – коэффициент, зависящий от температуры среды;  $n$  – частота вращения долота, об/мин;  $m$ ,  $p$  – показатели степени влияния осевой нагрузки и динаминости работы;  $K_{\text{д}}$  – коэффициент динаминости.

Чтобы доказать предлагаемую зависимость (3), необходимо большое количество экспериментов для установления коэффициентов и показателей степеней.

Из предложенных зависимостей интерес представляет определение групп долговечности конструктивных элементов в серийных неразборных долотах. Предшествующий анализ показал, что долговечность всего долота определяется стойкостью или долговечностью опорного узла шарошек, т. е. можно условно записать, что долговечность долота равна долговечности опоры шарошек (или подшипников опорного узла шарошек).

Зная долговечность долота (3) и долговечность подшипников качения (как наиболее нагруженного в опоре шарошек большого роликового подшипника первой шарошки), запишем:

$$h = (C / Q)^{10/3}, \quad (4)$$

где  $C$  – динамическая грузоподъемность роликового подшипника или коэффициент работоспособности,  $C = KZ^{0.7} d_p l \cos \beta$ ;  $Q$  – приведенная нагрузка, МПа.

Связь между долговечностью и динамической грузоподъемностью определяется формулой

$$C = Q(nh)^{10/3},$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  $h$  – долговечность, ч;

$$\lg h = \frac{10}{3} (\lg C - \lg Q - \lg n). \quad (5)$$

Из формул (3) и (5) видно, что при увеличении коэффициента  $C$  вдвое долговечность подшипника увеличивается в десять раз. Поэтому при проектировании подшипников качения следует получить наибольшую динамическую грузоподъемность путем увеличения размеров тел качения (см. формулу (4)).

Приравнивая долговечность долота и опоры, получим

$$T = h = \frac{A_1}{G^m K_{\text{д}}^p n B K_{\text{т}}} = \left( \frac{C}{Q} \right)^{10/3} = \\ = \left( \frac{KZ^{0.7} d_p l \cos \beta}{Q} \right)^{10/3} = \frac{\left( KZ^{0.7} d_p l \cos \beta \right)^{10/3}}{G^m K_{\text{д}}^p n B K_{\text{т}} Q^{10/3}}.$$

Из формулы общей долговечности долота видно, что максимальная долговечность может быть достигнута за счет диаметра и длины роликов  $d$  и  $l$ , а также от динамической стойкости  $K$ , зависящей от типа подшипника, материала и точности его изготовления, частоты вращения долота  $n$ , температуры нагрева  $K_{\text{т}}$ , общей нагрузки (осевой) на долото  $G$  и свойств промывочной жидкости.

Многие из перечисленных факторов известны и выражены в математических зависимостях. Например, предельная или критическая величина частоты вращения для многих долот известна и составляет примерно 280 000 об/мин, после чего наступает выкрашивание поверхностного слоя. Если предположить, что каждому обороту шарошки соответствует одно соударение (соударяются тела с цапфой и шарошкой), то в этом случае количество циклов соударения или нагружения будет зависеть от прочности поверхностного слоя соударяющихся элементов, амплитуды соударения и приложенной нагрузки. Для каждой стали количество циклов нагружения определяется по ГОСТ 21354-75. В 1980-х гг. была сделана попытка определить режимы бурения исходя из известных осевых нагрузок и частоты вращения (ТУ 26-02-874-80). Сегодня эти данные отсутствуют в действующем ГОСТ 20692-2003. В результате заявленные или указанные в проспектах и паспортах долот режимы бурения не соблюдаются и практически при эксплуатации значительно снижаются.

Это стало ясно еще до выхода ГОСТ 20692-75, в котором были в два раза завышены допускаемые осевые нагрузки по сравнению с нормалью Н554-61.

Однако известно и то, что режимы бурения по нормали Н554-61, допускаемая осевая нагрузка и частота вращения долота при эксплуатации занижались в три раза. Это снижение увеличивало проходку на долото в 1,5...2,0 раза.

После введения ГОСТ 20692-75, в котором осевая нагрузка была увеличена в два раза по сравнению с рекомендуемой по нормали Н554-61, долота, изготовленные уже по американской технологии и на американском оборудовании, поставляемом американской фирмой «Dresser», испытывались совместно с иностранными фирмами «Hughes», «Tsukamoto», «Security PBS» и др. [5].

Несмотря на то, что применяемые долота типа 2000М-ГАУ-R97, 215,9МС3-ГАУ-R11М и др. на российском рынке были вне конкуренции, в сравнительном испытании (бурении) они показали худший результат или уступали иностранным фирмам. Здесь следует добавить, что бурение долотами, изготовленными ОАО «Волгабурмаш», производилось с заниженной осевой нагрузкой и частотой вращения долота [5].

Из изложенного следует, что показатели равной надежности и долговечности конструктивных элементов современных серийных шарошечных долот пока недостижимы. Это связано с перекосами беговых дорожек, неодновременным нагружением подшипников, неоднородностью свойств материалов, невозможностью замены изношенных деталей, отсутствием обоснованных режимов бурения, ограниченностью совершенствования и многим другим.

Разборность шарошечных долот позволит исследовать и испытывать последовательно все узлы и их элементы на изнашивание и разрушение, определять ресурс каждой детали и выявлять критичность элементов конструкции для типовых горнотехнических условий бурения.

Есть основания предполагать, что в каждой группе долот по назначению будут свои специфические отказы. Эти особенности будут проявляться также по типоразмерному ряду, что позволит для всех долот наметить

схему или методику расчета и проектирования и, соответственно, установить долговечность для групп долот по назначению и типоразмерам.

В настоящее время можно лишь условно оценить долговечность разборных шарошечных долот, рассматривая составные части долота. Так, например, состояние ниппельной резьбы и ее долговечность зависят от частоты соударения профилей резьбы, или от частоты вращения долота и перекатывания шарошек по забою, а также от осевой нагрузки на долото. Проявляются также сопутствующие факторы: точность изготовления, физико-механические свойства материалов, конструкция наддолотников, воздействие абразива и агрессивной среды и т. п. Как было отмечено ранее, наблюдаются случаи, когда резьба на ниппельной части долота полностью срезана или деформирована, хотя в трубной части и наддолотнике она не повреждена. Вооружение (фрезерованное или твердосплавное) сегодня достаточно изучено и значительно долговечнее остальных частей долота. Как известно, вооружение изнашивается на одну пятую часть, а опора – полностью.

Из анализа видно, что для разборной конструкции долота можно обеспечить необходимые свойства ее ремонтопригодности за счет получения структурных элементов с долговечностью, кратной или равной наиболее критичным из них.

Опорный узел в разборных долотах конструкции Н. В. Грибенникова состоит из механизма фиксации, внутренней полости шарошки, тел качения, цапфы. Если в секционных долотах к элементам, определяющим надежность, относился замковый шарикоподшипник, от которого зависело, выпадет ли шарошка в забой, то в разборных долотах этот отказ исключен благодаря устройству фиксации. Оно состоит из разъемного (или неразъемного) фланца, антифрикционной шайбы и винтов крепления. Устройство фиксации одновременно выполняет роль уплотняющего или аградитального устройства от проникновения абразивных частиц в опору шарошек.

Запас или толщина антифрикционной прокладки и толщина разъемного фланца в пределах 8 мм предохраняют шарошку от выпадения ее в забой скважины. Если износ тел

качения в замковом шарикоподшипнике в 2,0 мм является критическим с учетом одновременного смятия тел качения при износе в 2,0 мм, то в разборных долотах конструкции Н. В. Грибенникова этот износ может достигать 8 мм, что обеспечивает многократный запас износостойкости.

Таким образом, долговечность и износостойкость опорного узла и вооружения долота становятся равными благодаря применению нагружочного, времененного, структурного и функционального резервирования надежности критических элементов долота. Из этого следует, что долговечность с заданной вероятностью

критичных элементов конструкции шарошечных долот Н. В. Грибенникова с новым заявленным патентом на устройство фиксации № 2166607 может существенно увеличиться.

Как считают ведущие специалисты В. Я. Кершенбаум и В. А. Торгашов, в этом случае создаются новые предпосылки и возможности совершенствования шарошечных долот уже в двух направлениях: по опоре шарошек и вооружению. В этом состоит перспектива развития шарошечных ремонтопригодных долот и создания новых конструкций серийного породоразрушающего инструмента с гарантированным ресурсом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долговечность шарошечных долот / Н. А. Жидовцев [и др.]. М.: Недра, 1992.
2. Грибенников Н. В. Опора шарошечного долота и перспективы ее развития. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН. 105 с.
3. Грибенников Н. В. Новые пути повышения долговечности шарошечных долот. Екатеринбург: Изд. дом «Автограф», 2009. 315 с.
4. Грибенников Н. В. Разборные шарошечные долота и их проектирование. Екатеринбург: Изд. дом «Автограф», 2012. 240 с.
5. Кершенбаум В. Я., Торгашов В. А. Шарошечные долота: междунар. транслятор-справочник. М.: МИНГ, 2000.

Поступила в редакцию 10 апреля 2013 г.

**Боярских Геннадий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации горного оборудования. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: Gennadiy.Boyarskih@m.ursmu.ru

**Боярских Илья Геннадьевич** – ассистент кафедры эксплуатации горного оборудования. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: gmf.ego@m.ursmu.ru

**Грибенников Николай Васильевич** – генеральный директор НПП «Долото». 620102, г. Екатеринбург, ул. Пальмиро Тольятти, д. 7, к. 44.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ ПОДЪЕМОВ

**Ю. В. Попов, С. А. Тимухин, А. А. Сайпуллаев, А. А. Касимов, Н. Ю. Некрасов**

Дается краткий анализ сложившейся ситуации в области разработки и производства шахтных подъемных машин в РФ и странах СНГ. Отмечено перспективное направление применения наземного расположения многоканатных подъемных машин, обеспечивающего целый ряд преимуществ. Рассмотрены основные направления дальнейшего конструктивного совершенствования подъемных машин при их разработке и производстве в РФ.

*Ключевые слова:* шахтные подъемные машины; многоканатный подъем; наземное расположение машин; конструктивное совершенствование.

Основным звеном любой подъемной установки является подъемная машина, от технического совершенства и правильного выбора которой существенно зависит эффективность работы не только подъемной установки, но и зачастую всего горного предприятия.

В настоящее время на первое место в этом вопросе поставлена максимальная эффективность конкретной подъемной машины в конкретных условиях конкретного заказчика. При этом конструкция подъемных машин должна обеспечивать максимальную безопасность и эксплуатационную надежность при минимальных затратах на техническое обслуживание, максимальную автоматизацию и точность обработки цикла.

Согласно этому, весьма актуальным становится подход, принятый в большинстве стран с развитой горнодобывающей промышленностью, а именно проектирование и изготовление индивидуальных подъемных машин для конкретных условий конкретного горнодобывающего предприятия. При этом должны максимально использоваться современные технические решения в области шахтного подъема.

Существенную роль в задачах оснащения горнодобывающей промышленности играет также реконструкция действующих подъемных установок. В настоящее время парк машин на территории СНГ в основном состоит из машин, выработавших свой назначенный

срок службы. Замена таких машин на новые влечет за собой значительные капитальные затраты, существенный простой шахты, большой объем строительных работ.

Поэтому и здесь в полной мере должен быть использован также индивидуальный подход. Новые машины должны проектироваться на современном уровне, но при этом должны обеспечивать возможность установки их на старом фундаменте с минимальным объемом строительных работ и соответственно с минимальным пространством подъемной установки.

Весьма интересна при такой реконструкции замена крупных барабанных машин наземными многоканатными, что дает возможность существенно повысить глубину подъема, а также и производительность подъемных установок.

При установке многоканатных подъемных машин на высотных отметках башенных копров значительно возрастают капитальные затраты. Усложняются монтаж и обслуживание электромеханического оборудования, расположенного в башенных копрах по сравнению с наземным расположением оборудования при одноканатном подъеме. Эксплуатационные расходы на отопление, вентиляцию и обеспыливание башенных копров превышают расходы по аналогичным статьям при одноканатном подъеме.

Отрицательными факторами являются

большая трудоемкость и сложность строительства высоких башенных копров, особенно при слабых посадочных грунтах и глубоком залегании коренных пород.

Применение наземных многоканатных машин во многом решает эти проблемы и позволяет в полной мере реализовать следующие преимущества многоканатного подъема:

- уменьшение стоимости подъемного комплекса вследствие значительного снижения расхода металла;
- сокращение строительных объемов и исключение мощного кранового оборудования для монтажа оборудования на высотных отметках башенных копров;
- значительное упрощение и удешевление фундаментов по сравнению с фундаментами башенных копров, особенно в условиях слабых и просадочных грунтов;
- упрощение монтажа и обслуживания механизированного оборудования подъема в связи с его наземным расположением;
- сокращение эксплуатационных расходов на отопление, вентиляцию и обеспыливание зданий безбашенного комплекса по сравнению с башенным;
- упрощение строительства комплекса в связи с уменьшением высоты копров и сокращение его сроков благодаря возможности параллельного строительства копра и машинных зданий.

Наземная установка многоканатных машин в настоящее время широко распространена в странах дальнего зарубежья с развитой горнодобывающей промышленностью. На территории СНГ многоканатные подъемные машины в наземном исполнении выпускались заводом «ДОНЕЦКГОРМАШ» в виде двухканатных машин МК5Ч2. Однако эти машины использовались в основном на клетевых подъемах и несли небольшую для такого диаметра нагрузку. Существенным недостатком таких машин является необходимость применения парашютов типа ПШТП для клетевых подъемов, которые значительно сложнее парашютов ПТК, применяемых на одноканатных подъемах с барабанными машинами. Поэтому такие машины не получили широкого распространения.

Начало разработки и освоения производства многоканатных подъемных машин в на-

шей стране относится к середине 1950-х гг. Разработанный тогда ряд машин этого типа включал в себя диапазон диаметров их органов навивки от 2,1 м до 5,0 м с числом канатов от двух до восьми. Машины получили обозначение МК, например МК3,25Ч4 (многоканатная, диаметр шкива трения 3,25 м число канатов 4) [1, 2].

В 1960–1970-е гг. шло конструктивное совершенствование как самих машин, так и технологии их изготовления (НКМЗ, Украина). Они получили новое обозначение ЦШ (цилиндрическая шкивная) и в соответствии с ГОСТом выпускались с числом канатов 4, 6 и 8 и диапазоном диаметров 2,1–5,0 м.

К моменту распада СССР на его шахтах и рудниках находилось в эксплуатации около 550 подъемных машин типов МК и ЦШ практически всех предусмотренных ГОСТом типоразмеров. Следует отметить их достаточно высокое конструктивное совершенство и надежность в эксплуатации.

Однако в настоящее время подъемные машины типа ЦШ (не говоря уже о МК) морально и физически устарели и требуют своей замены. Для обоснования возможности их дальнейшей эксплуатации должна проводиться экспертиза промышленной безопасности.

В современной горной промышленности России наметилась тенденция наземного расположения многоканатных машин (вместо привычного башенного) как более прогрессивного и перспективного направления [3]. Первые такие подъемные установки с участием кафедры горной механики УГГУ были спроектированы и построены на подземном руднике Гайского ГОКа. Ввиду того, что в РФ отсутствует производство подъемных машин (традиционно их производство в СССР осуществлялось на Украине) машины для Гайского ГОКа были закуплены в дальнем зарубежье (Чехия).

При разработке и освоении производства многоканатных машин в РФ необходимо, в первую очередь, проанализировать и учесть опыт, накопленный за многие десятилетия в нашей стране как в части разработки, проектирования и изготовления этих машин, так и их эксплуатации. Конечно, при этом необходим учет также и большого зарубежного опыта (Польша, Швеция, Чехия, Германия и др.).

К основным недостаткам отечественных подъемных многоканатных машин следует отнести несовершенство их рычажно-колодочных тормозных систем, не отвечающих современным реалиям, а также использование устаревших систем приводов подъемных машин и управления ими. На эти недостатки и следует обратить особое внимание при разработке нового поколения многоканатных машин, учитывая также особенности их наземного расположения и другие значимые факторы.

В настоящее время около 90 % всех подъемных машин в РФ работают с превышенными сроками службы. Для обоснования возможности их дальнейшей эксплуатации и экспертизы промышленной безопасности на кафедре ГМ УГГУ совместно с ЗАО «Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка» были разработаны «Методические указания по определению остаточного ресурса

шахтных подъемных машин, работающих с превышением нормативного срока эксплуатации», согласованные с Управлением государственного горного и металлургического надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [4]. По состоянию на 2010 г., согласно выполненным на основе этих указаний расчетам, было установлено, что среднестатистический остаточный ресурс машин не превышает 14 лет.

Таким образом, разработка и освоение подъемных машин в РФ является первостепенной задачей. При этом приоритетным направлением является разработка многоканатных подъемных машин, так как в связи с постоянным углублением горных работ (в настоящее время глубина шахт и рудников достигает 1000–1300 м и более), только машины данного типа могут осуществлять эффективную выдачу полезного ископаемого с такой глубины.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Братченко Б. Ф. Стационарные установки шахт. М.: Недра, 1997. 440 с.
2. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины: справочник / А. Д. Димашко [и др.]. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1973. 364 с.
3. Методические указания по определению остаточного ресурса шахтных подъемных машин, работающих с превышением срока эксплуатации / Тимухин С. А. [и др.]. Екатеринбург, 2007. 24 с.
4. Попов Ю. В. Повышение эффективности комплексов многоканатных подъемов с наземным расположением подъемных машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2010. 31 с.

Поступила в редакцию 4 апреля 2013 г.

**Попов Юрий Владимирович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: Yuriy.Popov@m.ursmu.ru

**Тимухин Сергей Андреевич** – доктор технических наук, профессор кафедры горной механики. E-mail: Sergey.Timuhin@m.ursmu.ru

**Сайпуллаев Абдурашид Абдулабекович** – студент 4 курса кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: saa210391@yandex.ru

**Касимов Амир Аухатович** – студент 4 курса кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: Amir.Kasimov@m.ursmu.ru

**Некрасов Никита Юрьевич** – студент 4 курса кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: Nikita.Nekrasov@m.ursmu.ru

# ОБОСНОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРОПРИВОД НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ОТ ВЫСОТЫ СТУПЕНИ В МНОГОСТУПЕНЧАТОМ ШАХТНОМ ВОДООТЛИВЕ

Д. С. Стожков

С понижением горных работ до глубины 800–1600 м возникает необходимость обоснования рациональной высоты ступени в зависимости в том числе и от стоимостных показателей электродвигателей для насосного оборудования водоотливных установок. Рассмотрены вопросы установления зависимостей стоимостных показателей электродвигателей для насосного оборудования от высоты ступени.

*Ключевые слова:* высота ступени; секционные насосы; многоступенчатый шахтный водоотлив; стоимостные показатели; электродвигатель.

В практике проектирования и эксплуатации шахтного водоотлива глубоких горизонтов шахт и рудников все большее применение находят многоступенчатые схемы. Обусловлено это не только самим характером постепенного углубления горных работ, но и технической целесообразностью применения многоступенчатых схем, в которых не требуется высокона-порных насосов и арматуры, а электродвигатели имеют сравнительно небольшую мощность, что очень важно с точки зрения допустимой мощности короткого замыкания в системах подземного электроснабжения [1, 2]. С понижением горных работ до глубины 800–1600 м ступенчатость схем водоотлива может возрасти до 3–6. Следовательно, анализ и обоснование рациональной высоты ступени в таких схемах приобретает важное значение, особенно в условиях обводненных месторождений, при отработке которых расходы электроэнергии на водоотлив могут достигать половины и более общего расхода по шахте или руднику (например, такой случай имеет место на шахтах ОАО «Севуралбокситруда»).

Обоснование рациональной высоты ступени в таких задачах практически невозможно без технико-экономической оценки стоимостных показателей электродвигателей для насосного оборудования водоотливных установок в функции высоты ступени, что напрямую связано с аналогичными зависимостями стоимости электродвигателей и их отпускной цены.

В качестве исходных данных при решении этой задачи авторами были взяты за основу фактические данные заводов-изготовителей по отпускным ценам на электродвигатели. В качестве примера в табл. 1 и 2 приведены исходные данные по электродвигателям насосного оборудования и расчетные данные по их отпускным ценам (для расчета водоотливных установок с секционными насосами ЦНС 300-120...600 и ЦНС 500-160...880). На основе этого на рис. 1 и рис. 2 приведены расчетные графические зависимости затрат на электродвигатели в функции высоты ступени  $H_{\text{ст}}$  для насосов типа ЦНС 300 и ЦНС 500.

Данные зависимости описываются полиномом первой степени типа  $y = b + ax$ , т. е.

$$C_{\text{двиг}} = aM_{\text{кр}} + c,$$

где  $C_{\text{двиг}}$  – стоимость электродвигателя, р.;  $a$ ,  $c$  – коэффициенты аппроксимации для рассматриваемых типов электродвигателей шахтных центробежных секционных насосов.

Так как мощность на валу машины (насоса)  $N_{\text{в}} = M\omega$ , то  $C_{\text{двиг}} = a(N_{\text{в}} / \omega) + c$ .

Из теории турбомашин известно, что

$$N_{\text{в}} = \frac{\rho q H_{\text{ст(p)}} Q_p}{1000 \cdot 3600 \eta_p},$$

где  $Q_p$ ,  $\eta_p$  – режимное значение подачи и КПД,  $H_{\text{ст(p)}}$  – высота ступени, численно равная режимному значению напора.

Из отношения

$$\frac{\rho q}{1000 \cdot 3600} = \text{const} = K_{\text{н.у}},$$

где  $K_{\text{н.у}}$  – коэффициент насосной установки, следует, что

$$N_b = \frac{K_{\text{н.у}} H_{\text{ст(р)}} Q_{(p)}}{\eta_p}.$$

В каскаде последовательно соединенных насосов  $Q_p$  и  $\eta_p$  одинаковы (если насосы одного типа, то и их режимы работы тоже одинаковы), следовательно, необходимо рассмотреть характеристики насосов и трубопроводов и точки действия режимов.

Таблица 1

**Исходные данные для расчетов электродвигателей для насосов  
ЦНС 300-120...600**

Тип насоса	Напор, м	Тип электродвигателя	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Отпускная цена электродвигателя, р.
ЦНС 500-160	160	BAO4-450LB-4	400	1500	378 880
ЦНС 500-240	240	BAO4-560 M4	630	1500	409 600
ЦНС 500-320	320	BAO4-560 LA4	800	1500	458 240
ЦНС 500-400	400	BAO4-560 LB4	1000	1500	631 360
ЦНС 500-480	480	BAO4-560 LB4	1000	1500	631 360
ЦНС 500-560	560	BAO4-630 S-4	1250	1500	957 760
ЦНС 500-640	640	BAO4-630 M-4	1600	1500	1 408 320
ЦНС 500-720	720	BAO4-630 M-4	1600	1500	1 408 320
ЦНС 500-800	800	BAO4-630 L-4	2000	1500	1 327 040
ЦНС 500-880	880	BAO4-630 L-4	2000	1500	1 327 040

С учетом изложенного запишем, что для любого рассматриваемого многоступенчатого каскада «насос в насос» отношение  $Q_p / \eta_p = \text{const}$  справедливо для ступеней каскада.

Следовательно, мощность на валу двигателя

$$N_b = K_{\text{н.у}} K_{\text{кас}} H_{\text{ст(р)}},$$

где  $K_{\text{кас}}$  – коэффициент каскада, численно

Таблица 2

**Исходные данные для расчетов электродвигателей для насосов  
ЦНС 500-160...880**

Тип насоса	Напор, м	Тип электродвигателя	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Отпускная цена электродвигателя, р.
ЦНС 500-160	160	BAO4-450LB-4	400	1500	378 880
ЦНС 500-240	240	BAO4-560 M4	630	1500	409 600
ЦНС 500-320	320	BAO4-560 LA4	800	1500	458 240
ЦНС 500-400	400	BAO4-560 LB4	1000	1500	631 360
ЦНС 500-480	480	BAO4-560 LB4	1000	1500	631 360
ЦНС 500-560	560	BAO4-630 S-4	1250	1500	957 760
ЦНС 500-640	640	BAO4-630 M-4	1600	1500	1 408 320
ЦНС 500-720	720	BAO4-630 M-4	1600	1500	1 408 320
ЦНС 500-800	800	BAO4-630 L-4	2000	1500	1 327 040
ЦНС 500-880	880	BAO4-630 L-4	2000	1500	1 327 040

равный отношению  $Q_p / \eta_p$ .

Подставляя уравнения, получаем

$$C_{\text{двиг}} = a \left( \frac{K_{\text{н.у}} K_{\text{нac}} H_{\text{ст}}}{\omega} \right) + c, \quad (1) \quad \text{где } a \cdot \frac{K_{\text{н.у}} \cdot K_{\text{нac}}}{\omega} = b,$$

$b$  – коэффициент аппроксимации.

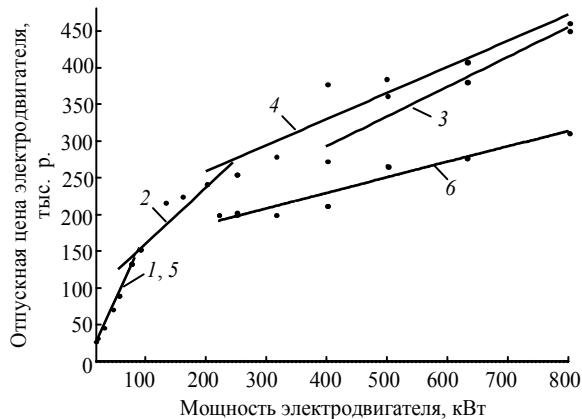


Рис. 1. Зависимости затрат на электродвигатели от высоты ступени:

1 – ЦНС 60-66...330; 2 – ЦНС 105-98...490; 3 – ЦНС 180-500...900;  
4 – ЦНС 300-120...600; 5 – ЦНСК 60-66...330; 6 – ЦНСК 300-120...600

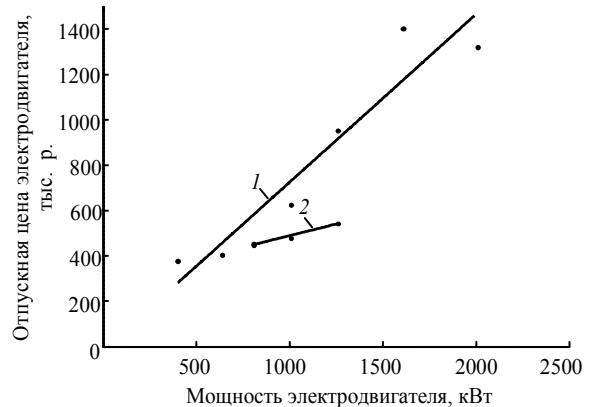


Рис. 2. Зависимости затрат на электродвигатели от высоты ступени:

1 – ЦНС 500-160...880; 2 – ЦНС 300-650...1040

Так как в шахтном водоотливе  $\omega = \text{const}$ , то выражение (1) может быть в окончательном виде записано:

$$C_{\text{двиг}} = c + bH_{\text{ст}}$$

Результаты математического описания этих зависимостей приведены в табл. 3.

Зависимости характеристик центробежных насосов ЦНС300-120...600 и ЦНСК 300-120...600 на рис. 1 отличаются разными мар-

Таблица 3  
Результаты математического описания зависимостей  $C_{\text{двиг}} = c + bH_{\text{ст}}$   
для электродвигателей шахтных секционных насосов

Тип насоса	Типы электродвигателя	Апроксимирующие уравнения
ЦНС 60-66...330	BA160M2Y2 ... BA250M2БУ2	$C_{\text{двиг}} = -6,14 + 1,81H_{\text{ст}}$
ЦНС 105-98...490	BA225M2Y2 ... BAO4-450 M-4	$C_{\text{двиг}} = 8,33 + 0,076H_{\text{ст}}$
ЦНС 180-500...900	BAO4-450LB-2 ... BAO4-560LA2	$C_{\text{двиг}} = 1,30 + 0,041H_{\text{ст}}$
ЦНС 300-120...600	BAO4-450S-4 ... BAO4-560LA4	$C_{\text{двиг}} = 1,87 + 0,036H_{\text{ст}}$
ЦНС 300-650...1040	BAO4-560LA2 ... BAO-560-1250-2Y2	$C_{\text{двиг}} = 2,83 + 0,0021H_{\text{ст}}$
ЦНСК 60-66...330	BA180S2Y2 ... BA250M2БУ2	$C_{\text{двиг}} = -6,18 + 1,79H_{\text{ст}}$
ЦНС 500-160...880	BAO4-450LB-4 ... BAO4-630L-4	$C_{\text{двиг}} = -1,644 + 0,0741H_{\text{ст}}$
ЦНСК 300-120...600	ДАЗО4-400ХК-4 ... ДАЗО4-450У-4У	$C_{\text{двиг}} = 1,44 + 0,0021H_{\text{ст}}$

ками электродвигателей серии ВАО4 и ДАЗО4.

Полученные зависимости  $C_{\text{двиг}} = f(H_{\text{ст}})$  могут быть использованы при технико-

экономическом обосновании рациональной высоты одной ступени при проектировании многоступенчатых схем водоотлива глубоких горизонтов шахт и рудников.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нечушкин Г. М. Состояния и проблемы водоотлива глубоких шахт // Водоотлив глубоких шахт. М.: Недра, 1967. С. 67-70.
2. Изюров В. В. Выбор оптимальной высоты ступени водоотлива для глубоких горизонтов шахт Кизеловского бассейна // Водоотлив глубоких шахт. М.: Недра, 1967. С. 79-81.

Поступила в редакцию 5 апреля 2013 г.

**Стожков Дмитрий Сергеевич** – ассистент кафедры электротехники. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. E-mail: gmf.et@m.ursmu.ru

# СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 332.133.6

## ОЦЕНКА ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЯМАЛО-НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ

И. Г. Полянская, В. В. Масленников

Проанализировано состояние институциональной среды недропользования в Ямало-Ненецком автономном округе, одном из крупнейших природно-ресурсных приарктических регионов страны, включающее нормативно-законодательное и организационное обеспечение, в том числе процесс лицензионного доступа к недрам и формы государственно-частного партнерства. Отмечается, что существующая институциональная среда недропользования в ЯНАО полностью координируется с международными и федеральными формальными правилами и организационными структурами, осуществляющими процесс недропользования. Однако для дальнейшего эффективного сопровождения воспроизводства и развития минерально-сырьевой базы округа необходима ее своевременная трансформации. Обозначены направления этой трансформации.

*Ключевые слова:* приарктические территории; месторождения полезных ископаемых; недропользование; институциональные аспекты освоения; трансформация.

Институциональным аспектам освоения природных ресурсов Арктики и приарктических территорий, к которым относится и Ямало-Ненецкий автономный округ, в последнее время стали уделять значительное внимание. Данное обстоятельство связано со стратегическим развитием ЯНАО, в котором природные ресурсы играют важную роль. Это сырьевой регион федерального и мирового значения, обеспечивающий устойчивое развитие национальной экономики и энергетическую безопасность страны. На его территории расположены более 40 месторождений федерального значения, добывается свыше 90 % газа и свыше 14 % жидких углеводородов страны. Кроме крупных месторождений углеводородов имеются запасы и ресурсы других полезных ископаемых: золота, железных руд, хрома, фосфоритов, олова, барит-свинцовых руд и др., что является конкурентным преимуществом региона, влияющим на его инвестиционную привлекательность.

Округу необходимы значительные инвес-

тиции для развития высокотехнологичной промышленности. Для решения этих задач в округе используются соответствующие структуры, современная законодательная база и механизм государственного управления недропользованием, которые являются составной частью институциональной среды.

К правовым основам на международном уровне, рассматриваемым в свете общего международного права, можно отнести Конвенцию ООН по морскому праву 1982 г. Она регулирует освоение арктического шельфа, предоставляет прибрежным государствам контроль над континентальным морским шельфом (морское дно и недра подводных районов, находящиеся за пределами территориальных вод государства). Согласно 76-й статье Конвенции, никакая страна не вправе устанавливать контроль над Арктикой, но имеющие выход к Ледовитому океану государства могут объявить своей исключительной экономической зоной территорию, простирающуюся на 200 миль от берега. В своей экономической зоне прибреж-

ное государство имеет преимущественное право на добычу полезных ископаемых. Эта зона может быть расширена еще на 150 морских миль, если страна докажет, что арктический шельф является продолжением ее суходальной территории. Для реализации этого права должна быть подана заявка в специальный международный орган – Комиссию ООН по границам континентального шельфа [1].

Правовыми основами на уровне Российской Федерации являются:

– Федеральный закон от 22 июля 2005 г. № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации»;

– Федеральный закон от 30 ноября 1995 г. № 187-ФЗ «О континентальном шельфе Российской Федерации»;

– «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденные Президентом РФ 18 сентября 2008 г. Пр-1969, определяющие главные цели, основные задачи, стратегические приоритеты и механизмы реализации государственной политики в Арктике, а также систему мер стратегического планирования социально-экономического развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности России; одним из основных национальных интересов в Арктике является использование Арктической зоны в качестве стратегической ресурсной базы Российской Федерации, обеспечивающей решение задач социально-экономического развития страны;

– Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2030 г.;

– Генеральная схема развития газовой отрасли РФ до 2030 г.;

– Программа развития минерально-сырьевой базы газовой отрасли РФ до 2035 г., предусматривающая расширенное воспроизведение МСБ с учетом меняющейся структуры запасов и смещением центров добычи природного газа в новые регионы, в том числе на полуостров Ямал;

– Генеральная схема нефтяной отрасли на период до 2030 г.;

– Стратегия развития геологической отрасли до 2030 г.;

– Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизведения минераль-

но-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизведения минерально-го сырья до 2030 г.;

– Государственная программа изучения и освоения континентального шельфа Российской Федерации и другие федеральные программы.

В развитие федерального законодательства на уровне Ямalo-Ненецкого автономного округа разработаны:

– Стратегия социально-экономического развития Ямalo-Ненецкого автономного округа до 2020 г.; в целях освоения минерально-сырьевой базы в ней обозначены три основные зоны: зона добычи нефти – Гыданский полуостров, зона добычи газа – полуостров Ямал, зона промышленного Урала, требующая дополнительной доразведки рудных полезных ископаемых;

– Программа комплексного освоения месторождений Ямalo-Ненецкого автономного округа и севера Красноярского края, объединяющая крупные инвестиционные проекты по диверсификации нефтегазовой добычи и транспортировки углеводородов; общий инвестиционный потенциал проектов, реализуемых в топливно-энергетическом комплексе на территории ЯНАО до 2020 г., оценивается в 8,0 трлн р.;

– Окружная долгосрочная целевая программа «Развитие минерально-сырьевой базы Ямalo-Ненецкого автономного округа на 2012-2014 годы», целями которой являются: обеспечение воспроизведения ресурсного потенциала по общераспространенным полезным ископаемым; развитие системы мониторинга состояния и использования недр; обеспечение наполнения Территориального фонда геологической информации ЯНАО;

– стратегии нефтегазовых компаний, осуществляющих свою деятельность в регионе.

Весомое место в нормативно-правовом обеспечении процесса недропользования, включая транспортную инфраструктуру, отводится проектам, включающим:

– освоение Тазовской и Обской губы, Приямальского шельфа Карского моря;

– разработка месторождений Полярного Урала;

– «Северный поток» – освоение Южно-Русского месторождения;

- освоение глубокозалегающих залежей ачимовской толщи Уренгойского месторождения;
- ввод в разработку месторождений Большехетской зоны;
- геологоразведочные работы на Гыданском полуострове и прилегающем шельфе;
- освоение полуострова Ямал, включая строительство газопровода и строительство железной дороги Обская-Бованенково;
- строительство морского порта Харасавэй; железных дорог Салехард-Надым и Полуночное-Обская; автомобильных дорог Агириш-Лабытнанги и Салехард-Надым; нефтепровода Ванкор-Пурпе.

Что касается основных направлений развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы углеводородного сырья и источников ее финансирования через соответствующие программы и проекты, можно констатировать факт наличия активной государственной поддержки. Применительно к развитию и воспроизводству минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых подобной ситуации не наблюдается. Реализация проекта «Урал промышленный – Урал Полярный» по оптимистическому сценарию предусматривала к 2020 г. годовую добычу твердых полезных ископаемых в следующих объемах: угля – 3 млн т, железной руды – 11 млн т, хромовой руды – 3,7 млн т, бокситов – 1,3 млн т, золота – 3,7 т, марганца – 1,1 млн т, меди – 11,2 млн т. Объем товарной продукции горнодобывающей промышленности в 2020 г. должен составить 29 млрд р.

В настоящее время предусмотренные в проекте направления реализуются относительно золота и хромитов. Начато промышленное освоение и эксплуатация коренного месторождения Новогоднее-Монто. На стадии разведки находится Петропавловское месторождение. Участки месторождений хромитов ЯНАО в пределах северной части Райизского и Сыумкеуского ультраосновных массивов с целью конкретизации участков для проведения поисковых работ включены в перечень объектов, которые будут финансироваться за счет средств федерального бюджета в 2012–2014 гг. На доразведку месторождения хромитов Центральное выделены региональные инвестиции ЯНАО. Лицензия на добычу хро-

митов принадлежит Челябинскому электрометаллургическому заводу.

Неподтвержденность соответствующей геологической базы, освоение которой предполагалось в рамках проекта «Урал Промышленный – Урал Полярный», явилась причиной изменения стратегии реализации задач в сфере недропользования. Задача освоения полезных ископаемых по восточному склону Уральских гор отошла на второй план. Сегодня задачей «Корпорации развития» (ранее называемой «Корпорацией «Урал Промышленный – Урал Полярный»), возглавляющей проект, является поддержка «локомотивных проектов» в сфере транспортной инфраструктуры (Северный широтный ход и освоение полуострова Ямал с выходом на Северный морской путь) [2].

Организационный механизм процесса недропользования в ЯНАО. Руководящим органом по планированию и организации процесса недропользования является территориальное управление по недропользованию «Ямалнедра», которое непосредственно выполняет функцию государственного регулирования недропользования на уровне округа и подчиняется федеральному управлению по недропользованию. Территориальному управлению «Ямалнедра» подчиняются: территориальная комиссия по разработке месторождений твердых полезных ископаемых; Департамент природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямalo-Ненецкого автономного округа и Комиссия по лицензированию ЯНАО (рис. 1).

Территориальная комиссия по разработке месторождений твердых полезных ископаемых Управления по недропользованию по Ямalo-Ненецкому автономному округу (далее ТКР-ТПИ «Ямалнедра») является коллегиальным органом «Ямалнедра», который создается приказом «Ямалнедра» в целях реализации постановления Правительства Российской Федерации от 03.03.2010 № 118 «Об утверждении положения о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых и иной проектной документации на выполнение работ, связанных с использованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами» для обеспече-

ния рационального и комплексного использования минерально-сырьевого потенциала твердых полезных ископаемых, содержащегося в недрах Российской Федерации [3].

Департамент природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямало-Ненецкого автономного округа является центральным исполнительным органом государственной власти автономного округа, проводящим государственную политику, осуществляющим исполнительно-распорядительную деятельность и государственный надзор, а также обеспечивающим реализацию полномочий округа как субъекта Российской Федерации в следующих

областях:

– использование и охрана недр, водных объектов, лесов, объектов животного мира и водных биологических ресурсов;

– охраны окружающей среды, атмосферного воздуха, обращения отходов производства и потребления, а также организации и проведения государственной экологической экспертизы объектов регионального уровня;

– образования, охраны и использования особо охраняемых природных территорий регионального значения [4].

Комиссия по лицензированию ЯНАО рассматривает заявочные материалы и принимает решения о выдаче или отказе в выдаче

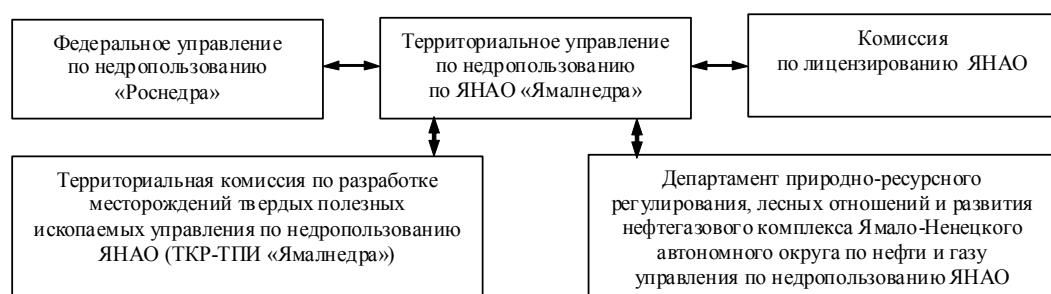


Рис. 1. Органы, обеспечивающие процесс недропользования в Ямало-Ненецком автономном округе

лицензии применительно к месторождениям, находящимся в компетенции округа (общераспространенных полезных ископаемых). Решение Комиссии по лицензированию оформляется протоколом.

**Лицензирование.** Предоставление права пользования недрами осуществляется при помощи института лицензирования, являющегося одной из важнейших форм государственного регулирования недропользования. Правовой основой государственной системы лицензирования являются Закон РФ «О недрах» и «Положение о порядке лицензирования пользования недрами», утвержденное Постановлением Верховного Совета Российской Федерации от 15 июля 1992 г. № 3314-1, Закон ЯНАО «О недропользовании в Ямало-Ненецком автономном округе» от 26 июня 2012 г. № 56-ЗАО. Предоставление лицензий осуществляется через государственную систему лицензирования, организационное обеспечение которой возлагается на «Роснедра». На территории ЯНАО эта функция возложена на Территориальное

управление по недропользованию «Ямалнедра» и комиссию по лицензированию.

Решение о выдаче лицензии принимается либо на уровне федерации, либо на уровне субъекта федерации в зависимости от принадлежности участков недр к компетенции «Роснедра» или «Ямалнедра». Лицензирование месторождений федерального значения осуществляется с учетом особого режим доступа для иностранных инвесторов в соответствии с федеральными законами от 29 апреля 2008 г.: № 57-ФЗ «О порядке осуществления иностранных инвестиций в хозяйственные общества, имеющие стратегическое значение для обороны страны и безопасности государства»; № 58-ФЗ «О внесении изменений в законодательные акты, связанные с принятием федерального закона № 57 ФЗ». В компетенции ЯНАО находятся месторождения общераспространенных полезных ископаемых.

Финансирование геологического изучения за счет государственных средств осуществляется по объектам, включенным в програм-

мы геологического изучения недр, утвержденные Министерством природных ресурсов и экологии РФ. В перечень объектов, финансируемых в рамках Государственного заказа «Роснедра» по воспроизведству минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых из федерального бюджета на 2012–2014 гг., включены хромовые ресурсы ЯНАО с целью проведения локального прогноза хромитового оруденения в пределах северной части Райизского и Сыумкеуского ультраосновных массивов с целью конкретизации участков для проведения поисковых работ. Предоставление в пользование участков недр в целях геологического изучения, проводимых за счет собственных (в том числе привлеченных) средств пользователей недр, осуществляется по объектам, включенным в перечни, утверждаемые Министерством природных ресурсов и экологии РФ. Перечни объектов формируются на основании планов геологического изучения недр и заявок недропользователей [5].

Геологоразведочные работы в области углеводородного сырья в 2011 г. в регионе проводили 33 предприятия на 84 лицензионных участках. Лицензии на геологоразведку и разработку крупных месторождений углеводородного сырья принадлежат ОАО «Газпром» и ООО «Газпром геологоразведка». ООО «Газпром геологоразведка» – на 100 % дочернее предприятие ОАО «Газпром». Общество создано для реализации программы развития минерально-сырьевой базы (МСБ) газовой промышленности до 2035 г. Программа предусматривает расширенное воспроизведение МСБ с учетом меняющейся структуры запасов и смещения центров добычи природного газа в новые регионы: полуостров Ямал, Восточную Сибирь и Дальний Восток, шельф РФ [6]. Компания «Газпром геологоразведка» приступила к масштабному комплексу геологоразведочных работ для поиска и разведки новых месторождений и залежей углеводородов, восполнения и развития минерально-сырьевой базы региона на Ямале. Она проводит работы на 15 лицензионных участках.

Комплексное освоение месторождений углеводородного сырья на суше Ямала планируется осуществлять путем создания трех промышленных зон – Бованенковской, Тамбейской и Южной, с каждой из которых связана

своя группа месторождений. Лицензии на освоение принадлежат группе «Газпром». На разработку Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения выдана лицензия компании ОАО «Ямал СПГ». Большая часть добычи газа в округе, производимой 26 компаниями на основании лицензий на добычу и геологическое изучение, приходится на:

- ООО «Ямбурггаздобыча» – дочернюю компанию ОАО «Газпром» (около 40 % общего объема добычи газа);
- ООО «Уренгойгазпром» (около 25 % общего объема добычи газа);
- ООО «Газпром добыча Ноябрьск», входит в тройку лидеров дочерних предприятий ОАО «Газпром» (около 12 % общего объема добычи газа);
- ООО «Газпром добыча Надым», имеющее лицензии на геологоразведочные работы и добычу нефти, газа, газового конденсата (добыча более 11 % общего объема добычи газа) [7].

Большая часть добычи нефти в округе, осуществляющей более чем 20 компаниями на основании лицензий на добычу и геологическое изучение, приходится на:

- ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» – дочернюю компанию ОАО «Газпром» (около 28 % общего объема добычи нефти);
- ОАО «НК «Роснефть» (около 27 % общего объема добычи нефти);
- ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз», входит в вертикально интегрированную компанию ОАО «Сибнефть» (около 26 % общего объема добычи нефти);
- ООО «Заполярнефть» (около 9 % общего объема добычи нефти) [7].

Предоставление права доступа (лицензирования) в ЯНАО осуществляется применительно к следующим твердым полезным ископаемым:

– золото – лицензией на геологическое изучение и добычу золота на коренном месторождении Новогоднее-Монто владеет ОАО «Ямалзолото», лицензией на геологическое изучение и добычу на Петропавловском месторождении владеет ЗАО «Сибминерал»;

– олово – три коренных комплексных редкометалльных месторождений Тайкеуской группы: Тайкеуское, Усть-Мроморное и Лонгот-Юганское учтены в нераспределенном

фонде, право пользования не предоставлено;  
– барит-свинцовые руды – месторождение Саурейское, учтено в нераспределенном фонде, право пользования не предоставлено;

– фосфориты – Софроновское месторождение (участок «Центральный») учтено в нераспределенном фонде; по лицензии СХЛ 01830 ОАО «Полярно-Уральское горно-металлургическое предприятие» за период 2006-2008 гг. были проведены оценочные работы, право пользования не предоставлено.

– хромовые руды – лицензией на геологическое изучение и добычу Центрального месторождения владеет ООО «Челябинский электрометаллургический комбинат»; срок действия лицензии до 2021 г.; лицензия на право пользования Западным месторождением принадлежит ЗАО «Северхром»; месторождение 214 учтено в нераспределенном фонде, право пользования на него не предоставлено;

– железные руды – лицензией на подготовку к освоению месторождения Новогоднее Манто владеет ОАО «Ямалзолото» (лицензия СХЛ 01212 БР); месторождение Юнь-Ягинское учтено в нераспределенном фонде, право пользования на него не предоставлено;

– общераспространенные полезные ископаемые – лицензией на добычу (производство) строительного камня в пос. Харп обладает ОАО «Ямалнефтегазжелезобетон»; кроме того, строительный камень является элементом вскрыши при добыче золота ОАО «Ямалзолото».

Формы предоставления права пользования недрами, согласно федеральному и региональному законодательствам о недрах, применяемым в ЯНАО, – конкурсы и аукционы. Что касается месторождений федерального значения и других значимых месторождений, то основной формой является аукцион, относительно общераспространенных – конкурсы.

Без аукциона лицензии выдаются только по факту открытия месторождения. Конкурсы и аукционы проводятся Федеральным агентством по недропользованию или по поручению Управлению «Ямалнедра». Заявка на получение лицензий на поиск, разведку и добычу общераспространенных полезных ископаемых, а так же для целей сбора минералогических, палеонтологических и других коллекционных материалов должна направляться в

Департамент природно-ресурсного регулирования и развития нефтегазового комплекса Ямalo-Ненецкого автономного округа. Перечень участков недр по ЯНАО предлагаемых для предоставления в пользование Роснедра на 2011 г. по твердым полезным ископаемым, представлен в таблице [8].

В августе 2012 г. Федеральным агентством по недропользованию были выставлены на аукцион на право пользования недрами с целью геологического изучения, разведки и добычи углеводородного сырья на Апакопурском, Восточно-Эдельяхинском, Западно-Новогоднем, Новоноябрьском, Северо-Вынтовском, Южно-Апакопурском участках Ямalo-Ненецкого автономного округа. Стартовый размер платежа за право пользования участком недр: Апакопурский – 154,5 млн р., Восточно-Эдельяхинский – 16,5 млн р., Западно-Новогодний – 177,1 млн р., Новоноябрьский – 71 млн р., Северо-Вынтовский – 47 млн р., Южно-Апакопурский – 34,5 млн р. [8].

Освоение минерально-сырьевой базы ЯНАО осуществляется в рамках частно-государственного партнерства как между российскими, так и зарубежными компаниями. Сегодня финансирование в основном осуществляется со стороны ОАО «Газпром», ОАО «Роснефть», имеющих в своем составе дочерние компании, располагающие значительной долей государственного капитала, а также за счет собственных средств других предприятий-недропользователей. Так, доля иностранных инвестиций на добычу углеводородного сырья от общего объема инвестиций в период январь-июнь 2012 г. в сумме 1022,2 млн дол. США в округе составила менее 29 % [9].

К тому же общий объем иностранных инвестиций в процентах к соответствующему периоду предыдущего года составил менее 27 %, что свидетельствует об осторожном поведении иностранных инвесторов в силу их неуверенности в экономико-политической ситуации России. К основным странам-инвесторам относятся Великобритания и Германия.

Примером российско-английского партнерства является участие английской компании TNK-BP International (через дочернюю компанию ЗАО «Роспан интернешнл», владение 44 % ее акций) в добыче газа [10]. Компанией также создается инфраструктура на

месторождениях, в частности строительство межпромыслового газопровода Сузун-Пурле. Завершаются полевые инженерные изыскания на месторождении Сузунское, геологоразведочные работы по Мессояхскому месторождению вязкой нефти, на Русском месторождении будет пробурено 7 скважин в 2012 г. Значительные запасы газа открыты на Русско-Реченском месторождении. Начало эксплуатации – 2019 г. Завершены инженерные изыскания по строительству внутрипромыслового газопровода. На 2012 г. запланированы закупка материалов и начало строительства. Ввод в эксплуатацию газопровода должен состояться в конце 2015 г.

Другим примером частно-государственного партнерства при освоении минерально-сырьевой базы ЯНАО может служить совместное предприятие ОАО «Газпром» и вьетнамской фирмы «Petrovietnam» – «Газпромвьет», которое создано в 2008 г. для работы на территории России и третьих стран. Доля участия «Газпрома» – 51 %, Petrovietnam – 49 %. Предприятие получило лицензию на геологическое изучение и добычу газоконденсатного сырья на Северо-Пурловском месторождении округа с запасами около 60 млрд м<sup>3</sup>. В свою очередь, «Газпром» во «Вьетгазпром» представлен единым специализированным предприятием «Газпрома» по разведке и последующей добыче углеводородов «Gazprom International». Между ОАО «Газпром» и «Petrovietnam» подписан нефтегазовый контракт по работам на континентальном шельфе Республики Вьетнам на 30 лет. По контракту должны быть выполнены работы по разведке, разработке и добыче углеводородов. Контракт реализуется на условиях раздела продукции. Оператор по контракту – СОК «Вьетгазпром». Между «Газпром» и «Petrovietnam» в конце 2009 г. подписан договор о стратегическом партнерстве. В соответствии с этим документом стороны продолжают совместную работу на континентальном шельфе Вьетнама в рамках ранее подписанных нефтегазовых контрактов, а также рассматриваются дальнейшие возможности сотрудничества на свободных лицензионных блоках континентального шельфа Вьетнама. Соглашением также предусмотрено активное сотрудничество «Газпрома» и «Petrovietnam» в разнообразных нефте-

газовых проектах в России, Вьетнаме и третьих странах в рамках компании «Газпромвьет». Базовый объект сотрудничества в России – Нагумановское нефтегазоконденсатное месторождение, находящееся в Оренбургской области. Отмечено, что в перспективе партнерство может быть привлечено к работе на других лицензионных участках.

Существующая институциональная среда недропользования в ЯНАО полностью координируется с международными и федеральными формальными правилами и организационными структурами, осуществляющими процесс недропользования. Однако для дальнейшего эффективного сопровождения воспроизводства и развития минерально-сырьевой базы округа необходима ее своевременная трансформации, связанная с изменениями в данной сфере деятельности и необходимостью совершенствования соответствующих институтов и инструментов.

Необходимая трансформация связана, в первую очередь:

- с практически решенными в настоящее время вопросами о совершенствовании федерального законодательства о недрах в части повышения доли участия иностранных инвесторов с 10 до 25 % в российских компаниях, которые будут заниматься разработкой месторождений федерального значения; возможности заниматься не только разведкой, но и добычей полезных ископаемых на нижележащих горизонтах ранее изученных участков недр; предоставления налоговых каникул на НДПИ для новых месторождений нефти (на срок до 5 лет);

- необходимостью приведения существующей системы учета ресурсов и запасов ЯНАО в соответствие с международными стандартами по CRIRSCO (Объединенный комитет по международным стандартам отчетности о запасах и ресурсах) и принятым в России 31 октября 2011 года российским Кодексом отчетности – НАЭН (национальной ассоциации экспертов недропользования);

- выдвижением инициативы со стороны ЯНАО по созданию в округе Международного научного центра изучения Арктики с отделением на острове Белый и присвоением автономному округу статуса международного центра по развитию гуманитарного и научного со-

**Перечень участков недр по ЯНАО, предлагаемых для предоставления в пользование на 2011 г.**

Полезное ископающее сырье	Участок недр (Месторождение, перспективная площадь, горизонт и т. д.), месторождение (район)	Общая площадь, км <sup>2</sup>	Запасы и прогнозные ресурсы	Протокол экспертизы запасов	Вид пользования недрами	Форма предоставления участка недр в пользование	Планируемые сроки проведения аукциона (конкурса). Орган, осуществляющий предоставление участка недр в пользование	Письмо уполномоченного органа о направлении (отсутствии) ОЮПТ на участие недр
Железные руды	Юньягинское месторождение, Пургуральский район	2,04	Прогнозные ресурсы категории Р <sub>1</sub> – 54,2 млн т	НГС «Яманнедра» (протокол от 22.06.10 изучение, разведка и добыча)	Геологическое Аукцион	III квартал, Ростснегра	Департамент по охране, воспроизводству и регулированию использования биоресурсов ЯНАО от 13.08.09 № 01-16/1964 Минприроды России от 30.09.09 № 12-46/13854	
Хромовые руды	Участок 214, Приуральский район	0,12	Прогнозные ресурсы категории Р <sub>1</sub> – 146 тыс. т	НГС «Яманнедра» (протокол от 22.06.10 изучение, разведка и добыча)	Геологическое Аукцион	III квартал, Ростснегра	Департамент по охране, воспроизводству и регулированию использования биоресурсов ЯНАО от 13.08.09 № 01-16/2590 Минприроды России от 30.09.09 № 12-46/13529	
Хромовые руды	Северо-Войкарская площадь, Шурышкарский район	226,45	Запасы категории С <sub>2</sub> – 1343,1 тыс. т Прогнозные ресурсы категории Р <sub>1</sub> – 989,1 тыс. т категории Р <sub>2</sub> – 4100 тыс. т	ФГУС ВИМС (экспертное заключение от 02.10.07 № 465/5	Геологическое Аукцион	III квартал, Ростснегра	Департамент по охране, воспроизводству и регулированию использования биоресурсов ЯНАО от 05.10.09 № 01-16/2275	
Фосфаты	Софроновское, Приуральский район	7,39	Запасы С <sub>1</sub> – 1446 тыс. т, С <sub>2</sub> – 1034 тыс. т	ГКЗ «Уралнедра» (протокол от 11.01.10 добыча № 146)	Разведка и добыча	Аукцион	III квартал, Ростснегра	Департамент по охране, воспроизводству и регулированию использования биоресурсов ЯНАО от 05.10.09 № 01-16/2275
Золото коренное и россыпное	Пожемавиский, Шурышкарский район	53,9	Коренное золото: прогнозные ресурсы категории Р <sub>3</sub> – 29 т Россыпное золото: запасы категории С <sub>2</sub> – 47 кг Прогнозные ресурсы категории Р <sub>1</sub> – 1т	НГС ФГУП «ВСЕГЕИ» (протокол от 22.06.10 изучение, разведка и добыча № 24/10) ГКЗ (протокол от 11.10.99 № 3/99) НГС МПР (протокол от 12.08.03 № 07-11/0347-1р)	Геологическое Аукцион	IV квартал, Ростснегра	Департамент по охране, воспроизводству и регулированию использования биоресурсов ЯНАО от 05.10.09 № 01-16/2275 Минприроды России от 07.10.09 № 12-46/14145	

трудничества в Арктике [11] и т. д., а также с нерешенными, но в перспективе требующими соответствующего изменения институциональной среды вопросами создания возможностей для образования юниорных (малых) геологических, специализирующихся на выполнении поисковых геологоразведочных работ; возможности использования природных ресурсов в существующем российском концессионном законодательстве в качестве объекта концессии; совершенствования механизма функционирования и поддержки инновационных

процессов в недропользовании посредством развития венчурного финансирования и финансирования из специализированных инновационных фондов; стимулирования российских и иностранных сервисных компаний к активной деятельности, в том числе к внедрению инноваций в освоение новых месторождений углеводородного сырья с помощью возможности разделения премии в соответствии с паритетным распределением операционных затрат на проведение геологоразведочных работ и др.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конышев В. Н., Рыхтик М. И., Сергунин А. А. Арктическая стратегия европейских стран: проблемы и перспективы // Арктика: зона мира и сотрудничества. М.: ИМЭМО РАН, 2011. 160 с.
2. Кириллов Б. «Корпорация развития» набирает обороты // Уральский Федеральный округ. Общественно-политический журнал. 2012. № 1/2. С. 24-25.
3. Положение территориальной комиссии по разработке месторождений твердых полезных ископаемых управления по недропользованию по Ямало-Ненецкому автономному округу: приказ «Ямалнедра» от 16.08.2010 № 59. URL: <http://yamalnedra.com>
4. Постановление Правительства ЯНАО от 12 декабря 2011 г. № 896-П «Об утверждении Положения о Департаменте природно-ресурсного регулирования, лесных отношений и развития нефтегазового комплекса Ямало-Ненецкого автономного округа». [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.pravo.ru>
5. Регламент лицензирования недропользования ЯНАО, утвержденный начальником Управления по недропользованию по ЯНАО А. В. Мельниковым 2 ноября 2009 г.
6. «Дочка» Газпрома займется геологоразведкой в Ямальском районе. URL: <http://uralpolit.ru/region/urfo>
7. Государственный баланс запасов полезных ископаемых РФ на 1.01.2010 г. Газ. М.: МПРЭ РФ, РОСГЕОФОНД. 2011. 79 с.
8. URL: <http://yamalnedra.com>
9. Иностранные инвестиции. URL: <http://www.tumstat.gks.ru>
10. URL: <http://www.tnk-bp.ru/enterprises/rospan>
11. Ямал – столица Арктики // Эксперт-Урал. 2012. № 27. С. 27-38.

Поступила в редакцию 4 апреля 2013 г.

*Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН. Проект № 12-7-8-007 «Формирование институциональных основ и организационно-экономических механизмов инновационного освоения арктических территорий».*

**Полянская Ирина Геннадьевна** – кандидат экономических наук, доцент, руководитель сектора экономико-правовых проблем недропользования. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: [irina-pol2004@mail.ru](mailto:irina-pol2004@mail.ru)

**Масленников Владимир Викторович** – ведущий экономист сектора экономико-правовых проблем недропользования. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: [maslennikov.1950@mail.ru](mailto:maslennikov.1950@mail.ru)

# МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УЧЕТУ И ОЦЕНКЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ ОСВОЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

А. А. Литвинова, М. Н. Игнатьева

В настоящее время биологическое разнообразие имеет первостепенное значение для нормального функционирования экосистем и биосфера в целом, способствует устойчивому социально-экономическому развитию региона. Дальнейшее освоение северных территорий требует перехода от моноресурсного подхода к экосистемному подходу в природопользовании. В статье в методическом плане рассматриваются вопросы учета и оценки биологического разнообразия при разработке стратегии освоения полярных и арктических территорий.

*Ключевые слова:* биологическое разнообразие; равновесное природопользование; системный подход; ключевые районы сохранения биоразнообразия; устойчивость экосистем.

В важнейших международных документах: Декларации Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды (Стокгольм, 1972) [1], Докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее» (1987) [2], Конвенции о биологическом разнообразии (1992 г.) [3], Докладе Всемирной конференции ООН по устойчивому развитию (2002) [4] – сформулированы современные принципы сохранения среды жизни:

– *принцип всеобщей связи в живой природе:* выпадение одного звена в сложной цепи трофических и иных связей в природе может привести к непредвиденным результатам;

– *принцип потенциальной полезности каждого компонента живой природы:* невозможно предвидеть, какое значение для человечества будет иметь тот или иной вид в будущем;

– *принцип необходимости сохранения биологического разнообразия:* только многообразная и разнообразная живая природа оказывается устойчивой и высокопродуктивной.

Термин *биоразнообразие* приобрел официальное значение после принятия на конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) Конвенции о биологическом разнообразии. В соответствии с Конвенцией биологическое разнообразие означает

вариабельность живых организмов из всех источников, включая, среди прочего, наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются; это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем [3]. Научными исследованиями доказано, что необходимым условием для нормального функционирования экосистем и биосфера в целом является достаточный уровень природного разнообразия. Биологическое разнообразие обеспечивает богатство информационных, вещественных и энергетических связей живого и косного вещества, а также взаимосвязи биосферы с космосом, геосферами, процессы глобального биогеохимического круговорота. Таким образом, биологическое разнообразие выполняет ряд основных функций, необходимых для поддержания жизни на планете и для существования человека: производственную (ресурсную), средообразующую, информационную и духовно-эстетическую. Масштабные исследования, проведенные в разных странах на сегодняшний день, позволяют сделать принципиально важный вывод: биоразнообразие должно быть включено в список важнейших факторов, которые поддерживают стабильность окружающей среды и экологически устойчивое развитие общества. Данный тезис подчеркивается в Конвенции о биологическом разнообразии

зии [3], Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России [5], докладе «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» [6], Экологической доктрине Российской Федерации [7] и др.

Сокращение биоразнообразия занимает особое место среди основных глобальных экологических проблем современности. Происходит массовое уничтожение природных экосистем, исчезновение видов живых организмов, сокращение генофонда. В отношении наземных экосистем самой серьезной проблемой на протяжении последних 50 лет считается изменение растительного покрова (15 % всей мировой суша уже деградировало), морских и внутренних пресноводных экосистем – снижение биопродуктивности. Основными причинами сокращения биологического разнообразия являются:

- изменение абиотических факторов экосистем, приводящее к изменению и сокращению мест обитания и миграционных путей видов и популяций;
- повышение эксплуатация различных биологических видов, особенно имеющих коммерческую ценность;
- интродукция инвазивных чужеродных видов в результате роста транспорта, туризма, и торговли в связи с глобализацией;
- изменение глобального климата.

Таким образом, биосфера разрушается в двух направлениях, взаимно усиливающих друг друга:

- с одной стороны, живая оболочка планеты становится все меньше и тоньше – сокращается площадь природных экосистем, уменьшаются численность и ареалы видов и по-пуляций, снижается биомасса сообществ;
- с другой стороны, нарушается структура оставшихся природных систем, утрачивается видовое и внутривидовое разнообразие, происходят упрощение и гомогенизация живого покрова [8].

Свою специфику имеют проблемы сохранения биоразнообразия в условиях освоения природных ресурсов Арктики, играющей особую роль в глобальных процессах. Россия играет ключевую роль в сохранении биоразнообразия арктических экосистем, поскольку именно в российском секторе представлены наиболее типичные арктические ландшафты,

а также обитает до 90 % типичных арктических видов [9]. Специфические природные факторы, которые обуславливают развитие арктических экосистем и их исключительную уязвимость, включают в себя: экстремальные экологические условия, характеризующиеся дефицитом тепла; неустойчивость климатических условий, определяющих повышенную динамичность экосистем; аккумулирование загрязняющих веществ на относительно небольшой площади арктических экосистем в процессе их переносов воздушными массами, реками, морскими течениями и мигрирующими животными с сопредельных территорий; постоянное присутствие морского льда в Арктическом бассейне.

Все обозначенные природные факторы обуславливают и специфические особенности арктических экосистем. Ведущими интегральными параметрами, определяющими неустойчивость арктических экосистем, можно считать [9, 10]:

- незначительное видовое разнообразие и его резкое снижение с юга на север из-за уменьшения количества климатического тепла, что обуславливает и резкое возрастание эволюционно-экологической и практической значимости каждого вида;
- высокую степень доминантности наиболее активных видов, уничтожение которых или сокращение численности их популяций влечет за собой значительную перестройку экосистемы в целом;
- преобладание (особенно в самой супервой высокоширотной полосе) группы организмов с признаками примитивности, архаичности, со специфическим и суженным адаптивным потенциалом;
- присутствие исключительного синергизма воздействия природных и антропогенных изменений среды, способного вызывать «каскадный» эффект и мультиплицирование последствий по площади, разнообразию трансформируемых компонентов и по глубине изменений;
- «открытость» нарушенных экосистем и новых антропогенных местообитаний для инвазий чужеродных видов.

В настоящее время вследствие фронтального и даже сплошного освоения территорий и акваторий Арктики на фоне достаточно глу-

боких природных изменений (глобальные и региональные перестройки климата, изменения в циркуляции атмосферы, уровня Мирового океана, тектонических движений) происходит активная деградация экосистемного, видового и генетического биоразнообразия [9, 10 и др.]. Происходят уничтожение, изменение, сокращение и фрагментация природных экосистем и местообитаний арктической флоры и фауны, изменение численности и распространения арктической биоты, проявление ее новых качеств и закономерностей динамики, что неминуемо ведет к нарушению механизмов биотической регуляции окружающей среды на локальном, региональном и глобальном уровнях. Все сказанное предполагает изменение отношения к учету биоразнообразия в процессе дальнейшего освоения арктических территорий, которое должно осуществляться в рамках равновесного природопользования [11, 12] с учетом основных положений концепции биотической регуляции окружающей среды, изложенной в трудах В. Г. Горшкова, В. И. Данилова-Данильяна, К. С. Лосева [13–15] и др.

Реализация равновесного природопользования требует перехода от моноресурсного к экосистемному подходу в природопользовании. Уже на первых совещаниях стран-участниц Конвенции о биологическом разнообразии (КБР) были четко определены первоочередные задачи, реализация которых требует сохранения не только отдельных видов организмов или их популяций, но и экосистем в целом. Официально экосистемный подход был принят для применения во всех странах мира, которые подписали КБР, на Пятой Конференции сторон КБР (г. Найроби, 2000) [16]. Считается, что именно с помощью экосистемного подхода можно будет гарантировать достижение трех целей КБР: сохранение биологического разнообразия, устойчивого использования его компонентов и совместного получения на справедливой и равной основе выгод, связанных с использованием генетических ресурсов. Из рекомендованных Конференцией двенадцати принципов и пяти положений экосистемного подхода, на наш взгляд, в рамках решения вопроса сохранения биоразнообразия арктических экосистем следует выделить следующее: экосистемы

имеют сложную и динамическую природу; экологические последствия имеют длительный временной лаг; в экосистемном подходе важное место занимает концепция гомеостаза (саморегуляции); одной из первоочередных задач экосистемного подхода является сохранение структуры и функций экосистемы в целях поддержания экосистемных услуг; экосистемный подход учитывает иерархическую природу биологического разнообразия, характеризующуюся взаимодействием и интеграцией на генном, видовом и экосистемном уровнях; экосистемный подход должен обеспечивать достижение надлежащего равновесия между сохранением и использованием биологического разнообразия и их интеграцию. Авторами поддерживается точка зрения ученых, которые считают, что экосистемный подход следует рассматривать не как средство по управлению экосистемами, а как средство по управлению антропогенной деятельностью, основанное на наиболее полных знаниях об экосистемах с целью обеспечения долгосрочного сохранения здоровья и устойчивости отдельных экосистем для поддержания экосистемного единства и целостности.

В условиях арктических территорий равновесное природопользование предполагает реализацию следующих основополагающих принципов:

- применение экосистемного подхода на базе развития знаний о функционировании экосистем разного уровня;
- приоритетность целей сохранения биологического разнообразия в отношении целей экономического развития;
- достижение равновесия между охраной и использованием биологического разнообразия на базе формирования сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ);
- использование экосистемного экологического нормирования при определении региональных экологических ограничений по использованию биоразнообразия;
- формирование экологически сбалансированной территориальной структуры на базе учета экологической техноЕмкости территории, уникальности и уязвимости арктических экосистем.

Предлагаемый методологический подход учета биологического разнообразия в услови-

ях освоения арктических территорий предусматривает два самостоятельных, но тесно связанных между собой этапа: первый – хозяйственно-экологическое зонирование территории; второй – учет и оценка биоразнообразия в сценариях освоения природных ресурсов

территории. Логико-структурная схема учета биоразнообразия представлена на рисунке.

Хозяйственно-экологическое зонирование производится на базе комплексного экологического районирования территории по степени уникальности экосистем и их устойчивости

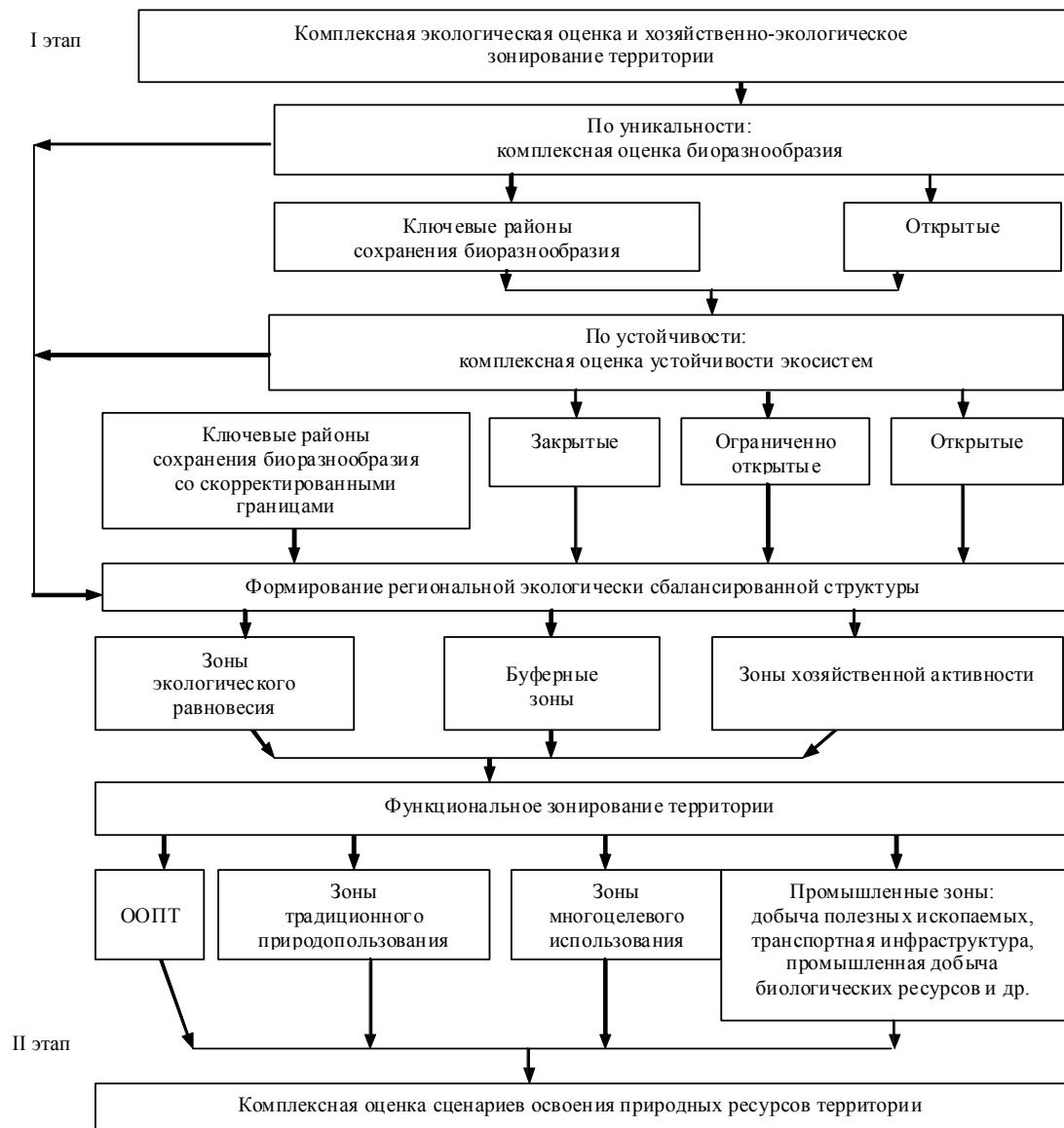


Рис. Логико-структурная схема учета биоразнообразия

к техногенным воздействиям.

Считаем наиболее целесообразным обращение к системе карт, при этом по каждому оценочному показателю проводится зонирование территории, а затем все «частные» карты сопоставляются между собой (накладываются друг на друга). Оценка территории по уни-

кальности реализуется в процессе обоснования ключевых природных территорий (районов) для сохранения биологического разнообразия. Выделение природных территорий, подлежащих охране, производится с учетом всех видов биотических компонентов (почвенно-растительный покров, фаунистические и гидроби-

ологические комплексы) на основе разработанных оценочных шкал и построения покомпонентных оценочных карт с учетом ландшафтной структуры территории. Общими критериями выделения ключевых районов для сохранения биологического разнообразия являются: наличие типичных зональных комплексов с характерной арктической флорой и фауной; большое общее видовое богатство и разнообразие сообществ с наибольшим видовым разнообразием; наличие ценных мест обитания (уникальные места обитания видов и популяций, занесенных в Красную книгу, эндемических и реликтовых видов, видов ценных в генетико-селекционном отношении, основные места обитания арктических видов; важные биотопы на путях миграции птиц); высокая значимость экосистемных услуг регионального/глобального уровней.

Для условий лесотундры и субарктических тундр выделение ключевых районов для сохранения биологического разнообразия по почвенно-растительному покрову рекомендуется осуществлять на основе геоботанической карты с использованием геоботанических карт ключевых участков, данных космической съемки, геоботанических профилей для всех основных типов ландшафтов. При выделении ключевых районов в отношении *животного мира* также возможно использование геоботанической карты, на которой типы растительности пробонитированы с точки зрения пригодности для обитания охотниче-промышленных животных, а также нанесены места обитания ценных и уникальных популяций животных, нуждающихся в охране. Оценка и дифференциация *водных экосистем* по ихтиологическим показателям учитывает биологические особенности не только рыб, но и других промысловых и ценных видов животных и растений водных объектов, а также особенности их распространения. Водные объекты региона оцениваются по балльной шкале при учете таких показателей, как видовое разнообразие, биопродуктивность, значимость водоема для нагула, воспроизводства и зимовки обитателей водных объектов.

Для условий морских акваторий, шельфовой и прибрежной зон (арктические пустыни и арктические тундры) выделение ключевых районов рекомендуется выполнять с учетом

методологии, изложенной в Атласе биологического разнообразия морей и побережий Российской Арктики. Методология базируется на физико-географическом и биогеографическом районировании, выделении пограничных биотопов и ареалов распространения эндемиков и средообразующих арктических видов [17].

В результате оценки территории по *的独特性* получаем результатирующую карту ключевых районов разной степени ценности. Рекомендуется выделение пяти типов ключевых районов со своим набором баллов по экологической ценности: ландшафтные, комплексные (например, зоолого-ботанические), ботанические, зоологические, ихтиологические. Как правило, в границах выделенных районов находятся существующие особо охраняемые природные территории (заповедники, национальные природные парки, природные парки, памятники природы, природные заказники и пр.). По результатам комплексного экологического районирования территории по *的独特性* производится ее дифференциация по степени пригодности для хозяйственного освоения. Предполагается выделение двух типов территорий: ключевые районы сохранения биоразнообразия и открытые территории для хозяйственного освоения.

Для малоосвоенных арктических территорий обязательным и наиболее важным этапом является оценка территории по *устойчивости* экосистем к климатическим изменениям (климатической устойчивости), механическим нарушениям в условиях криолитозоны (физической устойчивости) и химическому загрязнению (геохимической устойчивости). Для проведения оценки *климатической устойчивости* и выделения зон, значимых для сохранения биоты Арктики, рекомендуется использовать метод быстрой оценки способности восстановления циркум-арктических экосистем (RACER), разработанный командой Всемирного фонда Дикой Природы (WWF) [18].

В условиях освоения природных ресурсов арктических районов, особенно освоения шельфа и побережья морей с целью добычи нефти и природного газа, обязательным элементом является оценка *устойчивости к механическим нарушениям*, которые возникают при строительстве технологических объектов. В

ландшафтах криолитозоны при механических нарушениях поверхности в первую очередь повреждается растительный покров, что ведет к нарушению теплофизических характеристик грунтов и интенсификации криогенных термоэрозионных процессов. На стадии ранней диагностики устойчивости экосистем (в основном для условий лесотундры и субарктических тундр) рекомендуется использовать методический подход, разработанный сотрудниками Института экологии животных и растений УрО РАН, заключающийся в сопряженном анализе толерантности и восстановительного потенциала почвенно-растительного покрова при различных типах техногенного воздействия с учетом разработанных ими оценочных шкал [19]. Для условий арктических пустынь и тундр рекомендуется использовать методологию диагностики устойчивости экосистем по интенсивности процессов трансформации органического вещества, на основе создания шкал устойчивости ареалов, используя данные о величине подстильно-опадного коэффициента [20]. Параллельно с оценкой устойчивости почвенно-растительного покрова целесообразно проведение оценки устойчивости ландшафтных природно-территориальных комплексов к прогнозным техногенным воздействиям. При этом могут быть использованы классификации топологических групп ландшафтов по уровням физической устойчивости, предложенные в работах [21, 22 и др.].

Как показывает опыт, при освоении нефтегазоносных территорий наибольшее по масштабам и глубине последствий имеет химическое загрязнение, особенно загрязнение нефтью и нефтепродуктами почво-растительного покрова. Диагностику устойчивости экосистем к нефтяному загрязнению рекомендуется осуществлять, используя основные положения методического подхода, разработанного сотрудниками Института экологии животных и растений УрО РАН [19]. Зонирование территории по геохимической устойчивости ландшафтов рекомендуется осуществлять с учетом основных свойств и характеристик ландшафтов, позволивших авторам работы [23] выделить топологические группы ландшафтов по уровням геохимической устойчивости к нефтяному загрязнению. При оценке устойчивости морских акваторий к нефтяному загряз-

нению рекомендуется использовать методологию, разработанную специалистами Мурманского морского биологического института КНЦ РАН и Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) [24].

В результате оценки территории по *устойчивости* получаем результатирующую карту с выделением зон максимально неустойчивых, высокой степени неустойчивых, средне-неустойчивых, минимально устойчивых, среднеустойчивых, высокоустойчивых и максимально устойчивых. На данном этапе производится корректировка границ ранее выделенных ключевых районов по сохранению биоразнообразия (дополнительному выделению подлежат участки наименее устойчивые, с трудом восстанавливющиеся экосистемы). В дальнейшем производится совмещение двух результатирующих карт: карта ключевых районов по сохранению биоразнообразия разной степени ценности и карта устойчивости территории к природным и техногенным воздействиям в целях формирования региональной экологически сбалансированной структуры на основе дифференциации территорий региона по степени пригодности для хозяйственного освоения.

Предлагается выделение трех типов территорий:

- зоны экологического равновесия – недоступные для хозяйственного использования: участки высокоценных ключевых районов (ООПТ первой категории); зоны, максимально неустойчивые к природному и техногенному воздействию;

- буферные зоны – ограниченно открытые для хозяйственного использования: частично доступные по уникальности (ООПТ второй категории, родовые угодья и т. п.); частично доступные по степени устойчивости экосистем (зоны высокой степени неустойчивости, средненеустойчивые, минимально устойчивые);

- зоны хозяйственной активности – открытые для хозяйственного использования – зоны со среднеустойчивыми, высокоустойчивыми и максимально устойчивыми экосистемами.

Дифференциация территорий региона по степени пригодности для хозяйственного освоения является основой для функционально-

го зонирования территорий, проводимого с учетом оценки совместности видов деятельности. Как правило, в конкурентных взаимоотношениях находятся биоресурсные виды природопользования, транспортная и природоохранная деятельность. В результате функционального зонирования получаем территориальное распределение следующих типов зон:

– зона обширных охраняемых природных участков – современная система ООПТ, в которой ООПТ функционально соединены между собой «зелеными меридианами», «зелеными поясами и коридорами», создающими единый экологический каркас региона (единый эконет);

– зона традиционного природопользования коренных малочисленных народов, которое является уникальным примером реализации экосистемного подхода в природопользовании;

– зона многоцелевого использования, где приоритеты многоцелевого использования должны быть предоставлены сохранению традиционного природопользования, охране, исследованию и мониторингу биологического разнообразия;

– зона промышленная (добыча полезных ископаемых, нефтедобыча, транспортная инфраструктура, промышленная добыча биологических ресурсов и т. п.), функционирующая на экосистемной основе, обеспечивающей безопасность биологического разнообразия.

*Второй этап* учета биоразнообразия предполагает проведение процедуры эколого-экономической оценки сценариев хозяйственного освоения территории, включающей: выявление источников воздействия, характера и силы воздействия на состояние биоразнообразия, объектов восприятия воздействия (генетическое, видовое, ландшафтное биоразнообразие), прогнозирование и оценку последствий сокращения биоразнообразия; обоснование возможности уменьшения отрицательных воздействий либо путем предотвращения нарушения экологического равновесия за счет изменения технологических параметров, разработки системы мер природоохранного характера и т. п., либо путем разработки мер компенсационного характера; стоимостную оценку затрат, связанных с предупреждением вреда, наносимого биоразнообразию; определение возможного остаточного экономического

ущерба (в натуральных и стоимостных показателях) от сокращения биоразнообразия; выработку системы критериев, которые следует использовать для установления экологических достоинств и недостатков оцениваемых сценариев в части биоразнообразия; отбор наиболее целесообразных альтернатив из имеющихся вариантов, в том числе и возможное отклонение сценариев.

Специфика учета биоразнообразия при оценке сценариев освоения ресурсов арктического региона на основе экосистемного подхода заключается в следующем:

– проведение комплексной оценки воздействия всего перечня объектов хозяйственной деятельности на экосистему с учетом долгосрочных последствий на базе организации интегрированного (комплексного) управления природопользованием в регионе; например, освоение континентального шельфа Баренцева моря (Штокмановское газоконденсатное месторождение, Приразломное нефтяное месторождение, Кольское месторождение) требует рассмотрения влияния на всю экосистему российской части Баренцева моря и организацию комплексного управления морской деятельностью;

– выявление взаимосвязей факторов функционирования хозяйствующего субъекта и показателей биоразнообразия региона; при этом важным моментом является обоснование расширенного перечня показателей биоразнообразия региона (видовая плотность, численность видов, структура популяций и т. д.);

– регламентация техногенной нагрузки на экосистемы с использованием методологии экологического нормирования; ключевым моментом в решении проблемы экологического нормирования является количественное определение пороговых и критических уровней воздействия для различных функциональных зон; экологическому нормированию подлежит и качество экосистем; в этом случае нормативы по своему назначению должны указывать на допустимую границу изменений параметров состояния экосистем («границы» показатели параметров), не приводящих к структурно-функциональным изменениям и к потере устойчивости экосистем;

– оценка возможного остаточного вреда от сокращения биоразнообразия в натуральных и стоимостных показателях, отображаю-

щих изменения на генетическом, видовом и экосистемном уровнях; использование при определении экономического ущерба от сокращения биоразнообразия концепции полной эко-

номической ценности, учитывающей не только прямые ресурсные функции биоразнообразия, но и регулирующие, ассимиляционные и прочие экосистемные услуги.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды. Нью-Йорк: ООН, 1973. 91 с.
2. Брунгланд Г. Х. Наше общее будущее. М., 1989. 180 с.
3. Конвенция о биологическом разнообразии, 1992. URL: <http://www.impb.ru/pdf/conv.pdf>
4. Johannesburg Declaration on Sustainable Development, A/CONF. 199/20, Chapter I, Resolution 1, Annex. 2002. URL: <http://www.un-documents.net/johannesburg-declaration.pdf>
5. Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России. М., 2001. URL: <http://biodata.ecoinfo.ru/doc/gef/A25.htm>
6. Оценка экосистем на пороге тысячелетия. Вашингтон: Институт мировых ресурсов, 2005. URL: <http://www.maweb.org/en/Reports.aspx#f>
7. Экологическая доктрина Российской Федерации: одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г., № 1225.
8. Павлов Д. С., Букварева Е. Н. Биоразнообразие, экосистемные функции и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. 2007. Т. 77, № 11. С. 974-986.
9. Состояние биоразнообразия природных экосистем России. URL: <http://www.biодат.ru/doc/biodiv/index.html>
10. Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (расширенное резюме) / отв. Ред. Б. А. Моргунов. М.: Научный мир, 2011. 200 с.
11. Олдак П. Г. Равновесное природопользование. Взгляд экономиста. Новосибирск: Наука, 1983 (сер.: Человек и окружающая среда). 129 с.
12. Акимова Т. А., Хаскин В. В. Экология. Человек-Экономика-Биота-Среда: учебник для студентов вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. 72 с.
13. Горшков В. Г. Концепция биотической регуляции окружающей среды // Экология. 1998. № 3. С. 163-170.
14. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С., Рейф И. Е. Перед главным вызовом цивилизации. М.: ИНФРА-М, 2005. 224 с.
15. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 432 с.
16. From Policy to Implementation: Decisions from the Fifth Meeting of the COP to CBD (Nairobi, Kenya, 15-26 May, 2000). Montreal, 2000. P. 35-41.
17. Атлас биологического разнообразия морей и побережий Российской Арктики. М.: WWF России, 2011. 64 с.
18. Снайдер Дж. Быстрая оценка способности восстановления циркум-арктических экосистем (RACER): рабочая основа и инструмент для направления мер адаптации экосистем в условиях значительного изменения климата. Канада: Всемирный Фонд Дикой природы (WWF). URL: [http://clier.ru/uploads/iimages/file\\_event\\_2700.pdf](http://clier.ru/uploads/iimages/file_event_2700.pdf)
19. Растительный покров и растительные ресурсы Полярного Урала / Л. М. Морозова [и др.]. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. 796 с.
20. Попова И. В. Диагностика устойчивости экосистем по интенсивности процессов трансформации органического вещества // Экологические системы и приборы. 2007. № 5. С. 3-5.
21. Природа Ямала / колл. авторов. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1995. С. 134-136.
22. Ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования в нефтегазопромысловых районах Западной Сибири (на примере Надым-Пур-Тазовского междуречья) / В. В. Козин [и др.] // Вестник Тюменского гос. ун-та, 2008. № 3. С. 200-215.
23. Сбор, подготовка и компримирование попутного нефтяного газа Комсомольского месторождения. Т. 2., кн. 4. Оценка воздействия на окружающую среду. Нижневартовск, 2007. С. 66-70.
24. Шавыкин А. А., Ильин Г. В., Суткайтис О. К. Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря от нефтяного загрязнения. URL: <http://biologtext.ru/66..htm>

Поступила в редакцию 4 апреля 2013 г.

*Публикация подготовлена в рамках программы Президиума РАН № 31 «Роль пространства и модернизации России; природный и социально-экономический потенциал» при финансовой поддержке УрО РАН, проект «Разработка стратегических ориентиров и институтов освоения северных, полярных и арктических территорий № 12-П-47-2013».*

**Литвинова Альбина Аркадьевна** – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: albina.litvinova@mail.ru

**Игнатьева Маргарита Николаевна** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории и предпринимательства. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: ief.ftp@ursmu.ru

## РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА В ЦЕЛЯХ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В. В. Балашенко, В. Г. Логинов, А. В. Душин

Обосновываются принципы районирования малоосвоенной территории на основе социально-экологического подхода. Наиболее важными в зонировании территории являются оценка и дифференциация ее к техногенным нагрузкам. Очевидно, что охране (запрещение использования) в первую очередь подлежат наименее устойчивые и с трудом восстанавливающиеся природные комплексы. Проведено зонирование территории восточного склона Приполярного Урала с выделением районов, где можно планировать разработку полезных ископаемых.

*Ключевые слова:* *территория; социально-экономический подход; особо охраняемые территории; последствия; минеральные ресурсы.*

Социально-экологический подход к исследованию различных территорий ориентирован на изучение изменений природы и общества, совокупности взаимодействия между ними, на системное исследование прямых, обратных и опосредованных связей между антропогенным воздействием на природный комплекс и его влиянием на население и хозяйство. Географическая дифференциация хозяйственной деятельности обуславливает пространственные различия в характере и уровне антропогенного воздействия. Вместе с тем различия типов ландшафтов, определяющих потенциал устойчивости к конкретным видам воздействия, влечет за собой отличие динамики изменений в природе и приводит к формированию пространственной дифференциации экологических ситуаций. В связи с этим большое значение имеет территориальный аспект оценки территории (территориальный (пространственный) подход). Территориальный подход позволяет учесть пространственные различия ландшафтов, этносов, хозяйства, быта, отдыха, культуры. ТERRитория является выразителем как частных (социальных, экономических, национально-этнических, экологических, политических и пр.), так и интегральных проблем. ТERRитория, таким образом, рассматривается с двух позиций. С одной стороны, это природный и социально-экономический ресурс, а с другой – объединяющее начало разных общностей людей, сфера жизнедеятельности населения. Как ресурс территория используется:

– в качестве места проживания;

- для извлечения природных ресурсов;
- для эксплуатации хозяйственных объектов и инфраструктурного обустройства;
- для создания особо охраняемых природных объектов (заповедников и заказников, в которых сохраняются типичные и реликтовые представители флоры и фауны).

Процесс территориальной организации общества постоянно регулируется и контролируется. При этом процедура регулирования осуществляется исходя из следующих принципов:

- приоритетное развитие социальной и экономической сфер на территории, ориентация на повышение качества жизни человека;
- формирование благоприятной среды для жизни людей на территории административными и экономическими методами;
- саморазвитие, самоорганизация и самообеспечение территориальных общественных систем;
- территориальное разделение и интеграция труда, услуг, науки, культуры, информации;
- свободное функционирование всех этносов, социумов и других территориальных общностей людей;
- научно обоснованное размещение материальных и нематериальных объектов с точки зрения человеческого благополучия, рыночной конъюнктуры и сохранения среды жизни населения;
- рациональное использование природных и интеллектуальных ресурсов, их охрана и вос-

производство.

Наиболее разработанным, обоснованным и исторически сложившимся является экономическое районирование (Н. Н. Колосовский, И. И. Белоусов, Н. Т. Агафонов, Т. М. Калашникова, Ю. Г. Саушкин, А. И. Чистобаев и др.). В последние десятилетия все большее распространение получает социально-экономическое, экологическое и эколого-экономическое районирование (зонирование), которое охватывает не только экономику, но и другие сферы жизнедеятельности людей. При этом принимаются во внимание социальные, демографические, природные, экономические, национальные, интеллектуальные и другие особенности территории. Экологическое зонирование трактуется законодательством РФ как «система мероприятий по наиболее точному и четкому установлению границ территорий, акваторий, воздушного пространства, природных объектов и ресурсов в целях обеспечения рационального их использования и охраны» [1]. С этой точки зрения, по мнению авторов определения, оно может быть территориальным (региональным и межрегиональным), экономическим, при котором учитываются возможности вредного экологического воздействия объектов хозяйствования; оно может быть и картографическим, геодезическим, землеустроительным, почвенным, горно-геологическим, санитарногигиеническим и т. п. Перечень объектов экологического зонирования остается открытым. Природные объекты при этом делятся на конкретные участки, территории, районы, зоны, где ведутся мониторинг, кадастр и учет различных параметров ресурсов и характеристик окружающей природной среды.

При эколого-экономическом районировании в число важнейших входят следующие принципы:

– принцип открытости: каждый эколого-экономический район является открытой природно-общественной системой и участвует во всех процессах, мирохозяйственных связях и рыночных отношениях; особенно широко эколого-экономические районы участвуют в природных круговоротах воды, воздуха, почвы, лесных и других ресурсов;

– принцип относительной неоднородности: природной основой эколого-экономического района чаще всего является ландшафтное

разнообразие с соответствующим природно-ресурсным потенциалом территории;

– принцип динамизма: эколого-экономические регионы всегда находятся в движении, функционировании, развитии; поэтому при районировании учитываются генезис, современное состояние и перспективы развития территории;

– принцип экологической безопасности: при районировании всегда учитываются геоэкологическая ситуация, экологическая обстановка и острота социально-экологических проблем; регионы предназначены играть роль механизма решения экологических проблем и обеспечения эколого-экономической безопасности населения;

– принцип проблемности: выделение эколого-экономических районов должно способствовать решению актуальных природно-общественных противоречий; границы районов необходимо определять исходя из набора и характера возникших в них проблем.

Основу эколого-экономического районирования составляет рассмотрение связей в системе *воздействие-среда-последствия*. Районирование по степени нарушенности и измененности природной среды, особенно в неосвоенных или малоосвоенных районах, рассматривает последствия будущих воздействий.

Наиболее распространено районирование по уровню антропогенной нагрузки (как вид эколого-географического районирования), основная задача которого заключается в выявлении территорий со сравнительно однородной интенсивностью антропогенного воздействия и создании на этой основе сетки эколого-географических районов. Районирование территории, при котором оценивалось влияние человеческого общества на окружающую природную среду, проводилось для разных районов и имеет различные методики исполнения. В качестве его картографической основы используется схема ландшафтного районирования территории, так как ландшафтная карта (модель) показывает современное состояние геосистем, а всякая современная экологическая ситуация зависит от устойчивости последних. Оценка экологических условий должна проводиться на относительно крупных (по площади) территориях для удобства планирования и

проведения однотипных мероприятий по рациональному природопользованию.

В работе [2] территория Ханты-Мансийского автономного округа делится на 14 эколого-географических районов, где рассматриваемая нами малоосвоенная территория северной тайги и горных областей Северного и Приполярного Урала (восточный склон в пределах Березовского административного района) относится к провинции с относительно благоприятной экологической обстановкой (со средней устойчивостью к антропогенной нагрузке). Для целей анализа состояния изучаемой территории необходимо более детальное зонирование выделенного участка ХМАО – Югры. На основе данных многолетних исследований природных комплексов, их ресурсного потенциала и антропогенной трансформации нами проведено зонирование территории в названных пределах.

Наиболее важное в зонировании территории – оценка и дифференциация ее к техногенным нагрузкам. Очевидно, что охране (запрещению использования) в первую очередь подлежат наименее устойчивые и с трудом восстанавливющиеся природные комплексы. В понятие устойчивости входит толерантность и способность к восстановлению после прекращения воздействия. Устойчивость природных комплексов реализуется в системе *субстрат* (геологическая основа)– почва–растительность. Устойчивость растительности индицирует устойчивость системы. Сохранение фаунистических комплексов зависит от толерантности и способности к восстановлению растительности. Состояние водоемов, условия обитания рыб зависят от состояния и сохранности всей площади водосбора. Сохранность водосбора прежде всего связана с сохранностью растительности.

В связи с этим оценка экологической устойчивости территории к антропогенным нагрузкам проведена на основе дифференциации растительных комплексов, выделенных на геоботанической карте (Растительность Западно-Сибирской равнины, 1976). Специфические факторы устойчивости учтены при балльной оценке выделенных фаунистических и ихтиологических комплексов. Оценка устойчивости к механическим повреждениям учитывает толерантность биоценозов и их восстанови-

тельный потенциал, скорость восстановления после нарушений. Устойчивость растительных комплексов к атмосферным загрязнениям обоснована на базе оценки фитоценотической роли и соотношения устойчивых и чувствительных к атмосферному загрязнению компонентов растительного покрова. К числу наиболее чувствительных компонентов отнесены сосна и лишайники, а также сфагновые мхи. Наиболее толерантны травы, прежде всего злаки, а также лиственные деревья.

Участки экологической значимости (в перспективе охраняемые природные территории) как основа зонирования определяются на основании характеристик почвенно-растительного покрова, животного мира и др. с учетом ландшафтной структуры территории.

*Ландшафты района* представлены следующими единицами: водосборный бассейн рек Хулга, Манья, Кемпаж, Волья, верховий р. Северная Сосьва.

Горные и предгорные части района занимают уникальное в ботанико-географическом отношении положение на границе Европы–Азии. Многие виды растений имеют здесь границу своего ареала (западную или восточную).

Горные леса рассматриваются как мощный средообразующий фактор, являются регуляторами водного баланса, обладают повышенными климатообразующими, ландшафтогенерирующими и эстетическими свойствами.

В горных лесах многочисленна группа таких охраняемых видов растений, как редкие, эндемики и реликты. Так, из 28 редких и исчезающих видов 13 являются эндемиками, 2 – реликтами, 6 – редкими, 7 – видами, сокращающими свой ареал (Горчаковский, Щуррова, 1982) [3]. Высокая ценность горной растительности сочетается с низким восстановительным потенциалом и неустойчивостью к антропогенным нарушениям.

*Выделение ценных экологических участков.* В пределах изучаемой территории выделены два особо ценных участка угодий, характерных для предгорий с типичным составом фауны: Саранпаульский и Вольинский. В границах этих участков рекомендуется запрет всех видов хозяйственной деятельности.

В границах территории расположены ценные ихтиологические объекты: Ляпинская

группа (р. Ляпин, р. Хулга с правобережными притоками, оз. Балбанты, р. Манья, Щекурья, р. Ятрия (от впадении р. Туяхулынья) с притоками рек Сертынья, Турупья, Туяхулынья); часть Северо-Сосьвинской группы (верховья р. Северная Сосьва – до с. Няксимволь, р. Лопсия, р. Лепля, р. Няйс до устья р. Исытунья, р. Волья до устья р. Нанкья).

В этих реках имеются популяции тайменя и хариуса, нерестилища и места зимовки уникальных популяций сиговых рыб.

На большей части территории ХМАО – Югры уровень антропогенной нагрузки определяется в основном воздействием нефтегазодобывающего комплекса. На выделенной территории из объектов этого комплекса имеется трасса газопровода Пунга–Хулымсунт–Приполярный–Вуктыл и две газокомпрессорные станции. Антропогенная нагрузка на окружающую среду в районе осуществляется в связи со следующими видами деятельности:

- выпас оленей (за последнее время значительно сокращен);
- разведка, бурение, изыскательские работы (с 1990-х гг. объемы работ резко сокращены);
- лесозаготовки в южной части района;
- добывчные работы (пьезокварц, несколько золотодобывающих предприятий).

Дорожно-транспортной системы в районе фактически нет. Связь с промышленными площадками геологоразведочных и горных предприятий осуществляется по зимникам.

Самую большую экологическую опасность в районе представляет трубопроводный транспорт, хотя средняя густота сети его не большая. При его строительстве происходило разрушение почвенно-растительного слоя, нарушение водного режима, расчленение природных комплексов и т. д. Особую опасность представляет аварийность трубопроводов, хотя на магистральных она не так высока, как на внутрипромысловых трубопроводах.

В формировании антропогенной нагрузки свою роль вносят селитебные зоны. Большая часть населения района проживает в трех поселках и нескольких малых поселениях. Общая их площадь небольшая, но антропогенная нагрузка вокруг этих населенных пунктов велика. Около поселков располагаются несанкционированные свалки, территории захламле-

ны бытовым и строительным мусором, много гарей. Значительная часть жителей – безработные, многие живут браконьерством и собирательством (ягоды, грибы, орехи). Поэтому вблизи населенных пунктов происходит вытаптывание (уплотнение верхних слоев почвы), обедняется видовой состав растительности, нарушаются процессы воспроизводства лесных ресурсов. Заготовки растительного сырья пока не достигают критического уровня вследствие малочисленности населения. Выпас оленей как антропогенный фактор по воздействию на растительный покров в настоящее время не является проблемным из-за сокращения (также резкого) поголовья. В целом в районе отмечается удовлетворительная экологическая ситуация (показатели всех свойств ландшафтов из-за малого антропогенного воздействия не изменились).

Подробное описание ландшафтов, биологической ценности и оценки природных ресурсов, инфраструктуры и хозяйственной деятельности, характеристики планируемых особо охраняемых территорий и объектов приведены в работе [3].

*Зонирование территории района.* За основу зонирования территории принимается совмещенная карта-схема географических зон района по экологической ценности (результаты ландшафтно-экологического районирования округа) и районов, существующих и рекомендаемых особо охраняемых природных территорий (ООПТ), установленных в работе [3]. На карте-схеме выделены участки с различной экологической ценностью нескольких категорий (табл.1):

К – участки комплексной охраны (ландшафты и их компоненты), почвенно-растительный покров, наземные животные и гидробионты; на этих участках должны минимизироваться антропогенные воздействия на все природные комплексы;

Д – участки с ограниченным антропогенным воздействием (растительность и животный мир);

Б – участки с ограничением хозяйственной деятельности, охраной растительных комплексов (в том числе с исключением рубки леса);

Л – участок с разрешенной рубкой леса (верховья левобережной части р. Северной

Сосьвы на территории трех участковых лесничеств: Няксимвольского (Торское лесничество), Сосьвинского и Саранпаульского (Берен-

зовское лесничество);

И – ихтиологические участки (с более жестким режимом охраны рыбных ресурсов).

*Таблица 1*  
**Существующие и рекомендуемые ООПТ**

Экологически ценные территории	Существующие ООПТ	Рекомендуемые ООПТ
К. 1. Восточный склон Урала	–	Североуральский природный парк
К. 1.1. Североуральская (захватывает верховья р. Северная Сосьва)	–	Саранпаульский природный парк; заказник «Лешак-Щелья»;
К. 1.2. Приполярный Урал	Памятник природы регионального значения «Лешак-Щелья»	Природный парк «Гапсуйский»
К. 2. Северососьвинские правобережные пригодки (Ворья-Висим)	–	Заказник «Люлимворский», граничит с этнической территорией «Ляпинская»
Д. 1. Сосьвинский	–	Этническая территория «Ляпинская»
И. 1. Кемпажский	–	

В то же время на восточном склоне Урала сосредоточена подавляющая масса твердых полезных ископаемых ХМАО – Югры. В промышленном отношении эта территория не освоена, минерально-сырьевой потенциал изучен слабо. По оценке товарной стоимости всех твердых полезных ископаемых на этой территории составляет 610 млрд дол. США (2009) [4]. Разворачиванию добычи препятствуют недостаточная геологическая изученность и транспортная недоступность территории. Проблема наращивания ресурсного потенциала обязательно возникнет для устойчивого развития (а может быть, и стабилизации) промышленного производства. Вопрос о сохранении или потере уникальных природных комплексов будет актуальным при неблагоприятной экономической ситуации. Ресурсы можно приобретать и на мировом рынке, но с течением времени в той или иной форме можно столкнуться с проблемой их резкого удорожания, неэквивалентного ресурсно-товарного обмена и другими негативными явлениями вплоть до утраты права распоряжения своими природными ресурсами. Для национальной экономики как целостного организма ресурсные регионы принципиально важны как ресурсная база развития и как важнейший элемент

национальной экономической безопасности, обеспечивающий самодостаточность в периоды роста международной напряженности.

С учетом особой уязвимости природной среды территории использование минеральных ресурсов должно осуществляться только за счет выбора наиболее востребованных и наиболее эффективных по геолого-экономическим критериям видов минеральных ресурсов и конкретных объектов недропользования (с учетом возможного инфраструктурного развития районов отработки и более высокого уровня их геологической изученности). Перечень и краткая характеристика потенциальных объектов освоения, исходя из их предварительных оценок, приведенных в работах [4, 5], представлены в табл. 2.

С целью зонирования территории на карте-схеме зонирования совмещаются экологически ценные территории, планируемые и действующие ООПТ и перспективные к разработке месторождения твердых полезных ископаемых. На карте нанесены площади влияния разработки месторождения на окружающую среду (при разработке они будут совпадать с зонами проведения мониторинга окружающей среды). Площадь влияния включает три зоны. *Первая зона* – зона непосредственного веде-

ния горных работ по добыче полезных ископаемых, границы ее соответствуют площади горного отвода. Ко второй зоне относится площадь существенного влияния разработки выделенных объектов на природную среду. В эту зону входят обогатительная фабрика, ее пруды и хвостохранилища, отвалы пустых пород и некондиционных руд, промышленная зона, ремонтно-механический завод или мехмасстерские, жилая зона. Третья зона включает

периферийную территорию фонового мониторинга, куда входят прилегающие земли, водотоки, зоны распространения пылевых выбросов. Так, например, экологическая опасность пылевых выбросов горных предприятий в условиях Приполярного Урала (по аналогии с действующими горными предприятиями Сибири) будет намного выше, чем в других климатических зонах, в силу крайне низкой биологической продуктивности биоты экосистем.

**Перечень и краткая характеристика перспективных объектов освоения твердых полезных ископаемых**

Таблица 2

Номер на карте	Месторождение	Вид полезного ископаемого	Проектная мощность по руде, млн т	Срок эксплуатации, лет	Площадь влияния, км <sup>2</sup>	Площадь земельного отвода, км <sup>2</sup>
5	Тольинское	Бурый уголь	4,5	46	До 70	21
6	Оторынское	Бурый уголь	5,0	57	До 270	26
3	Яны-Туринское	Железные руды	1,6	8	—	2,0
4	Западное	Медно-цинковые руды	1	16	—	1,5
1	Сосновое	Золото	0,03	34	5	0,08
7	Верхнетольинское	Уран-ториевые руды	2	14	До 120	—
8	Усть-Манынское	Бентониты	—	—	—	—
2	Люльинское (Мысовское)	Цеолиты	—	—	—	—

Эффективная деятельность в условиях Приполярного Урала требует решения проблемы специфических северных издержек (экономических, экологических, социальных), повышенных затрат на охрану окружающей среды. Для перспективных месторождений, находящихся в пределах ООПТ (существующей или рекомендуемой), оценивается экономичес-

кий ущерб, обусловленный наиболее значительными экологическими и социальными последствиями освоения минеральных ресурсов. Результаты расчетов прогнозных ущербов сопоставляют с ожидаемой прибылью и принимают решение о целесообразности (нецелесообразности) освоения месторождения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экология: юридический энциклопедический словарь / под ред. С. А. Боголюбова. М.: Норма, 2001.
2. Большаник П. В. Уровни антропогенной нагрузки и эколого-географическое районирование территории ХМАО – Югры // Вестник Томск. гос. ун-та. 2008. № 317. С. 253–257.
3. Установление сети особо охраняемых территорий в Ханты-Мансийском автономном округе: отчет по программе «Экология ХМАО-Югра» с картами М 1 : 1 000 000 / Ин-т экологии растений и животных УрО РАН. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 1997.
4. Состояние и оценка минерально-сырьевых ресурсов ХМАО-Югра в системе горнопромышленного кластера / В. П. Пахомов [и др.]. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2009. 193 с.
5. Рудный потенциал ХМАО / К. К. Золоев [и др.]. Екатеринбург; Ханты-Мансийск: ПД «Формат», 2001. 176 с.

Поступила в редакцию 4 апреля 2013 г.

*Статья подготовлена в рамках целевого проекта РГНФ «Российская Арктика: современная парадигма развития» № 12-32-06001.*

**Балашенко Валерий Васильевич** – кандидат экономических наук, научный сотрудник сектора регионального природопользования и геоэкологии. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: bala10@mail.ru

**Логинов Владимир Григорьевич** – кандидат экономических наук, доцент, руководитель сектора регионального природопользования и геоэкологии. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: log-wg@rambler.ru

**Душин Алексей Владимирович** – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и менеджмента. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: dushin.a@list.ru

## ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬСТВО МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ЕГО ВОЗНАГРАЖДЕНИЕ

О. В. Косолапов, Т. А. Игнатьева

Рассматриваются условия и размеры выплаты поощрительного вознаграждения за выявление месторождений полезных ископаемых. Исходя из сопоставления геологической информации по открываемому месторождению и информации, характеризующей изобретения, сформулированы рекомендации по совершенствованию денежного вознаграждения первооткрывателей.

*Ключевые слова:* месторождения; первооткрыватели; информация; денежное вознаграждение.

Геологическая информация – это результат геологического изучения недр; ее накопление идет непрерывно в силу стадийности этого процесса. Особенностью геологоразведочных работ является неопределенность достижения поставленной цели в части выявления месторождений полезных ископаемых. Далеко не все геологоразведочные работы заканчиваются открытием новых месторождений, в ряде случаев из-за отсутствия качественных изменений в изучении геологического объекта они прекращаются на той или иной стадии. Причем в силу низкой достоверности информации получение отрицательных результатов характерно в первую очередь для ранних стадий геологического изучения недр.

При положительном решении вопроса результатом геологического изучения недр становится открытие месторождения полезных ископаемых или выявление дополнительных запасов полезных ископаемых или нового минерального сырья в ранее известном месторождении, существенно увеличивающих промышленную ценность последнего. После утверждения запасов и кондиций в ГКЗ РФ возникает ситуация необходимости выплаты поощрительного вознаграждения первооткрывателям месторождений полезных ископаемых, что следует из ст. 34 Закона РФ «О недрах». Правда, в законе отсутствует упоминание о первооткрывателях, а идет речь о «лицах». Законом предусматривается, что «лица, открывшие и (или) разведавшие имеющее промышленную ценность неизвестное ранее месторождение, а также выявившие дополнительные запасы полезных ископаемых или новое ми-

неральное сырье в ранее известном месторождении, существенно увеличивающие его промышленную ценность, имеют право на государственное денежное вознаграждение, а лица, выявившие признаки месторождения полезного ископаемого, редкого геологического образования, минералогического, палеонтологического или иного образования, представляющие научную или культурную ценность на ранее неизвестном участке недр, имеют право зарегистрировать указанный участок недр в федеральном органе управления государственным фондом недр или его территориальном подразделении. При подтверждении федеральным органом управления государственным фондом недр или его территориальным подразделением ценности указанных участков недр лицам, их зарегистрировавшим, выплачивается поощрительное денежное вознаграждение» [1].

Порядок выплаты и размер денежного вознаграждения за выявление месторождений полезных ископаемых кроме общераспространенных был определен постановлением Правительства 26 декабря 1995 г. [2]. Положением предусматривалось, что государственное денежное вознаграждение зависит от промышленной ценности и прибыли, которая может быть получена в результате разработки выявленных запасов, в связи с чем в материалах по вознаграждению должны представляться соответствующие технико-экономические обоснования, утвержденные в установленном порядке. Размер государственного денежного вознаграждения устанавливался в зависимости от промышленной ценности месторож-

дения полезных ископаемых в размере до 0,5 % от прибыли, которая, согласно утвержденному в установленном порядке технико-экономическому обоснованию, может быть получена в результате разработки выявленных запасов твердых полезных ископаемых и подземных вод, и до 0,05 % – нефти и природного газа. По месторождениям строительных материалов, нерудного сырья для металлургии, подземных вод питьевого и хозяйственного назначения размер государственного денежного вознаграждения определялся с учетом только той части запасов, в разработке которых существует реальная потребность. Предельные размеры государственных денежных вознаграждений могли быть увеличены, но не более чем в два раза, если выявленные месторождения по составу полезных ископаемых или географо-экономическому положению относились к разряду дефицитных.

В зависимости от ценности открытия поощрительное вознаграждение устанавливалось в размере:

- до 100-кратного минимального месячного размера оплаты труда, установленного законодательством Российской Федерации, за выявление признаков месторождения полезного ископаемого;
- до 50-кратного минимального месячного размера оплаты труда, установленного законодательством Российской Федерации, за выявление редкого геологического обнажения, минералогического, палеонтологического или иного образования, представляющего научную или культурную ценность.

Максимальный размер государственного денежного вознаграждения, выдаваемого одному лицу, не должен был превышать 500-кратного минимального месячного размера оплаты труда, установленного законодательством РФ. В качестве источника выплаты вознаграждений рассматривались отчисления на ВМСБ, направляемые в федеральный бюджет и бюджеты субъектов РФ. Порядок выплаты и размеры денежных вознаграждений за выявление месторождений общераспространенных полезных ископаемых определялись законодательством субъектов РФ.

Для рассмотрения материалов и подготовки соответствующих решений по вознаграждениям на федеральном уровне была создана

постоянно действующая комиссия по государственным и поощрительным денежным вознаграждениям за открытие и разведку месторождений полезных ископаемых, а на территориальном уровне – территориальные комиссии. В 1997 г. была разработана и утверждена Инструкция по вопросам выплаты вознаграждений [3], утверждено «Положение о постоянно действующей комиссии МПР России по государственным и поощрительным денежным вознаграждениям за выявление месторождений полезных ископаемых» [4], Положение о нагрудном знаке «Первооткрыватель месторождений России» и дипломе «Первооткрыватель редких геологических образований России». Ценность открываемых месторождений определялась величиной их запасов. Для каждого вида полезного ископаемого Инструкцией [3] определены размеры запасов, позволяющие дифференцировать их на крупные, средние и мелкие, что в свою очередь служило основой для установления размера вознаграждения.

Согласно [4], комиссия по вознаграждению должна осуществлять:

- регистрацию поступающих материалов;
- рассмотрение материалов, подготовку решений о назначении и размерах вознаграждения;
- подготовку решений о признании граждан первооткрывателями месторождений полезных ископаемых;
- подготовку проектов обращений в Правительство России о вознаграждении по особо крупным объектам и объектам континентального шельфа и исключительной экологической зоны;
- рассмотрение заявлений и писем от граждан, предприятий по вопросам вознаграждения;
- учет и регистрацию решений по вознаграждениям;
- организацию проведения экспертиз представленных материалов.

Государственное денежное вознаграждение за открытие месторождений полезных ископаемых имело место и раньше. Порядок и величина вознаграждения определялись согласно Инструкции о порядке применения Положения «О государственных денежных вознаграждениях за открытие новых месторож-

дений полезных ископаемых» [5]. Сопоставление условий, обусловливающих выплату денежного вознаграждения, отражено в табл. 1.

Из анализа табл. 1 следует, что ранее дей-

ствующие условия являлись более конкретными, так как «существенное увеличение» без указания количественных параметров обуславливает несомненный субъективизм при при-

Таблица 1

**Условия, обусловливающие выплату государственного денежного вознаграждения**

1971–1992 гг.	С 1992 г. по настоящее время
Открытие нового месторождения полезных ископаемых	Открытие нового месторождения полезных ископаемых
Выявление в пределах ранее известного месторождения новых самостоятельных участков, рудных тел, пластов, горизонтов, на основании чего произведена переоценка указанного месторождения в связи с увеличением его промышленной ценности и запасов не менее чем в два раза по сравнению с ранее утвержденными	Выявление дополнительных запасов полезных ископаемых в ранее известном месторождении, существенно увеличивающих его промышленную ценность
Выявление в пределах ранее известного месторождения новых полезных ископаемых, могущих явиться предметом самостоятельной или комплексной эксплуатации, на основании чего произведена переоценка указанного месторождения в связи с увеличением его промышленной ценности и запасов не менее чем в 2 раза по сравнению с ранее утвержденными	Выявление нового минерального сырья в ранее известном месторождении, существенно увеличивающего его промышленную ценность

нятии решений. В то же время действующим законодательством введено дополнительное условие, предполагающее выплату поощрительного денежного вознаграждения, которое ранее отсутствовало. Речь идет о выявлении признаков месторождений полезных ископаемых, редкого геологического образования, минералогического, палеонтологического или иного образования, представляющего научную и культурную ценность на ранее неизвестном участке недр, который может быть зарегистрирован в федеральном органе управления государственным фондом недр или его территориальном подразделении. В случае подтверждения федеральным органом управления,

государственным фондом недр или его территориальным подразделением ценности указанных участков недр, зарегистрировавшим их лицам должно выплачиваться поощрительное денежное вознаграждение.

Размер вознаграждения увязывался, как и в настоящее время, с ценностью открываемого месторождения полезных ископаемых, зависящей от количества выявленных запасов, качества полезных ископаемых, от экономических и горнотехнических условий разработки месторождения и района его расположения. Выделялись четыре группы месторождений, отнесение к которым выполнялось на основе протоколов ГКЗ СССР (или ТКЗ):

Группа месторождения полезных ископаемых .....	I	II	III	IV
Вознаграждение, р.:				
за открытие месторождения .....	До 15 000	До 10 000	До 7 000	До 2 500
за переоценку месторождения .....	7500	5000	3500	1250

Устанавливались ограничения по выплате вознаграждения первооткрывателю и отдельным лицам. Десять процентов отчислялось в резерв.

Денежное вознаграждение могло выплачиваться следующим категориям лиц:

– гражданам РФ, лично открывшим и (или) разведавшим выявленное месторождение, а также дополнительные запасы или новое минеральное сырье в ранее известном месторождении;

– гражданам РФ, принимающим непосред-

ственное участие в работах по геологическому изучению недр, приведших к открытию новых месторождений;

– работникам геологоразведочного коллектива, внесшим особый вклад в разведку и определение промышленной ценности месторождений, дополнительных запасов, нового минерального сырья.

В основном это специалисты геологического профиля (геологи, геофизики, гидро-геологи и др.), а также специалисты технического и иного профиля, обеспечивающие высокие темпы и достоверность разведки, а также высокие, устойчивые финансово-экономические показатели недропользования. Считается, что данное деление на категории лиц, получающих вознаграждение, обусловлено тем, что геологическая документация создается творческим трудом специалистов геологического профиля [6, 7]. Именно они являются авторами первичной и вторичной геологической ин-

формации, что дает возможность обратиться к положениям закона РФ «Об авторском праве и смежных правах» в области наук о Земле [8].

Согласно [8], геологическая информация по открываемому месторождению принадлежит работодателю, с которым автор состоит в трудовых отношениях, при этом он должен получать вознаграждение, аналогичное тому, которое получают изобретатели [9]. Действующие на сегодня параметры разового денежного вознаграждения, предусмотренного постановлением Правительства РФ от 5.10.2007, № 646, ничтожно малы и составляют не более 0,1 % величины среднегодового налога на добычу полезного ископаемого (НДПИ) и не более 50 тыс. р. на человека. И это при том, что средние информационные и экономические показатели, характеризующие изобретения и результаты первооткрывателей, свидетельствуют о высокой значимости последних (табл. 2).

Таблица 2

**Средние информационные и экономические показатели, характеризующие изобретения и результаты поисков и разведки месторождений [9]**

Показатели	Значения показателей	
	По изобретениям	По результатам геологических поисков и разведки
Количество новой информации, бит		
Число объектов в год	10	10–100
Средняя стоимость НИОКР или ГРР, млн р.	10 000	100
Средний экономический эффект, млн р.	1	100
Виды вознаграждений авторам	100	10 000
Суммы максимального вознаграждения одному автору	Регулярные в течение 20 лет 2 млн р. (2 %)	Разовые 50 тыс. р. (0,005 %)

Из табл. 2 следует, что максимальное вознаграждение изобретателю в сорок раз превышает подобную выплату первооткрывателю месторождения полезного ископаемого, хотя информация о недрах необычайно сложна, насыщена и отображает прежде всего пространственное строение участков недр, формируемое на основе имеющихся знаний о месторождениях-аналогах, а также полученных для условий конкретного объекта. Авторы придерживаются в данном случае точки зрения исследователей [9], которые считают геологическую информацию по открываемому месторождению продуктом интеллектуальной деятельности, созданном благодаря вы-

сокому профессионализму геологов, развитому воображению и интуиции, творческому подходу к решению поставленных задач. Согласно сказанному, первооткрыватели вправе претендовать на заслуженное вознаграждение, сопоставимое с тем, которое получают изобретатели в области техники (в условиях СССР оно составляло около 20 % от экономического эффекта) [10].

По мнению авторов, процент, отчисляемый от экономического эффекта (горной ренты, с определенной долей условности соответствующей НДПИ), должен быть дифференцирован в зависимости от ценности месторождения и выплачиваться либо разово от пред-

полагаемой суммы НДПИ за прогнозируемый период разработки месторождения (не более 20 лет), либо ежегодно – исходя из годовой величины НДПИ. Целесообразно осуществлять выплаты в порядке, установленном законодательством, в процентах от НДПИ со стороны государства. Основанием для выплат должно быть свидетельство (диплом) первооткрывателя, которое может переходить по наследству или завещанию, по аналогии с патентами.

Законом РФ «О недрах» предусмотрено предоставление права пользования недрами по факту открытия месторождения, т. е. первооткрыватель получает первоочередное право разработки запасов открытого им месторождения. В число основных документов, регламентирующих этот процесс, входят: Инструкция о порядке установления факта открытия месторождения полезных ископаемых пользователем недр, проводившим работы по геологическому изучению участка недр за счет собственных (в том числе привлеченных) средств, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 29.12.2004 № 872 и др. [11, 12, 13, 14].

Механизм предоставления права пользования недрами в этом случае включает следующие этапы:

- получение свидетельства о факте открытия месторождения полезных ископаемых в Федеральном агентстве по недропользованию «Роснедра»;

- подача заявления на расчет суммы подлежащих возмещению расходов государства на поиски и оценку полезных ископаемых на данном участке недр (в случае их наличия);

- утверждение МПР России по согласованию с Минэкономразвития России суммы подлежащих возмещению расходов государства на поиски и оценку полезных ископаемых;

- оплата суммы подлежащих возмещению расходов государства на поиски и оценку полезных ископаемых на данном участке недр (в случае их наличия) и подача заявки на получение права пользования недрами с целью разведки и добычи на открытом пользователем недр месторождении; заявка подается в Федеральное агентство по недропользованию не позднее трех месяцев с даты получения свидетельства об установлении факта открытия месторождения;

- принятие Федеральным агентством по недропользованию решения о соответствии (несоответствии) заявки требованиям законодательства и требованиям по рациональному использованию и охране недр;

- разработка агентством «Роснедра» условий пользования недрами с учетом предложения недропользователя и согласование этих условий с Минэкономразвития России и контрольным органом;

- принятие специально созданной Комиссией решения о предоставлении заявителю права пользования участком недр или об отказе в удовлетворении заявки;

- оформление, государственная регистрация и выдача лицензии.

Процедура предоставления права пользования недрами по факту открытия месторождения полезных ископаемых по времени занимает от пяти-шести месяцев до полутора лет. Работа по рассмотрению заявок на разведку и добычу полезных ископаемых при установлении факта открытия месторождений имеет место, но оценивается как малоэффективная, так как этот процесс до сих пор сдерживает отсутствие полной нормативной базы. В частности, отсутствует утвержденный порядок рассмотрения заявок на предоставление лицензий по факту открытия месторождения полезных ископаемых на участках недр, не относящихся к участкам федерального значения. В результате в первой половине 2008 г., например, было выдано 28 лицензий первооткрывателям, в то время как решения по 54 заявкам по факту открытия были «заморожены», а у 20 первооткрывателей заявки не приняты в силу отсутствия соответствующих нормативных документов [15].

С одной стороны, данный процесс сдерживался из-за отсутствия необходимой нормативно-правовой базы, с другой стороны, определенное торможение вызвано, как это ни странно, появлением новаций в законодательстве о недрах. Дело в том, что Федеральным законом от 29.04.2008 г. № 58-ФЗ были внесены существенные изменения в Закон РФ «О недрах» в части критериев отнесения участков недр к федеральным и порядка доступа к пользованию этими участками недр. Статьей 2.1 Закона при этом предусматривается официальная публикация перечня участков недр федерального значения. Правда, остается не-

ясным, с какого момента участок недр становится федеральным: с момента, когда он начинает соответствовать одному из критериев, или с момента включения его в перечень федеральных участков или опубликования.

В свою очередь, квалификация участка недр определяет порядок предоставления права пользования. В ситуации, когда участок недр признается федеральным, разведка и добыча, как, впрочем, и геологическое изучение, может осуществляться лишь при положительном решении Правительства РФ. Данное дополнение оказывает непосредственное воздействие на интенсивность вклада инвестиций в геологическое изучение недр с целью открытия месторождения полезных ископаемых.

Во-первых, в случае открытия месторождения федерального значения основанием возникновения права пользования недрами, согласно ст. 10.1 Закона РФ «О недрах», является теперь решение Правительства РФ. Во-вторых, Правительство РФ имеет право принимать решение о прекращении права пользования участком недр федерального значения при возникновении угрозы обороноспособности страны и безопасности государства (что достаточно трудно прогнозировать заранее). В-третьих, при отказе в предоставлении права пользования участком недр федерального значения для разведки и добычи лицам, открывшим месторождение на таком участке, им за счет средств федерального бюджета

должны возмещаться расходы на поиск и оценку открытого месторождения полезных ископаемых, сумма разового платежа, а также вознаграждение. Естественно, что перечисленные новации создают дополнительные риски для инвесторов, нацеленных на открытие месторождения. Совсем не факт, что после открытия месторождения полезных ископаемых первооткрыватели смогут получить лицензию на последующую разведку и добычу на данном участке недр, хотя риск вклада инвестиций в геологическое изучение недр и так велик. Теперь же он возрастает и становится еще более значительным. Размер вознаграждения, выплачиваемый в этой ситуации недропользователю, является явно неравноценным: он имеет заниженную величину, не включает ряд затрат; выплачивается в течение продолжительного времени; не учитывает получения прогнозируемого экономического эффекта от разработки открытого месторождения полезных ископаемых.

Все сказанное в совокупности с введенными дополнительными ограничениями для инвесторов еще более снижает привлекательность инвестирования в геологический бизнес в силу нарушения сбалансированности механизма правового регулирования недропользования. При всех недостатках, связанных с денежным вознаграждением первооткрывателей, теряется уверенность в получении права на пользование недрами с целью разведки и добычи на открытом ими месторождении полезных ископаемых [16, 17].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О недрах: фед. закон. М., 1992.
2. Постановление Правительства РФ «О порядке выплаты разовых денежных вознаграждений за выявление месторождений полезных ископаемых» от 26 декабря 1995 г. № 1282.
3. Инструкция по вопросам выплаты вознаграждений за выявление месторождений полезных ископаемых: утв. приказом МПР России от 31.03.1997 г. № 50.
4. Положение о постоянно действующей комиссии МПР России по государственным и поощрительным денежным вознаграждениям за выявление месторождений полезных ископаемых: утв. приказом МПР России от 15.10.1997 № 162.
5. Инструкция о применении положения «О государственных денежных вознаграждениях за открытие новых месторождений полезных ископаемых, имеющих промышленное значение»: утв. 21.10.71 г.
6. Зайченко В. Ю. О правах первооткрывателей месторождений полезных ископаемых в условиях рыночной экономики // Разведка и охрана недр. 2004. № 4. С. 52–54.
7. Зайченко В. Ю. Первооткрывательство месторождений полезных ископаемых и гражданское право в России // Горный журнал. 2009. № 3. С. 110–116.
8. Об авторском праве и смежных правах: фед. закон. М., 1993.
9. Хакимов Б. В., Сергеев Ю. С. О реализации продукта интеллектуальной деятельности по открытию и разведке месторождений полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. 2008. № 2. С. 71–73.

10. Имущественные и авторские права на научно-техническую продукцию (методические рекомендации). М.: Геоинформмарк, 1999.

11. Инструкция о порядке установления факта открытия месторождения: утв. приказом МПР России от 11.11.2004 № 689.

12. Положение о возмещении расходов государства на поиски и оценку полезных ископаемых при предоставлении права пользования участком недр в целях разведки и добычи полезных ископаемых в случае установления факта открытия месторождения полезных ископаемых пользователем недр, проводившим работы по геологическому изучению участка недр за счет собственных (в том числе привлеченных) средств: утв. Постановлением Правительства РФ от 29.12.2004 № 873.

13. Положение о рассмотрении заявок на получение права пользования недрами при установлении факта открытия месторождения полезных ископаемых пользователем недр, проводившим работы по геологическому изучению участков недр внутренних морских вод, территориального моря и континентального шельфа Российской Федерации за счет собственных (в том числе привлеченных) средств для целей разведки и добычи полезных ископаемых такого месторождения: утв. постановлением Правительства РФ от 18.12.2005 № 27.

14. Порядок рассмотрения заявок на получение права пользования недрами при установлении факта открытия месторождения полезных ископаемых пользователем недр, проводившим работы по геологическому изучению участков недр за счет собственных (в том числе привлеченных) средств для целей разведки и добычи полезных ископаемых такого месторождения: утв. постановлением Правительства РФ от 24.01.2005 № 23.

15. Ледовских А. А. Основные результаты Федерального агентства по недропользованию в 2008 г. и приоритетные задачи на 2009 г. // Разведка и охрана недр. 2009. № 2. С. 4–10.

16. Василевская Д. В., Лаевская Н. В., Литуновская Д. А. Новое в законодательстве о недрах // Минеральные ресурсы России. 2007. № 5. С. 84–86.

17. Кравченко Ю. В. Новое в законодательстве РФ о недрах – новые риски инвестиций в недропользовании // Минеральные ресурсы России. 2007. № 5. С. 87–91.

Поступила в редакцию 11 апреля 2013 г.

**Косолапов Олег Вениаминович** – кандидат экономических наук, начальник управления «Оренбургнедра». 460000, г. Оренбург, Парковый проспект, 6. E-mail: nedra1958@mail.ru

**Игнатьева Татьяна Андреевна** – кандидат экономических наук, e-mail: ief.etp@ursmu.ru

## ABSTRACTS AND REFERENCES

### NATURAL SCIENCES

#### **Substantiation of the adequacy of the method of integral evolution equations for mathematical modeling of linear parametric systems with concentrated parameters / Pyatkova V. B., Surnev V. B.**

In the article the foundation is given of the adequacy to general physical concepts of the method of investigation of exogenous parametric linear systems with concentrated parameters, proposed in previous works by the authors.

*Keywords:* mathematical modeling, the Cauchy problem; exogenous parametric linear systems with concentrated parameters.

#### *References*

1. Surnev V. B., Pyatkova V. B. Method of analysis of multiplied linear dynamic systems // Izvestiya Vuzov. Mining Journal. 2005. No. 6. P. 51–58.
2. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Pyatkov A. I. About the solution of certain problems of the dynamics of economic systems by the method of integral equations // Izvestiya Vuzov. Mining Journal. 2006. No. 1. P. 85-94.
3. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Pyatkov A. I. Investigation of linear dynamical system with variable parameters by a method of secondary sources // Mathematical modeling of mechanical phenomena: Materials of All-Russian scientific and engineering conference Ekaterinburg: Ural State Mining University, 2007. P. 53–56.
4. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Pyatkov A. I. Mathematical modeling of non-ideal linear dynamic systems with concentrated parameters // Mathematical modeling and boundary problems: Proceedings of the Fourth All-Russian scientific conference with international participants. Samara: Samara Technical University. 2007. Part 2. P. 142-145.
5. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Pyatkov A. I. Method of studying the dynamics of a multi-dimensional economic system // Bulletin DITUD. 2007. No. 2 (32). P. 72-76.
6. Surnev V. B., Pyatkova V. B. About solution of the basic problems of mathematical modeling of parametric systems with concentrated parameters // Dep. in VINITI 15.03.2010, No. 161. 2010. 24 p.
7. Taylor J. The theory of scattering. USSR Academy of Sciences. Physics of the Earth. 1988. No. 2. P. 9–19.
9. Lovitt U. B. Linear Integral Equations. Moskva: GITTL, 1957. 266 p.
10. Vladimirov V. S. Equations of mathematical physics. Moskva: Nauka, 1981. 512 p.

**Surnev Viktor Borisovich** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: sournev@yandex.ru

**Pyatkova Vera Borisovna** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: fgg.mt@m.ursmu.ru

#### **Regularities of localization of rare-earth elements in quartz of quartz-containing formations of the Urals / Yu. A. Polenov, V.N. Ogorodnikov, A.N. Savichev**

The given article presents results of the authors' investigations of regularities of distribution of rare-earth elements (REE) in various types of vein quartz of endogenic quartz-vein formations of the Urals. Telescoping has been established of imposed magmatogenic-hydrothermal fluids, being fixed in preserved gas-liquid inclusions in quartz, having been formed in the following stages of development of

ore mineralization, giving the possibility to use this phenomenon for decoding of genesis of quartz-vein formations and ore mineralization.

*Keywords:* rare earth elements; quartz-containing formations; formations; REE distribution.

#### *References*

1. Mineragenija of seam zones of the Urals / V. A. Koroteev [et al.]. Ekaterinburg: Ural Branch of Russian Academy of Sciences (UB of RAS), 2010. 416 p.
2. Regularities of location and formation conditions of high purity quartz / Yu. A. Polenov [et al.] // DAN. 2005. v. 405, No. 2. P. 1–4.
3. Quartz-vein mineralization of Ufaley collision block (South Urals) / Yu. A. Polenov [et al.] // Lithosphere. 2006. No. 2. P. 123–134.
4. Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Sazonov V. N. REE in metasomatic quartzite and quartz-vein formations of Ufaley-Karabashsky block (South Urals) and their indicator role // Journal of Mining and Geology. 2007. No. 1. P. 9–16.
5. Polenov Yu. A., Endogenous quartz-vein formations of the Urals. Ekaterinburg: the Ural State Mining University, 2008. 269 p.

**Polenov Yuri Alekseevich** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru

**Ogorodnikov Vitaly Nikolayevich** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: fgg.gl@m.ursmu.ru

**Savichev Alexander Nikolayevich** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: ansavichev@mail.ru

#### **Novo-Shemursky copper-pyrite deposit and its tectonophysical characteristics on gravimetric data / E. V. Kadysheva, V. V. Filatov, Yu. F. Yurin**

Exploration criteria and indications, reflecting regularities of the processes of ore formation, are the basis of forecast of useful mineral deposits. The universal characteristic of this process for deposits of many types is deformable tension of the geological environment. For its study along with traditional methods of tectonophysics a method of tectonophysical analyses of gravitational field may be used. It is based on functional dependences between characteristics of deformation field, caused by the density inhomogeneity of the environment, and gravitational field characteristics. The method was applied to investigation of deformable tension of the geological environment of Novo-Shemursky copper-pyrite deposit. It has been established that the variability of the stress tensor (deformation) is stable being characteristic feature of deposits.

*Keywords:* search indicator, forecast of mineral deposits, deformable tension, tectonophysical analysis, gravitational field, Novo-Shemursky copper-pyrite deposit, dilatation, ore formation.

#### *References*

1. Yurin Yu. F. Features of contrasting volcanism of Late Ordovician-Early Silurian in the northern Urals and pyrite content/ Formation analysis of igneous rocks. Sverdlovsk: Ural Branch of the USSR Ac. of Scs., 1989. P. 149–150.
2. Starostin V. I. Paleotectonic modes and mechanisms of structure formation of mineral deposits. Moskva: Nedra, 1988. P. 736.
3. Filatov V. V. Theory and practice of geodynamic analysis of the gravitational field (on the example of ore regions of the Urals): Dis. of Dr. ... geol.-mineral. scs. Sverdlovsk, 1990. 376 p.
4. Bolotnova L. A., Filatov V. V. Tectonophysical analysis of gravitational field of Ekaterinburg. Ekaterinburg: the Ural State Mining University, 2010. 176 p.
5. Filatov V. V., Kuznetsov N. S. Reflection of the environment deformation in the gravitational field (qualitative analysis) // Geophysical methods of prospecting and exploration of metallic and non-

metallic deposits: Interuniversity scientific-thematical collection of articles. Sverdlovsk: SMI, 1989. P. 25-31.

6. Bolotnova L. A. Method for studying of deformation of the geological environment of Yekaterinburg on gravimetric data: Dis. ... Candidate of geol.-mineral. scs. Ekaterinburg, 2007. P. 109.

7. Somov V. F., Kadysheva E.V., Filatov V. V. Tectonophysical analysis of the gravitational field of Berezovsky gold deposit and forecast prospecting criteria of gold mineralization connected with granitoid masses // Lithosphere. 2010. No. 1. P. 94-102.

8. Kadysheva E. V., Filatov V. V. Dilation as a prerequisite for application of gravimetry to study deformation of the subsurface // Izvestiya Vuzov. Gornij Journal. 2010. No. 4. P. 122-126.

9. Gzovsky M. V. Basics of tectonophysics. Moskva: Nauka, 1975. P. 536.

10. Starostin V. I. Structural-petrographic analysis of endogenous ore fields. Moskva: Nedra, 1979. P. 240.

**Kadysheva Elena Vladislavovna** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: kadyshew@k66.ru

**Vladimir Viktorovich Filatov** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

**Yurin Yury Fedorovich** – UKSE UPGO «Uralgeology», Ekaterinburg, Russia.

### **Application of integral criterion to determine the environmental hazards of enterprises of mining-industrial complex / A.V. Khokhryakov, A.F. Fadeichev, E.M. Tzeitlin**

Ensuring of the environmental safety of mining processes is becoming increasingly important. The solution of complicated environmental problems in modern conditions of increasing resources limitation requires revealing of priority points of application of financial, organizational and technical efforts, choosing the optimal engineering solutions. For this purpose it is necessary to have an objective assessment of environmental dangers of these or those technical solutions, environmental situations, enterprises as a whole. This article is devoted to assessment of environmental hazards. A review of existing approaches is carried out, their strengths and weaknesses are determined. A new approach for assessing the ecological hazard is suggested, based on the method of "integral criteria", considering these shortcomings.

**Keywords:** ecological hazard, ecological safety, negative impact on the environment, assessment of environmental hazard, integral criterion.

### *References*

1. Khokhryakov A.V. Fadeichev A.F., Tzeitlin E.M. Dynamics of the impact of leading mining enterprises in the Urals onto the environment // Izvestiya Vuzov. Mining Journal. No. 8, 2011. P. 44–53.
2. The dynamics of the negative impact on the environment at different stages of development of mining production/ A.F. Fadeichev [et. Al.] // Izvestiya Vuzov. Mining Journal. 2012. No. 1. P. 39–46.
3. Akimov V. A., Lesnykh V. V., Radaev N.N. Risks in the nature, technosphere, society and the economy. Moskva: Business Express, 2004. 352 p.
4. Gasparsky V. Praxeological analysis of project-construction decisions / translation from Polish/. Moskva: Mir, 1978. P. 172.
5. Pentl R. Methods of system analysis of the environment. Moskva: Mir, 1979. P. 213.
6. Astakhov A. S., Dikolenko E. A., Kharchenko V. A. Environmental safety and efficiency of the nature use. Moskva: 2009. P. 328.
7. Orlov A. I. Expert assessment: textbook. Moskva, 2002. p. 31.
8. Method of calculating of concentrations in the air of harmful substances contained in the emissions of enterprises: OND-86, approved by the USSR Goscomhydromet of 04.08.86, No.192. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1986.

***Khokhryakov Alexander Vladimirovich*** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: scarface2004@rambler.ru

***Fadeichev Alfred Frantsevich*** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: Alfred.fadeichev @ m.ursmu.ru

***Tzeitlin Yevgeny Mikhailovich*** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: tseitlin.e.m@gmail.com

### **Regularities of placement and forecast of massive sulfide ore clusters in collision zone of the main Ural fault (MUF) / G. I. Strashnenko**

A revision is carried out of the known ore-bearing units of chalcopyrite deposits of the Urals, the analysis is made of their distribution along the strike and moving away from the front line of the collision zone. A two-dimensional mathematical model is elaborated of distribution of copper pyrite deposits in the collision zone. The model adequately describes their location and scale and possesses forecast potential on revealing of new potentially ore-bearing units. A metallogenetic analysis of ore units is carried out, distinguished with the help of a mathematical model. A forecast map on massive chalcopyrite mineralization and metallogenetic potential of ore units is calculated and a collision zone as a whole.

**Keywords:** chalcopyrite deposits, mathematical model, ore-bearing units; forecast maps chalcopyrite deposits; zone of collision.

#### *References*

1. Integrated metallogenetic map of the Urals / Ch. Ed. A.V. Purkin. Sverdlovsk, 1975.
2. Massive chalcopyrite deposits of the Urals. Conditions of formation / V.A. Prokin [et al.] Ekaterinburg: Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 1992.
3. Bronstein, I. N., Semendyaev K. A. Reference book on Mathematics for Engineers and students of technical colleges. FM, 1964. P. 95–96.
4. Strashnenko G. I., Sobyanin V. A. Forecast assessment of the Southern and Middle Urals on especially high-purity quartz. Moskva: Rosgeofond, 1982.
5. Strashnenko G. I., Vasilyev V. F. Prospecting and evaluation of objects with very pure quartz raw materials in the frame of Ufaley and Verkh-Isetsky metamorphic complexes of the Urals with reserves estimation on 01.07.08. Moskva: Rosgeofond, 2008.

***Strashnenko Grigory Ivanovich*** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

## **TECHNICAL SCIENCES**

### **Comparative assessment of extreme state of constructive elements of integrated and demountable rotary drilling bits / N.V. Gribennikov, Boyarskikh G. A., Boyarskikh I. G.**

Probabilistic models of extreme condition of integrated serial and demountable experimental three-cone rotary bits are developed. In the first design they allow to realize, warn or reduce untimely failures of constructive elements, in the second case allow to create full strength and balanced wear design of bits with the guaranteed resource.

**Keywords:** probabilistic model, drill bit, a design, untimely failure, a limiting condition, criticality of failure and extreme condition.

#### *References*

1. Durability of rotary bits / N. A. Zhidovtsev [et al.], Moskva: Nedra, 1992.
2. Gribennikov N.V. Support of a rotary bit and prospects of its development. Yekaterinburg:

Publishing House of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 105 p.

3. Gribennikov N. V. New methods for increasing of rotary bits durability. Ekaterinburg: Autograph, 2009. 315 p.
4. Gribennikov N.V. Dismantable rotary bits and their construction. Ekaterinburg: Autograph, 2012. 240 p.
5. Kershenbaum V.Ya., Torgashov V.A. Rotary bits: Intern. translator-guide. Moskva: MING, 2000.

**Boyarskikh Gennady Alekseevich.** – Ural state mininguniversity, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: Gennadiy.Boyarskikh@m.ursmu.ru

**Boyarskikh Iliya Gennadyevich** – Ural state mininguniversity, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: gmf.ego@m.ursmu.ru

**Gribennikov Nikolaj Vasilyevich** – “Doloto”Ltd., Ekaterinburg, Russia.

### **Grounds of dependence of expenses on electric drive of pumps on the stage height in multistage mine dewatering / D.S. Stozhkov**

With sinking of mining to depths of 800–1600 meters there is a need in substantiation of rational stage height, depending in particular, on the cost figures of electric motors for pumping equipment of dewatering plants. The questions are considered of establishing the dependence of cost indexes of electric motors for pumping equipment on the stage height.

**Keywords:** stage height, sectional pumps, multi-stage mine dewatering, cost parameters, electric motor.

#### *References*

1. Nechushkin G. M. States and dewatering problems in deep mines. Collection of art. «Dewatering in deep mines». Moskva: Nedra, 1967. P. 67–70.
2. Izyurov V. V. Choice of the optimum stage height of dewatering in deep horizons of Kizelovsky basin mines. Collection of art. «Dewatering in deep mines». Moskva: Nedra, 1967. P. 79–81.
3. Popov V. M. Dewatering plants. Moskva: Nedra, 1990. P.138–152.
4. Mingazhev M. M. Improvement of technologies of water removal and water pumping out in mining of copper-pyrite deposits with hardening stowing / Rylnikova M.V., Olizarenko V.V. // Journal of Surveying, 2012. No. 2.
5. Mingazhev M. M. Mine dewatering when mining copper-pyrite deposits in the Southern Urals: monograph / Olizarenko V.V. Magnitogorsk: MSTU named after G. I.Nosov, 2010. 252 p.

**Stozhkov Dmitry Sergeevich** – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia

E-mail: gmf.et@m.ursmu.ru.

### **Some problems of development of new generation winders and construction of hoisting complexes on their basis / Yu. V. Popov, S. A. Timukhin, A. A. Saypullaev, A. A. Kasimov, N. Yu. Nekrasov**

This article gives a brief analysis of the current situation in development and production of winders in Russia and the CIS countries. A promising direction is selected of application of surface location of multi-ple-rope lifting machines, providing the whole range of advantages. The main directions are considered of further structural improvement of hoists in their elaboration and production in the Russian Federation.

**Keywords:** mine winders, multiple-rope hoist, surface location of machines, structural improvement.

#### *References*

1. Bratchenko B. F. Stationary mine installations. Moskva: Nedra, 1997. 440 p.
2. Dimashko A. D. et al. Mine electric winches and lifting machines: a reference book. Ed. 4, rev. and add. Moskva: Nedra, 1973. 364 p.
3. Popov Yu.V. Increase of efficiency of complexes of multiple-rope hoists with surface location of lifting machines: Author. dis. Dr. ... Techn. Scs. Yekaterinburg, 2010. 31 p.
4. Guidelines for determination of residual life of mine hoisting machines operating with excess lifetime / Timukhin S. A. [et al]. Ekaterinburg, 2007. 24 p.

**Popov Yuriy Vladimirovich** – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: Yuriy.Popov@m.ursmu.ru

**Timukhin Sergei Andreyevich** – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

**Saypullaev Abdurashid Abdulabekovich** – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: saa210391@yandex.ru

**Kasimov Amir Auhatovich** – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

**Nekrasov Nikita Yurievich** – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

## SOCIO-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES

### **Assessment of institutional environment of the nature use in Yamal-Nenetsky autonomous region / I.G. Polyanskaya, V. V. Maslennikov**

The article analyzes the institutional environment of the nature use in the Yamal-Nenetsky Autonomous District, one of the largest natural resource of Arctic region, including regulatory and legislative and organizational support, including the process of licensed access to resources and forms of public-private partnerships. It is noted that the existing institutional environment of the nature use in Yamal is completely coordinated with international and federal formal rules and organizational structures involved in the process of subsoil use. However, for further effective maintenance of reproduction and development of mineral raw material base of the region, its timely transformation is necessary. The directions of this transformation are outlined.

**Keywords:** pre-Arctic territory, mineral deposits, the nature use, institutional aspects of development, transformation.

#### *References*

1. State balance of mineral reserves of the Russian Federation on 1.01.2010 Gas. Moskva: MPRE RF, ROSGEOFOND, 2011. P. 79.
2. Gazprom subsidiary will be engaged in geological exploration in Yamal region. [Electronic resource]. URL: <http://uralpolit.ru/region/urfo>
3. Foreign investments [electronic resource]. URL: <http://www.tumstat.gks.ru>
4. Kirillov B. «Corporation of Development» is gaining momentum // Ural Federal District. Newsmagazine, 2012. No. 1–2. P. 24–25.
5. Konyshov V. N., Rykhtik M. I., Sergunin A. A. Arctic strategy of the European countries: problems and prospects of the Arctic: the zone of peace and cooperation // Chief. Ed. A. V. Zagorsky. Moskva: IMEMO RAS, 2011. P. 160.
6. Regulations of the territorial commission of the department on the nature use on development of solid minerals deposits in the Yamal-Nenetsky Autonomous District. Order of Yamalnedra of 16.08.2010 No. 59. [Electronic resource]. URL: <http://yamalnedra.com>
7. Resolution of the Government of the Yamal of December 12, 2011 No. 896-P «On Approval of Regulations about the Department of natural-resources regulation, forest relations and development of oil and gas complex of Yamal-Nenetsky Autonomous Region». [Electronic resource]. URL: <http://docs.pravo.ru>
8. Regulation of the nature use licensing of Yamal, approved by the Head of the Administration of

the nature use on Yamal A.V. Melnikov of November 2, 2009.

9. [Electronic resource]. URL: <http://yamalnedra.com>
10. [Electronic resource]. URL: <http://www.tnk-bp.ru/enterprises/rospan>
11. Yamal – the capital of the Arctic. A review article on results of the Xth International Conference on Permafrost problems investigations (Salekhard, June 25–29). Expert-Ural, 2012. No. 27. P. 27–38.

**Polyanskaya Irina Gennadyevna** – Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Ekaterinburg, Russia.

E-mail: [irina-pol2004@mail.ru](mailto:irina-pol2004@mail.ru)

**Maslennikov Vladimir Viktorovich** – Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Ekaterinburg, Russia.

E-mail: [maslennikov.1950@mail.ru](mailto:maslennikov.1950@mail.ru)

### **Methodical approach to accounting and assessment of biovariety in elaboration of the strategy of development of polar and arctic territories / A. A. Litvinova, M. N. Ignatieva**

At present, biodiversity is essential for the normal functioning of ecosystems and the biosphere as a whole, it facilitates stable social-economic development of the region. The further development of the northern territories requires a transition from monoresource approach to the ecosystem approach in the nature use. In the article the questions are considered of accounting and assessment of biological diversity in elaboration of strategies of the development of Polar and Arctic regions.

**Keywords:** biodiversity, balance nature use, systematic approach, the key areas of biodiversity conservation, ecosystem stability.

### *References*

1. Report of the United Nations Conference on the problems of human being environment. UN. New York. 1973. 91 p.
2. Brundtland G.Kh. Our common future. Moskva, 1989. 180 p.
3. The Convention on Biological Diversity, 1992. [Electronic resource]. URL: <http://www.impb.ru/pdf/conv.pdf>
4. Johannesburg Declaration on Sustainable Development, A / CONF. 199/20, Chapter I, Resolution 1, Annex. 2002. [Electronic resource]. URL: <http://www.un-documents.net/johannesburg-declaration.pdf>
5. The National strategy of biodiversity conservation of Russia. Moscow. 2001. [Electronic re LAS]. URL: <http://biodata.ecoinfo.ru/doc/gef/A25.htm>
6. Evaluation of ecosystems on the edge of Millennium, 2005 the World Resources Institute, Washington, Columbia district. [Electronic resource]. URL: <http://www.maweb.org/en/Reports.asp#tf>
7. The Environmental Doctrine of the Russian Federation. Approved by Government of Russian Federation on August 31, 2002 No. 1225.
8. Pavlov D. S., Bukhareva E. N. Biodiversity, ecosystem functions and life maintenance of the mankind // Journal of Russian Academy of Sciences, 2007. Vol.77. No. 11. P. 974–986.
9. The state of biodiversity of the Russia natural ecosystems. [Electronic resource]. URL: Informational resources BioDat: <http://www.biodat.ru/doc/biodiv/index.html>
10. Diagnostic analysis of the environment state of the Arctic zone of the Russian Federation (Extended Summary) / Chief Editor B. A. Morgunov. Moskva: Scientific World, 2011. 200 p.
11. Oldak P.G. The balanced nature use. Economist's View. Novosibirsk: Nauka, 1983 (series: The Man and the environment). 129 p.
12. Akimova T. A. Ecology. People – Economy – Biota – Environment: a textbook for higher school students / T. A. Akimova, V. V. Haskin. – 3rd ed, rev. and add. Moskva: UNITY-DANA, 2007. P. 72.
13. Gorshkov V. G. Concept of Biotic Regulation of the Environment / Ecology, 1998. No. 3. P.

163–170.

14. Danilov-Danilyan V. I. Losev K. S., Reif I.E. Before the main challenge of civilization. Moskva: INFRA-M, 2005. 224 p.
15. Danilov-Danilyan V. I., Losev K. S. Ecological challenge and sustainable development. Moskva: Progress-Tradiya, 2000. 432 p.
16. From Policy to Implementation. Decisions from the Fifth Meeting of the COP to CBD Nairobi, Kenya, May 15–26, 2000 // Montreal, 2000. P. 35–41.
17. Atlas of biodiversity of seas and coasts of the Russian Arctic. Moskva: WWF Russia , 2011. 64 p.
18. James Snyder. Rapid assessment of the ability of recovery of circum-Arctic ecosystems (RACER): framework and tool to guide the adaptation of ecosystems in terms of significant climate change. «The World Wildlife Fund» (WWF), Canada. [Electronic resource]. URL: [http://clcr.ru/uploads/images/file\\_event\\_2700.pdf](http://clcr.ru/uploads/images/file_event_2700.pdf)
19. Land cover and vegetation resources of the Polar Urals / L. M. Morozova [et al.]. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2006. 796 p.
20. Popova I. V. Diagnosis of ecosystem stability in transformation intensity processes of organic substance / Environmental systems and devices. No. 5, 2007. P. 3–5.
21. The nature of Yamal / composite author. Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1995. P. 134–136.
22. Kozin V. V., Marshinin A. V., Maryinskikh D. M. et al. Landscape-ecological maintenance of the nature use in areas of oil and gas fields in Western Siberia (on the example of Nadym-Pur-Tazovsky interfluvium) / Bulletin of the Tyumen State University Press, 2008. No. 3. P. 200–215.
23. Gathering, preparing, and compressing of associated petroleum gas of Komsomolsky deposit. Vol. 2. Book 4. Assessment of the impact on the environment. Nizhnevartovsk, 2007. P. 66–70.
24. Shavykin A. A. Ilyin G. V., Sutkaitis O. K. Assessment of integrated vulnerability of the waters of Barents Sea from oil pollution. [Electronic resource]. URL: <http://biologtext.ru/66.htm>

*Litvinova Albina Arkadievna* – Institute of economy of UB RAS, Ekaterinburg, Russia.  
E-mail: albina..litvinova@mail.ru

*Ignatieva Margarita Nikolaevna* – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.  
E-mail: ief.ftp@ursmu.ru.

### **Zoning of the territory of the eastern slope of Sub-polar Urals with the purpose of its economic use / V. V.Balashenko, V. G. Loginov, A.V. Dushin**

Principles of zoning of poorly developed territories are substantiated on the basis of social-ecological approach. Assessment and differentiation of the territory to technogenous loads is the most important work in zoning. Evidently, it is necessary to protect (to prohibit the use) first of all the nature complexes which are less stable and difficult to be restored. Zoning of the territory of the eastern slope of Sub-Polar Urals is carried out, distinguishing the areas, where it is possible to plan development of minerals.

*Keywords:* territory, socio-economic approach, especially protected territories, consequences, mineral resources.

### *References*

1. Ecology. Juridical encyclopedia dictionary/ under editing of S. A.Bogolyubov.Moskva: Norma, 2001.
2. Bolshanik P. V. Levels of anthropogenic load and ecologo-geographical zoning of the territory of KHMAO-Yugra. Bulletin of Tomsky State University, 2008, No. 317, December. P. 253–257.
3. Establishing of the system of especially protected territories in Khanty-Mansiysky Autonomous okrug. Report on the program "Ecology of KHMAO-Yugra" with the maps 1:1000000 scale. Institute of ecology of vegetation and animals. UrB RAS: Institute of Economy of UB of RAS, 1997.
4. Pakhomov V. P., Zoloyev K. K., Dushin A. V., Fedorov O. P. State and assessment of mineral

raw materials resources of KHMAO-Yugra in a system of mining-industrial cluster. Ekaterinburg: Institute of Economy UB of RAS, 2009. 139 p.

5. Zoloyev K.K., Rapoport M.S., Sурганов A.V., Khrypov V.N. Ore potential of KhMAO. Ekaterinburg-Khanty-Mansiysk: PD «Format», 2001. p.176.

**Balashenko Valery Vasilyevich** – Institute of economy of UB of RAS, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: bala10@mail.ru

**Loginov Vladimir Grigoryevich** – Institute of economy of UB of RAS, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: log-wg@rambler.ru

**Dushin Aleksey Vladimirovich** – Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: dushin.a@list.ru

## **Pioneering of mineral resources and reward / O. V. Kosolapov, T. A. Ignatieva**

The authors consider conditions and size of payment of incentive remuneration for revealing of mineral deposits. Based on the comparison of geological information on the discovered deposit and on the information characterizing the invention, some recommendations are formulated on improvement of money reward of discoverers.

*Keywords:* deposits, discoverers, information, monetary reward.

### *References*

1. Vasilevskaya D.V., Laevskaya N.V., Litunovskaya D. A. New in legislation about the bowels // Mineral Resources of Russia. 2007. No. 5. P. 84–86.
2. Zaychenko V. Yu. About the rights of discoverers of mineral deposits in market economy // Exploration and protection of mineral resources. 2004. No. 4. P. 52–54.
3. Zaychenko V.Yu. Pioneering of mineral deposits and civil law in Russia // Gornij Journal. 2009. No. 3. P. 110–116.
4. Instruction on application of the provision «About state money reward for discovery of new mineral deposits with commercial value», approved. 21.10.71.
5. Instruction on questions of payment of rewards for discovery of mineral deposits, approved by the Ministry of Natural Resources of Russia of 31.03.1997, No. 50.
6. Instructions on the order of the fact establishing of a deposit discovery, approved by the Russian Ministry of Natural Resources of 11.11.2004, No. 689.
7. Property and copyright on scientific and technical products (methodological recommendations). Moskva: Geoinformmark, 1999.
8. Kravchenko Yu.V. New in legislation of RF about the bowels – new risks of investment in the nature use // Mineral Resources of Russia. 2007. No. 5. P. 87–91.
9. Ledovskih A. A. The main results of the Federal Agency on the nature use in 2008 and priority tasks for 2009 // Exploration and protection of the bowels. 2009. No. 2. P. 4–10.
10. The provision about compensation of the state's costs on exploration and assessment of mineral resources with presenting the right to use subsoil sectors, aiming exploration and minerals extraction, in the case the fact of discovery of minerals is established and the user had carried out geological study of the depths sector, using own (including borrowed) funds, approved by the Resolution of the Government of Russian Federation of 29.12.2004, No. 873.
11. The provision about permanent commission of MNR of Russia on state-incentive remuneration for revealing of mineral deposits, approved by the order of Ministry of Natural Resources of Russia of 15.10.1997, No. 162.
12. The provision about consideration of applications on the rights receiving of the bowels use in the case the fact of discovery of minerals is established and the user had carried out geological study of the depth sector of internal sea waters, territorial sea and continental shelf of the Russian Federation

using the own (including borrowed) funds for purposes of exploration and mining of mineral resources of the deposit, approved by the Government Decree of Russian federation of 18.12.2005, No. 27.

13. The order of consideration of applications on the rights receiving of the bowels use in the case the fact of discovery of minerals is established and the user had carried out geological study of the depth sector using the own (including borrowed) funds for purposes of exploration and mining of mineral resources of the deposit, approved by the Government Decree of Russian Federation of 24.01.2005, No. 23.

14. Resolution of the Government of Russian Federation «About the order of one-time payment of remuneration for discovery of mineral deposits» of December 26, 1995, No. 1282.

15. Khakimov B. V., Sergeev Yu. S. On realization of the product of intellectual activity on discovery and exploration of mineral deposits // Mineral resources of Russia. 2008, No. 2. P. 71–73.

16. The Federal Law «About Bowels», 1992.

17. The Federal Law «About Copyright and Related Rights» of 09.07.1993, No. 5352-1.

**Kosolapov Oleg Veniaminovich** – Subsoil Use Directorate in Orenburg region «Orenburgnedra», Orenburg, Russia.

E-mail: nedra1958@mail.ru

**Ignatieva Tatyana Andreevna** – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: ief.etp@ursmu.ru

# СОДЕРЖАНИЕ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ .....	3	NATURAL SCIENCES .....	3
<b>Обоснование адекватности метода интегральных эволюционных уравнений для математического моделирования линейных параметрических систем с сосредоточенными</b>		<b>Substantiation of the adequacy of the method of integral evolution equations for mathematical modeling of linear parametric systems with concentrated parameters</b>	
<i>Пяткова В. Б., Сурнев В. Б.</i> .....	3	<i>Pyatkova V. B., Surnev V. B.</i> .....	3
<b>Закономерности локализации редкоземельных элементов в кварце кварцево-жильных образований Урала</b>		<b>Regularities of localization of rare-earth elements in quartz of quartz-containing formations of the Urals</b>	
<i>Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Савичев А. Н.</i> .....	8	<i>Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Savichev A. N.</i> .....	8
<b>Ново-Шемурское медноколчеданное месторождение и его тектонофизическая характеристика по гравиметрическим данным</b>		<b>Novo-Shemursky copper-pyrite deposit and its tectonophysical characteristics on gravimetric data</b>	
<i>Кадышева Е. В., Филатов В. В., Юрин Ю. Ф.</i> ...	16	<i>Kadysheva E. V., Filatov V. V., Yurin Yu. F.</i> ....	16
<b>Применение интегрального критерия для определения экологической опасности предприятий горнопромышленного комплекса</b>		<b>Application of integral criterion to determine the environmental hazards of enterprises of mining-industrial complex</b>	
<i>Хохряков А. В., Фадеичев А. Ф., Цейтлин Е.М.</i> ...	25	<i>Khokhryakov A.V., Fadeichev A.F., Tzeitlin E.M.</i> ...	25
<b>Закономерности размещения и прогноз медноколчеданных рудных узлов в коллизионной зоне Главного Уральского разлома (ГУР)</b>		<b>Regularities of placement and forecast of massive sulfide ore clusters in collision zone of the main Ural fault (MUF)</b>	
<i>Страшненко Г. И.</i> .....	32	<i>Strashnenko G. I.</i> .....	32
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ .....	43	TECHNICAL SCIENCES .....	43
<b>Сравнительная оценка предельного состояния конструктивных элементов неразборных и разборных буровых шарошечных долот</b>		<b>Comparative assessment of extreme state of constructive elements of intergrated and demountable rotary drilling bits</b>	
<i>Грибеников Н.В., Боярских Г.А., Боярских И.Г.</i> ...	43	<i>Gribennikov N.V., Boyarskikh G.A., Boyarskikh I.G.</i> ...	43
<b>Некоторые вопросы разработки шахтных подъемных машин нового поколения и проектирования на их основе комплексов подъемов</b>		<b>Some problems of development of new generation winders and construction of hoisting complexes on their basis</b>	
<i>Попов Ю.В., Тимухин С. А., Сайпуллаев А. А., Касимов А. А., Некрасов Н. Ю.</i> .....	56	<i>Popov Yu. V., Timukhin S. A., Saypullaev A. A., Kasimov A. A., Nekrasov N. Yu.</i> .....	56
<b>Обоснование зависимости затрат на электропривод насосных агрегатов от высоты ступени в многоступенчатом шахтном отливе</b>		<b>Grounds of dependence of expenses on electric drive of pumps on the stage height in multistage mine dewatering</b>	
<i>Стожков Д. С.</i> .....	59	<i>Stozhkov D. S.</i> .....	59
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ .....	63	SOCIO-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES .....	63

<b>Оценка институциональной среды недропользования в Ямало-Ненецком автономном округе</b>	<b>Assessment of institutional environment of the nature use in Yamal-Nenetsky autonomous region</b>
Полянская И. Г., Масленников В. В. ....	Polyanskaya I.G., Maslennikov V. V. ....
63	63
<b>Методический подход к учету и оценке биоразнообразия при разработке стратегии освоения полярных и арктических территорий</b>	<b>Methodical approach to accounting and assessment of biovariety in elaboration of the strategy of development of polar and arctic territories</b>
Литвинова А. А., Игнатьева М. Н. ....	Litvinova A. A., Ignat'eva M. N. ....
72	72
<b>Районирование территории восточного склона Приполярного Урала в целях хозяйственного использования</b>	<b>Zoning of the territory of the eastern slope of Sub-polar Urals with the purpose of its economic use</b>
Балашенко В. В., Логинов В. Г., Душин А. В. ...	Balashenko V. V., Loginov V. G., Dushin A. V. ....
81	81
<b>Первооткрывательство месторождений полезных ископаемых и его вознаграждение</b>	<b>Pioneering of mineral resources and reward</b>
Игнатьева Т. А., Косолапов В. Н. ....	Ignat'eva T. A., Kosolapov O. V. ....
88	88
ABSTRACTS AND REFERENCES .....	ABSTRACTS AND REFERENCES .....
95	95

Редактор *Шорина Э. В.*  
Компьютерная верстка *Пихтовниковой О. Г.*  
Перевод на англ. яз. *Удачиной Н. А.*

---

Подписано в печать 28.05.2013 Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 14,13 Уч.-изд. л. 11,25 Тираж 500. Заказ № 1

Издательство ФГБОУ ВПО «УГГУ»  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Отпечатано в типографии  
ООО «Издательство УМЦ УПИ»  
620049, г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 35 а, оф. 2