

Таким образом, комплексные электронномикроскопические исследования гидроциркона показали, что в нем уран находится в двух формах: изоморфный и в виде микровключений собственных минеральных фаз. Попытки по селективному растворению позволили установить, что изоморфно входит в структуру минерала не более 1% урана. Уран, присутствующий в гидроцирконе сверх этого количества, находится в виде микровключений самостоятельных минералов, главным образом коффинита, кристаллы которого плотно запечатаны внутри матрицы гидроциркона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арапов, Ю.А. Урановые месторождения Чехословакии / Ю.А. Арапов, В.Е. Бойцов, Г.А. Кремчуков и др. — М.: Недра, 1984. — 445 с.
2. Бродин, Б.В. Парагенезис коффинита с другими минералами группы циркона / Б.В. Бродин, Г.А. Сидоренко, А.С. Шульгин, В.Г. Дубинчук. — Записки В.М.О., в. 2 часть III. — 1982.
3. Гайдукова, В.С. Некоторые аспекты использования электронной микроскопии для решения минералогических задач / В.С. Гайдукова // Минералогический журнал. — 1981. — Т. 3. — № 3. — С. 11–25.
4. Елисеева, О.П. О типах распределения урана в кристаллах акцессорных цирконов / О.П. Елисеева, И.Д. Рябчикова, Н.А. Богатырева // Геохимия. — 1974. — № 9. — С. 1389–1399.
5. Книпович, Ю.П. // Анализ минерального сырья / Ю.П. Книпович, Ю.В. Морачевский. — М., 1956.
6. Пятенко, Ю.А. Известия АН СССР. — 1977. — № 9. — С. 77–89. / Ю.А. Пятенко, А.А. Воронкова.
7. Разумная, Е.Г. Об аршиновите — новой метаколлоидной разновидности циркона / Е.Г. Разумная, Г.А. Спелянская, К.Г. Королев, Г.В. Покульнис // Методы исследования минерального сырья. — М.: Госгеолтехиздат, 1957.
8. Čadek, J. Association of uranium and zirconium in Sandstone Type uranium deposits in northern Bohemia / J. Čadek, J. Mirovsky, F. Novak // Čas. miner. geol. 20. — 1975. — С. 131–140.
9. Cörz, H. Microprobe studies of inclusions in zircon and compilation of miner and trace elements in zircon from literature / H. Cörz // Chemie der Erde. — V. 33. — № 4. — 1974.
10. Coriba, R. Geochim et cosmchim. Acta / R. Coriba, A. Baumer, G. Turco. — V. 39. — № 1. — 1975. — P. 11–26.
11. Coleman, R.G. Hidrozircon from the Wind River Formation Wyoming / R.G. Coleman, R.C. Erd / Geol. Surv. prof. Pop. — P. 297–300. — Washington, 1961.
12. Clark, G. Pb, U, Th, Hf and Zr distribution in zircons determined by proton microprobe and fission track techniques / G. Clark, B.L. Culson, A. Cookson / Geochim. cosmchim. Acta. — V. 43. — № 6. — 1979.
13. Československa loziska uranu. — Praha, 1984.
14. Frandel, and Colette R.C. // The American Mineralogist / R.C. Frandel and Colette. -V. 42. — 1957. — P. 759–766.
15. Scharm, B. Hidrozircon with microspherical structure / B. Scharm, J. Burda, V. Hofreiter // Čas. miner. geol. — Praha, 1977.

© Казанцев В.В., Петрин А.В., Дубинчук В.Т., 2020

Казанцев Вадим Владимирович
Петрин Анатолий Васильевич //petrin-vims@mail.ru

Дубинчук Виктор Тимофеевич

Башкуров А.Ю. (МГРИ-РГГРУ)

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЗЦОВ РЕЗАНИЯ ПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА

*В настоящее время при проходке щитовым способом огромную роль играют темпы производства работ (скорость проходки). На скорость в большей степени оказывают влияние резцы резания, а именно, их затупленность и скорость замены. В работе предлагается модернизация резцов резания проходческого щита на легкозаменяемые резцы. Показаны способы установки, замены, закрепления модернизированных резцов. Цель работы — найти и применить вариант резцов резания, который позволит снизить себестоимость проходческих работ и ускорит процесс проходки. **Ключевые слова:** проходческий щит, резец.*

Bashkurov A.Yu. (MGRI-RGGRU)

MODERNIZATION OF CUTTERS CUTTING OF TUNNELING MACHINE

*Currently, the excavation by TBM, a huge role is played by the rate of production (ROP). The speed is largely influenced by the cutters cutting, namely their stopsenate and speed of replacement. The paper offers modernization of cutters cutting of tunneling machine to easily replaceable cutters. Shows how to install, replace, consolidate modernized cutters. The aim of this work is to find and use the option of cut of the cutters, which allow to reduce the cost of tunnelling works and will speed up the process of sinking. **Keywords:** tunneling shield, cutter.*

Наиболее распространенными способами разрушения горных пород механическим способом для строительства тоннелей являются: резание стержневыми радиальными или тангенциальными резцами и дисковыми резцами, вращательное бурение с применением резцов или шарошек. Эффективность работы проходческой машины во многом определяется правильным выбором типа рабочего инструмента и его качеством. Современный рабочий инструмент горных машин должен отвечать следующим требованиям: обладать высокой износостойкостью для сохранения режущей кромки острой в течение длительного времени; допускать восстановление путем заточки при затуплении.

Геометрические параметры и степень затупления резцового инструмента оказывают существенное влияние на сопротивляемость горных пород резанию.

При работе затупленными резцами возрастают силы резания и подачи на забой, увеличивается энергоёмкость разрушения.

В данной статье предлагается установка легкозаменяемых резцов. Резцы изготавливаются из высокопрочной стали со вставками из победита и других твердосплавных материалов. В данном случае используется вставка из сплава ВК8В. Но, несмотря на это, находясь в постоянном контакте с неоднородной породой и агрессивной средой, где встречаются валуны и булыжники, включения из скальных пород, резцы остаются элементами, которые нуждаются в частой замене. И значительная часть времени на устранение неисправностей приходится на замену режущих и скалывающих элементов. Поэтому своевременная и быстрая замена резцов — очень важный элемент в обслуживании проходческого щитового комплекса.

В последнее время все большее распространение находит безболтовое крепление резцов с помощью специальных фиксирующих устройств, которые значительно упрощают процесс замены резцов. Такие системы нашли применение в основном в очистных комбайнах.

По множеству видов безболтового соединения встречаются сложные конструкции, которые требуют изготовления большого количества дополнительных деталей, таких как втулки, фиксаторы и кольца. Предлагаемая модернизация предусматривает использование специальных вставок (патронов) в боковом отверстии для фиксации резца, тем самым облегчая и ускоряя установку новых резцов и удаление испорченных, требующих ремонта резцов (рис. 1).

В базовом варианте резец устанавливается в державку и крепится посредством болта. В данном случае мы обходимся без болтов и инструментов для их

крепления. Для установки патрона в державке проделывается отверстие с одной его стороны диаметром 30 мм. С внутренней части отверстие имеет местное уширение для буртика патрона, чтобы патрон держался надежно и не выпадал. Он состоит из цилиндрического корпуса, внутри которого расположена пружина с фиксатором. Фиксатор конусовидный, выполняется из конструкционной стали марки 40Х. Патрон с уже помещенными в него пружиной и фиксатором вставляются в державку вручную с внутренней стороны. В резце также проделывается конусовидное отверстие для входа фиксатора и удержания резца. Для установки резца в модернизированном варианте достаточно усилия нажатия рабочего, который заменяет данный резец.

Для извлечения из державки изношенного или вышедшего из строя резца в базовом варианте нужно проделать операции откручивания болта посредством ключа, что затрачивает много времени; в модернизированном варианте для извлечения резца применяется любой инструмент — молоток, ломик для выталкивания, выбивания резца сзади. Либо для этой цели может быть предусмотрен специальный инструмент с выдвигной частью для выталкивания резца. Для его удобной установки в державке предусмотрена проточка. После удаления старого режущего инструмента на его место тут же вставляется новый резец. Операция установки нового резца будет проходить быстрее базового варианта. Резец закреплен в державке, воспринимающей силы, действующие на резец (рис. 2).

По справочным данным по эргономике средняя сила нажатия взрослого мужчины составляет 300–550 Н. Максимальное усилие доходит до 1000 Н. Выбирается значение силы нажатия равное 500 Н. Рабочий давит на резец сбоку вовнутрь под прямым углом.

Разложим силу $F = 500$ Н на составляющие ее силы (рис. 3).

По разложенным силам видно, что на пружину будет оказывать воздействие сила $F_{нх}$. Силы $F_{ну}$ и $F_{кас.у}$ будут вдавливать фиксатор вовнутрь, скручивая его. Поэтому длину фиксатора внутри корпуса следует принять 10 мм, чтобы не допустить выпадения фиксатора из паза под действием сил.

Рассчитаем силу F_n и $F_{нх}$. Влияние на величину

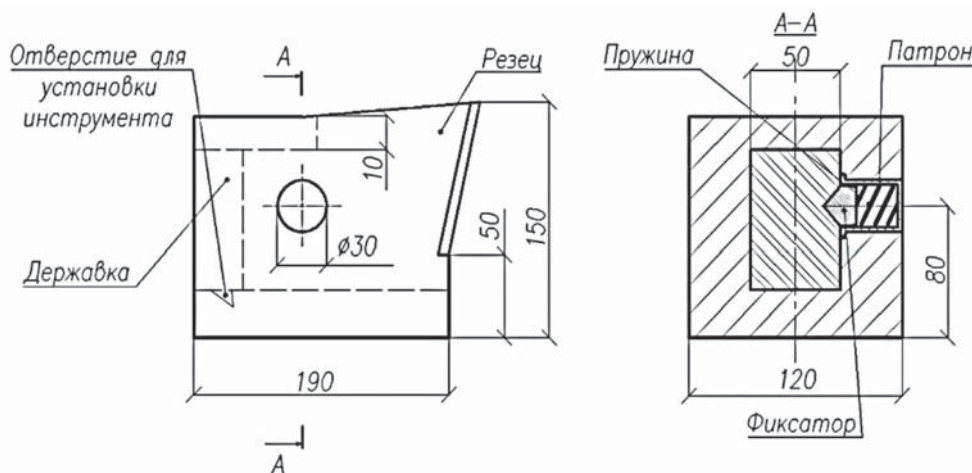


Рис. 1. Резец в державке

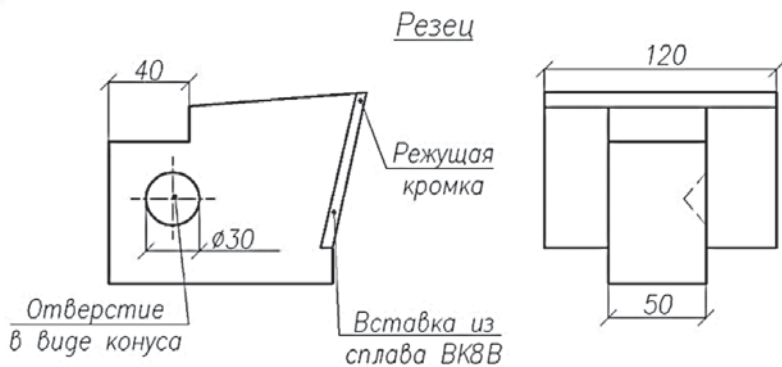


Рис. 2. Резец

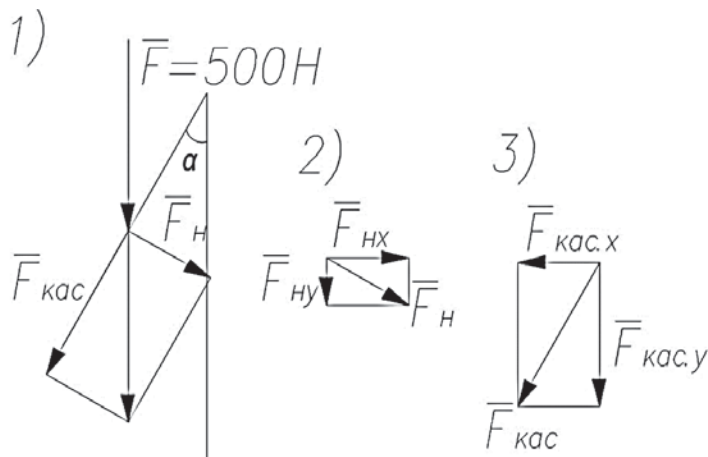


Рис. 3. Разложение сил

этих сил оказывает угол фиксатора α . Рассчитывая силы при угле $\alpha = 20^\circ$:

- 1) $F_N = F \cdot \cos(90^\circ - 20^\circ) = F \cdot \cos 70^\circ = 500 \cdot 0,342 = 171 \text{ Н}$.
- 2) $F_{Нх} = F_N \cdot \cos(90^\circ - 70^\circ) = F_N \cdot \cos 20^\circ = 171 \cdot 0,94 = 160,74 \text{ Н}$.

При угле $\alpha = 30^\circ$:

- 1) $F_N = F \cdot \cos(90^\circ - 30^\circ) = F \cdot \cos 60^\circ = 500 \cdot 0,5 = 250 \text{ Н}$.
- 2) $F_{Нх} = F_N \cdot \cos(90^\circ - 60^\circ) = F_N \cdot \cos 30^\circ = 250 \cdot 0,87 = 216,5 \text{ Н}$.

При угле $\alpha = 40^\circ$:

- 1) $F_N = F \cdot \cos(90^\circ - 40^\circ) = F \cdot \cos 50^\circ = 500 \cdot 0,64 = 321,4 \text{ Н}$.
- 2) $F_{Нх} = F_N \cdot \cos(90^\circ - 50^\circ) = F_N \cdot \cos 40^\circ = 321,4 \cdot 0,77 = 246,2 \text{ Н}$.

Таким образом, получаем, что при угле $\alpha = 20^\circ$ появляется возможность выпадения резца из державки, поэтому данный

угол неприемлем для исполнения. Оптимальным для применения является угол $\alpha = 40^\circ$, исключая выпадение резца (рис. 4).

Расчет пружины:

Для расчета пружины потребуются следующие характеристики: винтовая цилиндрическая пружина сжатия из проволоки круглого сечения, силы при предварительной деформации $F_1 = 50 \text{ Н}$, при рабочей деформации $F_2 = 250 \text{ Н}$, рабочий ход пружины $h = 15 \text{ мм}$. Изготовление пружины предусматриваем из пружинной стальной проволоки 1-го класса по ГОСТ 9889-78. Полагая, что диаметр проволоки пружины равен 4...6 мм, причем допусковое напряжение для проволоки $[\tau] = 500 \text{ МПа}$, что соответствует рекомендации ГОСТ 13764-68, предположим, что сила пружины при максимальной деформации F_3 равна:

$$F_3 = 1,3 \cdot 250 = 422,5 \text{ Н}$$

Примем индекс пружины $c = 6$. Коэффициент влияния кривизны витков $k = 1,24$.

Диаметр проволоки пружины находим по формуле:

$$2) d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot c \cdot F_3}{[\tau]}} = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{1,24 \cdot 6 \cdot 422,5}{500}} = 4,01$$

В соответствии с ГОСТ 9389-75 окончательно принимаем $d = 4 \text{ мм}$. Следовательно, предварительно принятое значение $[\tau]$ соответствует, и значения c и k приняты правильно.

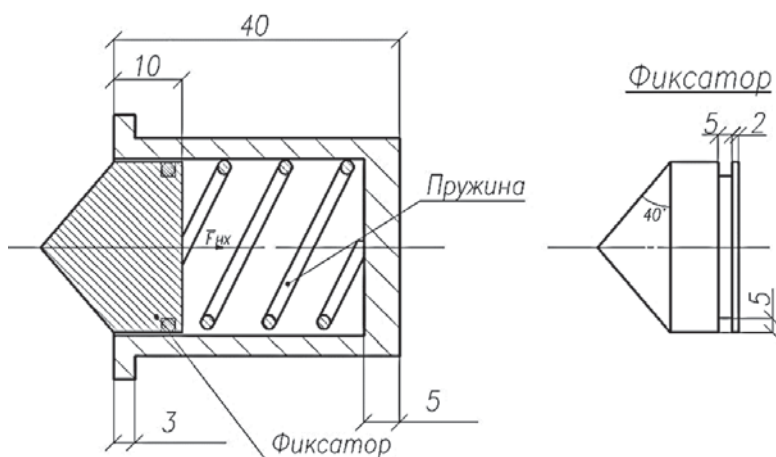


Рис. 4. Фиксатор с пружиной

Средний диаметр пружины по формуле:

$$3) \quad D = c \cdot d = 6 \cdot 4 = 24 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр пружины вычисляем по формуле:

$$4) \quad D_H = D + d = 24 + 4 = 28 \text{ мм.}$$

Подберем пружину по ГОСТ 13766—68. Ближе всего подходит пружина 1-го класса 1-го разряда № 481. Для этой пружины $F_3 = 425 \text{ Н}$; $d = 4 \text{ мм}$; $D_H = 26 \text{ мм}$; жесткость одного витка $C_I = 235,8 \text{ Н/мм}$ и наибольший прогиб одного витка $\lambda'_3 = 1,802 \text{ мм}$.

Уточним средний диаметр пружины:

$$5) \quad D = D_H - d = 26 - 4 = 22 \text{ мм.}$$

Проверим выбранную пружину по C_I и λ'_3 . По формуле имеем:

$$6) \quad \tilde{N}_1 = \frac{10^4 \cdot d}{c^3} = \frac{10^4 \cdot 4}{6^3} = 165 \text{ Н/мм, что приемлемо.}$$

Жесткость пружины выразится по формуле:

$$7) \quad C = \frac{F_2 - F_1}{h} \frac{250 - 50}{15} = 14,3 \text{ Н/мм.}$$

Число рабочих витков пружины найдем по формуле:

$$8) \quad n = \frac{\tilde{N}_1}{\tilde{N}} = \frac{165}{14,3} = 11$$

Максимальную деформацию пружины определим по формуле:

$$9) \quad \lambda_3 = \frac{F_3}{\tilde{N}} = \frac{425}{14,3} = 31$$

Для нахождения λ'_3 воспользуемся выражением:

$$\lambda'_3 = \frac{\lambda_3}{n} = \frac{31}{11} = 2,38 \text{ мм,}$$

что почти совпадает с табличным значением λ'_3 по ГОСТу.

Шаг пружины найдем по формуле:

$$t = \lambda'_3 + d = 2,38 + 4 = 6,38.$$

Исходя из расчетов принимаем пружину 1-го класса 1-го разряда № 481.

Для определения технической производительности Q_{mk} и технической скорости проходки тоннеля Π_{mk} щитового комплекса после модернизации воспользуемся формулами определения производительности и скорости проходки. Для этого определим коэффициент κ_{mk} :

$$\kappa_{mk} = \frac{T}{T + T_{\text{вок}}} = \frac{T}{T + T_{\text{кок}} + T_{\text{мок}} + T_{\text{уикМ}}},$$

$T_{\text{вок}}$ — соответственно время (за 1 цикл) вспомогательных операций щитового комплекса, которое складывается из времени концевых операций, времени маневровых операций и времени $T_{\text{уикМ}}$, которое затрачивается на устранение неисправностей в модернизированном комплексе. Модернизация сократит время устранения неисправностей по нашим прогнозам в 2 раза.

$$\kappa_{mk} = \frac{41,1}{41,1 + 50 + 0 + 3} = 0,437.$$

$$Q_{mk} = 0,56 \cdot 0,437 \cdot 60 = 14,683 \text{ м}^3/\text{час};$$

$$\Pi_{mk} = \frac{60 \cdot 4 \cdot 0,56}{3,14 \cdot 6,25^2} \cdot 0,437 = 0,479 \text{ м/час.}$$

Эксплуатационная производительность и эксплуатационная скорость проходки и сооружения тоннеля после модернизации будет зависеть от коэффициента $\kappa_{\text{эк}}$:

где $\kappa_{\text{эк}}$ — коэффициент непрерывности работы комплекса в процессе эксплуатации.

$$\kappa_{\text{эк}} = \frac{T}{T + T_{\text{кок}} + T_{\text{мок}} + T_{\text{уикМ}} + T_{\text{эок}}},$$

где $T_{\text{кок}}$ — время концевых операций комплекса;

$T_{\text{мок}}$ — время маневровых операций комплекса;

$T_{\text{уикМ}}$ — время устранения неисправностей модернизированного комплекса;

$T_{\text{эок}}$ — время простоев комплексов по эксплуатационно-организационным причинам, включающее простои из-за несоответствия условий эксплуатации техническим данным, отсутствия энергии, транспорта, общего уровня организации и работ и пр.

$$\kappa_{\text{эк}} = \frac{41,1}{41,1 + 50 + 0 + 3 + 6} = 0,411;$$

$$Q_{\text{ЭК}} = 0,56 \cdot 0,411 \cdot 60 = 13,81 \text{ м}^3/\text{час};$$

$$P_{\text{ЭК}} = \frac{240 \cdot 0,56}{3,14 \cdot 6,25^2} \cdot 0,411 = 0,452 \text{ м/час.}$$

Эксплуатационные темпы проходки и сооружения тоннеля в смену, в месяц и год после модернизации:

$$Q_{\text{Э.см.к}} = 13,81 \cdot (6 - 0,50 - 0,33) = 71,753 \text{ м}^3/\text{см};$$

(было 69,335 м³/см);

$$Q_{\text{Э.мес.к}} = 71,753 \cdot 3 \cdot 25 = 5366,475 \text{ м}^3/\text{мес.};$$

(было 5200, 125 м³/мес.);

$$Q_{\text{Э.год.к}} = 5366,475 \cdot 12 = 64398 \text{ м}^3/\text{год};$$

(было 62402 м³/год);

$$P_{\text{Э.см.к}} = 0,452 \cdot (6 - 0,50 - 0,33) = 2,34 \text{ м/см};$$

(было 2,29 м/см);

$$P_{\text{Э.мес.к}} = 2,34 \cdot 3 \cdot 25 = 175,55 \text{ м/мес.};$$

(было 171,75 м/мес.);

$$P_{\text{Э.год.к}} = 175,55 \cdot 12 = 2107 \text{ м/год};$$

(было 2061 м/год).

Таким образом, после модернизации резцов происходит увеличение технической и эксплуатационной производительности в связи с уменьшением времени на устранение неисправностей (с 6 минут до 3), увеличится скорость проходки, возрастет производительность труда и прибыль. А себестоимость проходческих работ снижается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бреннер, В.А. Щитовые проходческие комплексы: Уч. пособие / В.А. Бреннер, А.Б. Жабин, М.М. Щеголевский, Ал.В. Поляков, Ан.В. Поляков — М.: Издательство «Горная книга», 2009. — 447 с.: ил. (Горное машиностроение).
2. Валчев, А.Г. Современные щитовые машины с активным пригрузом забоя для проходки тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях: Справ. Изд. / А.Г. Валчев, С.Н. Власов, В.П. Самойлов. — М.: «ТА Инжиниринг», 2003. — 70 с.

© Башкуров А.Ю., 2020

Башкуров Артем Юрьевич // Bashkurov_A@inbox.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 338.242.4

Дадыкин В.С. (ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»), Синиченков Ю.Г. (ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского»)

ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗАПАСОВ И ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГЕОЛОГОРАЗВЕДочНОЙ ПРОДУКЦИИ

Рассматривается авторский подход к оценке минерально-сырьевого (инвестиционного) потенциала как запасов месторождений, так и прогнозных ресурсов в течение жизненного цикла геологоразведочной продукции. Методика основана на стоимостной оценке запасов и прогнозных ресурсов с применением коэффициентов перевода как интегральных показателей. В результате проведена оценка минерально-сырьевого потенциала запасов и прогнозных ресурсов Центрального федерального округа (ЦФО) по геолого-экономическим зонам, определены ключевые направления развития минерально-сырьевого потенциала.

ключевые слова: минерально-сырьевая база, минерально-сырьевой потенциал, геоэкономический мониторинг, минеральный актив, инвестиционная привлекательность, жизненный цикл, геологоразведочная продукция.

Dadykin V.S. (Bryansk state technical University), Sinichenkov Yu.G. (Bryansk state University named after academician I.G. Petrovsky)

ASSESSMENT OF MINERAL RESOURCE POTENTIAL OF RESERVES AND FORECAST RESOURCES DURING THE LIFE CYCLE OF EXPLORATION PRODUCTS

The author's approach to the assessment of mineral resources (investment) potential of both reserves and forecast resources during the life cycle of exploration products is considered. The method is based on the valuation of reserves and forecast resources using transfer coefficients as integral indicators. As a result, the assessment of mineral resources potential of reserves and forecast resources of the Central Federal district by geological and economic zones