

Научная статья
 УДК 622.272.001.33
 DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-3-66-73

Управление качеством руд при разработке урановых месторождений

Василий Афанасьевич Овсейчук

Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия
 mks3115637@yandex.ru

Информация о статье

Статья поступила
 в редакцию 03.05.2023

Одобрена после
 рецензирования 20.07.2023

Принята к публикации
 23.07.2023

Ключевые слова:

*минеральное сырьё,
 технологические
 процессы горных
 работ, рудоподготовка,
 радиометрические методы
 сортировки, потери,
 разубоживание, концентрат
 природного урана,
 технологический сорт
 руд, содержание урана,
 алгоритм управления
 качеством руд, извлечение
 урана*

При разработке скальных урановых месторождений качество добываемых руд (прежде всего, содержание урана в рудах) подвергается изменению в процессе выполнения технологических процессов разведки, вскрытия, подготовки, нарезки, добычи и рудоподготовки перед переработкой добытого минерального сырья. На каждом этапе формируется определённый уровень содержания полезного компонента в рудах. Главная задача всего комплекса горных работ – получить то качество руд, которое обеспечит максимальное извлечение урана сначала из недр, а затем из подготовленной к переработке руды. Цель исследования – обобщение опыта управления качеством добываемого минерального сырья и совершенствование методов формирования необходимого качества руд. Задача исследования – разработать алгоритм управления качеством добываемого скального минерального сырья применительно к урановым рудам месторождений Стрельцовского рудного поля. На каждом этапе горных работ применяются технологические приёмы, которые позволяют максимально хорошо подготовить минеральное сырьё для выполнения следующего этапа. Комплекс этих технологических приёмов позволяет получить необходимое качество руды для получения готовой продукции горного предприятия с минимальными затратами и с максимальным уровнем извлечения полезного компонента в концентрат природного урана. При отработке комплексных руд, содержащих кроме урана другие полезные компоненты (как правило, молибден), те же требования предъявляются и к молибденовому концентрату. Извлечение попутных компонентов в готовую продукцию позволяет решить одну из главных задач добычи минерального сырья – комплексное использование недр. На Приаргунском производственном горно-химическом объединении с непосредственным участием автора разработана система управления качеством добываемых руд, состоящая из ряда технологических этапов, на каждом из которых выполняются операции, позволяющие в совокупности достичь максимального экономического эффекта при производстве готовой продукции. В статье предложен алгоритм управления качеством добываемых руд при разработке скальных урановых руд на месторождениях Стрельцовского рудного поля.

Original article

Ore Quality Management in the Development of Uranium Deposits

Vasily A. Ovseychuk

Transbaikal State University, Chita, Russia
 mks3115637@yandex.ru

Information about the article

Received 3 May, 2023

Approved after review
 20 July, 2023

Accepted for publication
 23 July, 2023

During the development of rocky uranium deposits, the quality of extracted ores (first of all, the uranium content in ores) is subjected to change during the technological processes of exploration, opening, preparation, cutting, extraction and ore preparation before processing the extracted mineral raw materials. At each stage, a certain level of the content of the useful component in the ores is formed. The main task of the entire mining complex is to obtain the quality of ores that will ensure maximum extraction of uranium first from the bowels, and then from the ore prepared for processing. At each stage of mining operations, technological techniques are used that allow the mineral raw materials to be prepared as well as possible for the next stage. The complex of these technological techniques makes it possible to obtain the necessary ore quality to obtain the finished products of a mining enterprise with minimal costs

Keywords:

mineral raw materials, mining processes, ore preparation, radiometric sorting methods, losses, dilution, natural uranium concentrate, technological grade of ores, uranium content, ore quality management algorithm, uranium extraction

and with the maximum level of a useful component extraction into a natural uranium concentrate. During mining complex ores contain other useful components besides uranium, usually molybdenum, so, the same requirements are imposed on molybdenum concentrate. Extraction of associated components into finished products makes it possible to solve one of the main tasks of extraction of mineral raw materials – the integrated use of subsurface resources. The Priargunsky Mining and Chemical Production Association has developed an algorithm for managing the quality of extracted ores, consisting of a number of technological stages, at each of which operations are carried out that together achieve the maximum economic effect in the production of finished products. The article presents an algorithm for managing the quality of mined ores during the development of rocky uranium ores at the Streltsovsky ore field deposits.

Актуальность. Появление новых технологий переработки минерального сырья, какими являются физико-химические методы, потребовало пересмотра требований к качеству этого сырья, так как каждая технология эффективна при переработке определённого технологического сорта. Поэтому совершенствование методов формирования качества добываемого минерального сырья является актуальной задачей [13–15].

Объект исследований – технологические процессы горного производства, позволяющие формировать необходимое качество руд при добыче. **Предмет исследований** – технологические операции ведения горных работ, позволяющие управлять качеством добываемых руд на каждом этапе.

Целью работы является обобщение опыта управления качеством добываемого минерального сырья и совершенствование методов формирования необходимого качества руд.

Задача исследования – разработать алгоритм управления качеством добываемых скального минерального сырья применительно к урановым рудам месторождений Стрельцовского рудного поля.

Методы исследования. Анализ работы горных предприятий по добыче минерального сырья, установление влияния технологических процессов горного производства на формирования качества добываемых руд.

Разработанность темы, результаты исследования. Основной целью управления качеством добываемых руд является решение двух взаимосвязанных задач:

- 1) повысить содержание полезных компонентов в добываемой рудной массе;
- 2) сформировать стабильный по качеству рудный поток, поступающего на рудопереработку [5].

Достижение этой цели возможно только путём надежного выделения в массиве рудной залежи технологических типов руд, обеспече-

ния их добычи и транспортирования в соответствующих режимах. Основными условиями реализации этой системы являются [6–8]:

- обеспечение добычи руд по технологическим сортам;
- комплексное использование руд и попутно добываемых пород;
- обеспечение мер по охране недр и окружающей среды.

Из практики отработки рудных месторождений известно, что создание систем управления качеством руд возможно для рудных объектов, характеризующихся едиными условиями рудообразования и сходными технологическими характеристиками. Таким объектом разработки являются гидротермальные урановые месторождения Стрельцовского рудного поля, характеризующиеся единым генезисом, схожими технологическими параметрами и условиями отработки [5].

Система управления качеством руд при добыче включает в себя следующие составляющие (блоки) [9; 10]:

- блок информационного обеспечения, представленный совокупностью сведений о количественных и качественных показателях руд и распределении их на месторождении, о важнейших характеристиках технологии освоения месторождений, включающих все этапы горных работ начиная с разведки до переработки добытых руд;
- блок математического обеспечения, который является взаимосвязанным комплексом математических моделей, зависимостей и алгоритмов, реализованных в компьютерных программах; отражает теоретическую, аналитическую, методологическую и иные стороны математического решения всего комплекса задач по статике состояния запасов и динамике отбитой рудной массы в процессе её трансформации в связи с управлением качеством;
- блок реализации системы управления качеством рудных потоков, включающий в

себя базу данных для принятия оптимальных решений, комплекс технических средств, технологических операций и организационных приемов, позволяющих осуществить мероприятия по управлению качеством руд.

Блок информационного обеспечения формируется по результатам проведения геологоразведочных работ, на стадии которых накапливается информация об основных параметрах и характеристиках месторождения, включающая сведения о размерах месторождения, условиях локализации оруденения, петрографическом и минеральном составе пород и руд, их физико-механических свойствах, запасах руд и полезных компонентов в них.

На основе полученной информации о месторождении разрабатывается проект его эксплуатации, включающий вскрытие запасов, подготовку их к отработке, выбор оптимальных систем разработки, технологию доставки руды на поверхность, разделения добытой горнорудной массы на технологи-

ческие сорта и технологию первичной переработки руд с получением готовой продукции горного предприятия [4].

Алгоритм формирования блока информационного обеспечения представлен на рис. 1.

Блок математического обеспечения формируется на основе решения частных задач при выполнении технологических процессов горного производства с применением экономико-математического моделирования на основе выявленных зависимостей технологических параметров от горно-геологических характеристик руд и вмещающих пород.

Выбор оптимального варианта вскрытия месторождения осуществляется на основе анализа следующих показателей:

- рельеф местности;
- глубина залегания месторождения;
- площадь развития месторождения;
- величина запасов руды;
- коэффициент вскрыши запасов;
- угол сдвижения пород;
- ценность полезного компонента.

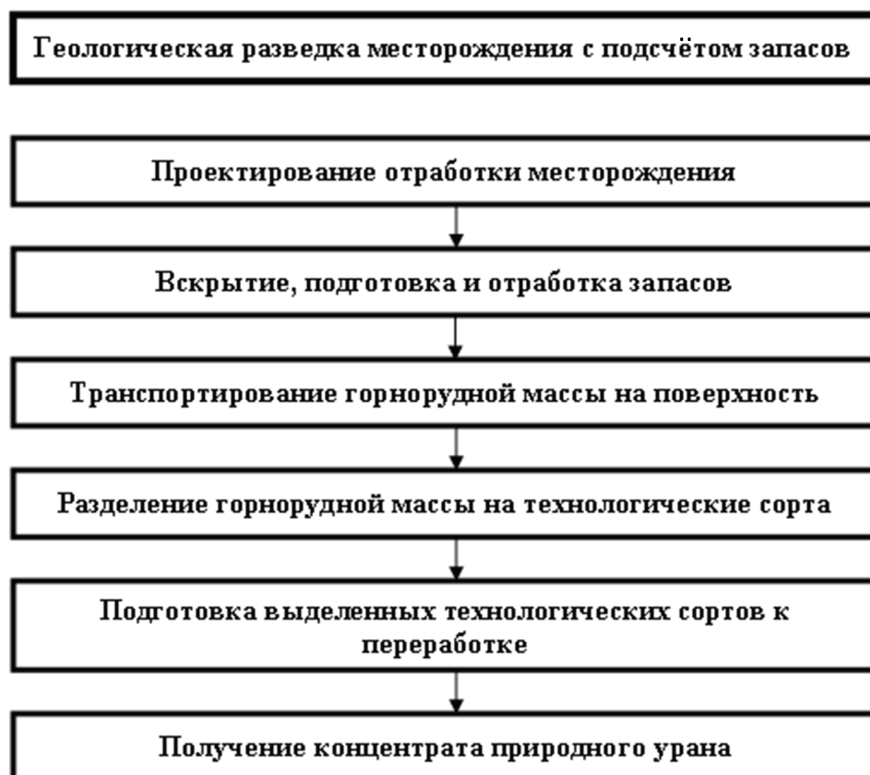


Рис. 1. Алгоритм формирования блока информационного обеспечения /
Fig. 1. The algorithm for the formation of the information support block

Рациональный способ вскрытия должен удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать безопасность труда и благоприятные физиологические условия для работающих как при проведении горных выработок, так и в период разработки месторождения; быть наиболее экономичным по капитальным затратам, эксплуатационным расходам и обеспечивать полноту выемки запасов руды, необходимые темпы вскрытия и интенсивность отработки месторождения. Наиболее экономически эффективный вариант выбирается методом сравнения затрат, приходящихся на 1 т руды, по статьям, отличающимся для сравниваемых схем вскрытия [2]

$$C = C_T + K_{Tr} / A_t, \text{ p.}, \quad (1)$$

где C – суммарные сравниваемые затраты на 1 т руды, млн р.; C_T – учитываемая часть себестоимости 1 т руды по сравниваемым вариантам, р.; K_{Tr} – учитываемые капитальные вложения по сравниваемым вариантам, приведенные к одному периоду времени, р.; A – годовая производственная мощность рудника (шахты), млн т; t – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, величина, обратная нормативному коэффициенту экономической эффективности капитальных вложений $E = 0,15$, т. е. $t = 1/0,15 = 7$ лет.

Выбор *схемы подготовки* запасов к отработке зависит от параметров рудных залежей: мощность, угол падения залежи и механические свойства пород и руд [7]. В качестве критерия выбора оптимального варианта подготовки запасов к выемке используется сравнение объемов горно-подготовительных работ при различных системах разработки объем или длину горно-подготовительных выработок, отнесенных к тысяче тонн подготовленных запасов

$$d = G_0 / A_n, \quad (2)$$

$$d_1 = G_n / A_n, \quad (3)$$

где d, d_1 – объем или длина горно-подготовительных выработок на одну тыс. т подготовленных запасов, м³/1 000 т или м/1 000 т; G_0 , G_n – объем или протяженность горно-подготовительных выработок, м³ или м; A_n – запасы руды, подготовленные к выемке, тыс. т.

Очистная выемка минерального сырья осуществляется различными системами разработки. Рациональной система разработки применительно к конкретному месторождению должна соответствовать основным требованиям [11]:

– полноте и качеству выемки полезного ископаемого, характеризующиеся такими показателями, как потери и разубоживание;

– максимально высокой производительности труда и минимальной себестоимости добычи руд;

– обеспечению безопасных условий труда.

Критерием оценки вариантов разработки запасов урана на месторождениях Стрельцовского рудного поля выбран критерий «максимума прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов», предложенный академиком М. И. Агошковым [3] и адаптированный для условий добычи и переработки урановых руд

$$\text{Прб} = \{10\alpha \cdot C_m \cdot I_o - [C_C + (1 + E_n) \cdot K + C_{Grp}]\} \cdot K_n, \text{ тыс. р./т}, \quad (4)$$

где α – среднее содержание металла в балансовых рудах, %;

C_m – цена 1 кг металла на мировом рынке, тыс. р.;

I_o – коэффициент извлечения металла при обогащении и переработке, доли ед.;

C_C – полная себестоимость добычи, транспорта, обогащения и переработки 1 т балансовых руд, тыс. р.;

E_n – учётная ставка банка, д. ед.;

K – капитальные вложения на 1 т балансовых запасов, тыс. р./т;

Z_r – затраты на детальную разведку 1 т балансовых запасов, тыс. р./т;

K_n – коэффициент извлечения металла из недр, д. ед.

Доставка горнорудной массы на поверхность при разработке месторождений Стрельцовской группы осуществляется подземным электровозным транспортом с поднятием на поверхность вагонов по вертикальным шахтным стволам двухэтажными клетями. Критерием выбора рациональной системы доставки горнорудной массы являются суммарные затраты на перемещение 1 т горнорудной массы от эксплуатационного блока до поверхности

$$Z_{Гт} + Z_{Вт} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где $Z_{Гт}$ – затраты на перемещение 1 т руды горизонтальным транспортом, р./т; $Z_{Вт}$ – затраты на перемещение 1 т руды вертикальным транспортом, р./т.

Разделение выданной горнорудной массы на технологические сорта осуществляется в несколько этапов:

– первый этап заключается в крупнопорционной сортировке горнорудной массы на

стволах шахт радиометрическим методом с разделением рудопотока на четыре сорта: богатая руда ($Cu > 0,2 \%$) на шихтовочный склад, рядовая руда ($Cu \leq 0,2 \%$ – $\geq 0,03 \%$) на рентгенометрическую покусковую сепарацию, забалансовая руда ($Cu \leq 0,03 \%$ – $\geq 0,01 \%$) в забалансовые отвалы, пустая порода ($Cu \leq 0,01 \%$) в отвалы пустых пород.

На втором этапе рядовая руда ($Cu \leq 0,2 \%$ – $\geq 0,03 \%$) после отмывки направляется на покусковую рентгенометрическую

сепарацию с выделением тех же четырёх сортов, что и при крупнопорционной сортировке: богатая руда на шихтовочный склад, рядовая руда после отмывки на кучное выщелачивание, забалансовая руда в отвалы забалансовых руд, пустая порода в отвалы пустых пород.

Критерием выделения технологических сортов является содержание урана [5]. Блок-схема рудоподготовки сырья представлена на рис. 2.

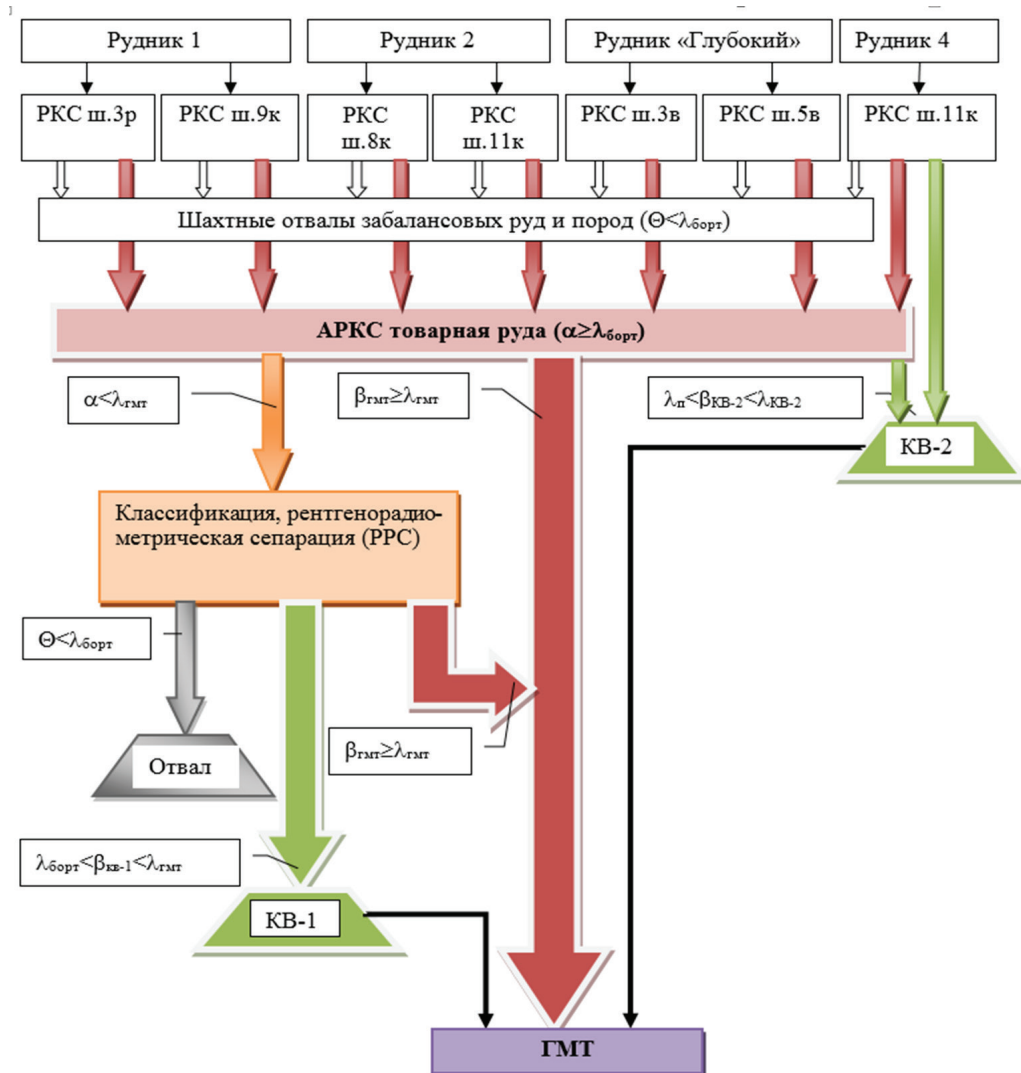


Рис. 2. Блок-схема сортировки руды на объектах ППГХО: РКС – рудоконтролирующая станция; АРКС – автомобильная РКС; КВ-1 – кучное выщелачивание некондиционных и бедных по содержанию урана балансовых руд забойной крупности; КВ-1 – кучное выщелачивание классифицированной бедной руды; ГМТ – гидromеталлургическая технология переработки урановых руд; Θ – содержание урана в отвалных хвостах сортировки; $\lambda_{\text{борт}}$ – бортовое содержание урана; $\lambda_{\text{г}}$, $\lambda_{\text{кв-1}}$, $\lambda_{\text{кв-2}}$, $\lambda_{\text{гмт}}$ – граничное содержание урана для выделения продуктов сортировки: породы, сырьё для кучного выщелачивания и ГМТ; $\beta_{\text{гмт}}$, $\beta_{\text{кв-1}}$, $\beta_{\text{кв-2}}$ – среднее содержание урана в продуктах сортировки: товарная руда ГМТ, сырьё для КВ-1 и КВ-2 / **Fig. 2.** Flow diagram of ore sorting at PIMCU facilities: RKS – ore control station; ARKS – automotive RKS; KV-1 – heap leaching of substandard and low-uranium pulpwood ores of bottom-hole size; KV-1 – heap leaching of classified low-grade ore; HMT – hydrometallurgical technology for processing uranium ores; Q is the uranium content in the sorting waste tailings; λ_{board} – cut-off uranium content; λ_{g} , $\lambda_{\text{kv-1}}$, $\lambda_{\text{kv-2}}$, λ_{gmt} – limit uranium content for separating sorting products: rocks, raw materials for heap leaching and HMT; β_{gmt} , $\beta_{\text{kv-1}}$, $\beta_{\text{kv-2}}$ – average uranium content in sorting products: marketable GMT ore, raw materials for KV-1 and KV-2

Подготовка руды к переработке осуществляется согласно требованиям технологии по двум направлениям.

Для гидрометаллургической переработки формируется шихта из богатой руды на шихтовочном складе с соблюдением требований: оптимальное содержание урана в шихте, соответствующее максимальному извлечению урана в готовую продукцию – закись-окиси урана, минимальное содержание карбонатов в руде, отсутствие посторонних предметов.

Для кучного выщелачивания руда подготавливается дроблением до размера куска 50–70 мм, затем укладывается на заранее подготовленное основание в штабели.

Получение концентрата природного урана (готовой продукции горного предприятия) осуществляется выщелачиванием богатой руды в кислотном режиме на гидрометаллургическом заводе и из штабелей рядовой и бедной руды. Подготовка богатой руды происходит дроблением, измельчением и истиранием до 74 меш (0,0074 мм). Далее рудная масса подвергается выщелачиванию концентрированной серной кислотой, раствор, содержащий насыщенный ураном направляется на сорбцию урана ионообменными смолами. Далее производится десорбция урана смесью концентрированных серной и азотной кислот, прокалка, перечистки с получением закись-окиси урана (концентрата природного урана).

Продуктивный раствор, полученный при кучном выщелачивании, направляется совместно с продуктивными растворами от выщелачивания богатых руд на сорбцию и т. д.

с получением готовой продукции. Процесс кучного выщелачивания завершается при падении концентрации урана в продуктивном растворе менее 10 мг/л.

Блок реализации системы управления качеством рудных потоков.

Моделирование нескольких вариантов разработки месторождения позволяет в результате оценки каждого варианта выбрать наиболее эффективный [1; 2; 12].

Процесс моделирования состоит из нескольких уровней:

Первый уровень модели определяет объём готовой продукции предприятия и технологию её производства. Объект первого уровня – гидрометаллургическое производство.

На втором уровне устанавливаются объёмы исходного сырья для запитки рудо-перерабатывающего производства и технологию рудоподготовки. Объект второго уровня – рудосортировочный комплекс и обогатительное производство.

Третий уровень определяет технологию вскрытия и подготовки запасов месторождения к добыче руды. Объект третьего уровня – рудник.

На четвёртом уровне выбирается технология добычи. Объект четвертого уровня – добычный участок, эксплуатационный блок.

На пятом уровне моделируются технологические процессы добычи. Объект моделирования – очистной забой.

Принципиальная схема построения экономико-математической модели горного уранового предприятия представлена на рис. 3.

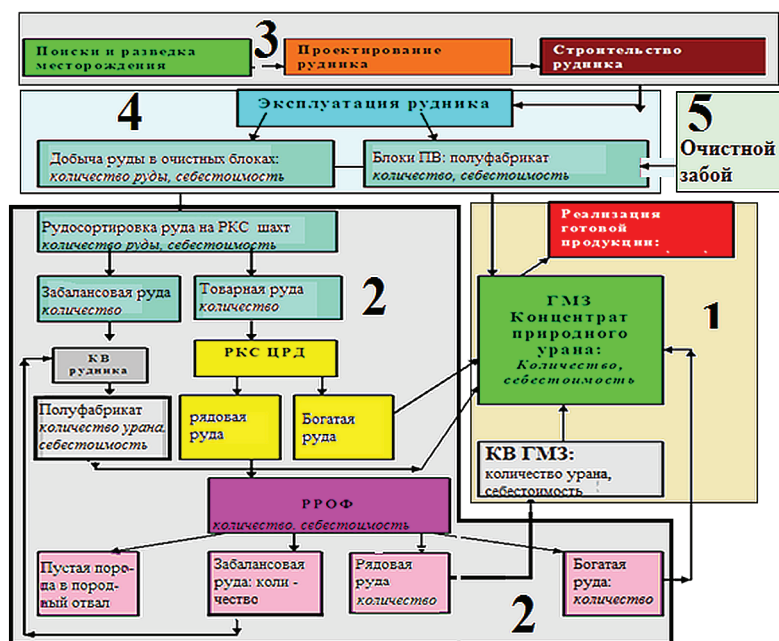


Рис. 3. Принципиальная схема построения ЭММ горнодобывающего, рудо-обогатительного и перерабатывающего уранового комплекса: ПВ – подземное выщелачивание; РКС – рудо-контрольная станция; КВ – кучное выщелачивание; РКС ЦРД – рудо-контрольная станция центрального рудничного двора; ГМЗ – гидрометаллургический завод; КВ ГМЗ – кучное выщелачивание на территории гидрометаллургического завода; РРОФ – рентгенометрическая обогатительная фабрика; 1, 2, 3, 4, 5 – уровни моделирования / **Fig. 3.** Schematic diagram of the construction of the EMM mining, ore-processing and processing uranium complex: PV – underground leaching; RCS – ore control station; KV – heap leaching; RCS CRD – ore control station of the central mine yard; GMZ – hydrometallurgical plant; KV GMZ – heap leaching on the territory of the hydrometallurgical plant; RROF – X – ray radiometric enrichment plant; 1, 2, 3, 4, 5 – modeling levels

Выводы. В системе управления качеством руд на уранодобывающем предприятии выделяются три блока последовательных операций, формирующих качество руд, необходимое для получения максимальной прибыли предприятия: блок информационного обеспечения, блок математического обеспечения, блок реализации системы управления качеством рудных потоков.

Качество выполняемых работ на предыдущем этапе определяет уровень формиро-

вания качество руд на каждом последующем этапе горных работ.

Планирование заданного качества добываемых руд имеет многоуровневый характер, состоящий из пяти этапов. Исходные условия формирования качества добываемых руд задаются на первом этапе, определяющем количество готовой продукции горного предприятия, и завершается на пятом этапе выделением очистных забоев, необходимых для добычи руды с заданным содержанием урана.

Список литературы

1. Кантемиров В. Д., Титов Р. С. Геоинформационные технологии при моделировании качественных характеристик руд // *Геоинформатика*. 2019. № 3. С. 12–18.
2. Кантемиров В. Д., Яковлев А. М., Титов Р. С. Оценка качественных показателей полезных ископаемых с использованием геоинформационных технологий блочного моделирования // *Геоинформатика*. 2020. № 3. С. 29–37.
3. Лемента О. Ю., Овсейчук В. А. Совершенствование экономико-математической модели стоимостной оценки месторождений. Чита: Вестник Читинского государственного университета. 2010. № 4. С. 100–103.
4. Макаров В. А., Малиновски Е. Г., Кацер И. И., Курчин Г. С. Динамическая система управления качеством минерального сырья. Текст: электронный // *Журнал Сибирского федерального университета*. 2016. № 9. С. 126–132.
5. Место заложения основной вскрывающей выработки. URL: <https://mybiblioteka.su/tom2/5-82984.html> (дата обращения: 21.06.2023). Текст: электронный.
6. Морозов А. А. Обоснование комплексной технологии отработки бедного уранового сырья геотехнологическими методами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.22. Чита, 2022. 20 с.
7. Овсейчук В. А., Решетников А. А., Пшенников В. А. Оптимизация качества товарных руд при разработке урановых месторождений Стрельцовского типа // *Горный журнал*. 1999. № 12. С. 37–38.
8. Павлишина Д. Н. Управление качеством руд с использованием радиометрических методов контроля содержания полезных компонентов: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22. Екатеринбург, 2016. 143 с.
9. Теплякова А. С. Управление качеством руд при добыче. Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлург. ин-т, 2020. 24 с.
10. Титов Р. С., Кантемиров В. Д., Козлова М. В. Современные подходы к выбору методов рудоподготовки минерального сырья // *Маркшейдерия и недропользование*. 2020. № 4. С. 29–34.
11. Юргенсон Г. А., Чечеткин В. С., Асосков В. М. Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья: История, современное состояние, проблемы, перспективы развития: монография. Новосибирск: Наука, 1999. 566 с.
12. Яковлев А. М. Обоснование методики геоинформационного моделирования при планировании горных работ в режиме управления качеством сырья: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.35. Екатеринбург, 2022. 152 с.
13. Яковлев А. М. Планирование горных работ в режиме управления качеством сырья на основе геоинформационного моделирования // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2021. № 5-1. С. 258–268.
14. Shahriar Heidarzadeh, Ali Saeidi, Alain Rouleau/ Evaluation of the effect of geometrical parameters on slope probability of failure in the open stoping method using numerical modeling // *International Journal of Mining Science and Technology*. 2019. Vol. 29, iss. 3. P. 399–408.
15. Van Nijen K. Van Passel S. Squires D. A stochastic techno-economic assessment of seabed mining of polymetallic nodules in the Clarion Clipperton Fracture Zone // *Mar. Policy*. 2018. No. 95. P. 133–141.

References

1. Kantemirov V. D., Titov R. S. Geoinformation technologies in modeling the qualitative characteristics of ores. *Geoinformatics*, no. 3, pp. 12–18, 2019. (In Rus.).
2. Kantemirov V. D., Yakovlev A. M., Titov R. S. Evaluation of quality indicators of minerals using geoinformation technologies of block modeling. *Geoinformatics*, no. 3, pp. 29–37, 2020. (In Rus.).
3. Lementa O. Yu., Ovseychuk V. A. Improvement of the economic and mathematical model of the valuation of deposits. *Bulletin of the Chita State University*, no. 4, pp. 100–103, 2010. (In Rus.).

4. Makarov V. A., Malinovsky E. G., Katser I. I., Kurchin G. S. Dynamic quality management system of mineral raw materials. *Journal of the Siberian Federal University*, no. 9, pp. 126–132, 2016. (In Rus.).
5. The location of the main opening workings. Web. 21.06.2023. <https://mybiblioteka.su/tom2/5-82984.html>. (In Rus.).
6. Morozov A. A. Substantiation of the complex technology of mining of poor uranium raw materials by geotechnological methods: abstract of the dissertation of the Doctor of Technical Sciences: 25.00.22. Chita, 2022. (In Rus.).
7. Ovseychuk V. A., Reshetnikov A. A., Pshennikov V. A. Optimization of the quality of commodity ores in the development of the Streltsovsky type uranium deposits. *Mining Journal*, no. 12, pp. 37–38, 1999. (In Rus.).
8. Pavlishina D. N. Ore quality management using radiometric methods for monitoring the content of useful components. Dissertation of candidate of technical sciences: 25.00.22. Yekaterinburg, 2016. (In Rus.).
9. Teplyakova A. S. Ore quality management during mining. Vladikavkaz: North Caucasus Mining and Metallurgical Institute, 2020. (In Rus.).
10. Titov R. S., Kantemirov V. D., Kozlova M. V. Modern approaches to the choice of methods of ore preparation of mineral raw materials. *Surveying and subsoil use*, no. 4, pp. 29–34, 2020. (In Rus.).
11. Yurgenson G. A., Chechetkin V. S., Asoskov V. M. Geological research and mining complex of Transbaikalia: History, modern. state, problems, prospects of development: monograph. Novosibirsk: Nauka, 1999. (In Rus.).
12. Yakovlev A. M. Substantiation of the geoinformation modeling methodology when planning mining operations in the raw material quality management mode. Dissertation of candidate of technical sciences: 25.00.35. Yekaterinburg, 2022. (In Rus.).
13. Yakovlev A. M. Planning of mining operations in the control mode the quality of raw materials based on geoinformation modeling. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, no. 5–1, pp. 258–268, 2021. (In Rus.).
14. Shakhriyar Haidarzade, Ali Saidi, Alain Rouleau. Evaluation of the influence of geometric parameters on the probability of destruction of the treatment face by an open method using numerical modeling. *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 29, iss. 3, pp. 399–408, 2019. (In Eng.).
15. Van Nijen K. Van Passel S. Squires D. Stochastic technical and economic assessment of polymetallic nodule extraction on the seabed in the Clarion Clipperton fault zone. *Mar. Politics*, no. 95, pp. 133–141, 2018. (In Eng.).

Информация об авторе

Овсейчук Василий Афанасьевич, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия; mks3115637@yandex.ru. Область научных интересов: физико-техническая и физико-химическая геотехнологии, предконцентрация минерального сырья, рудничная геология.

Information about the author

Ovseychuk Vasily A., doctor of engineering sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia; mks3115637@yandex.ru. Research interests: physical-technical and physical-chemical geotechnology, pre-concentration of mineral raw materials, mine geology.

Для цитирования

Овсейчук В. А. Управление качеством руд при разработке урановых месторождений // Вестник Забайкальского государственного университета. 2023. Т. 29, № 3. С. 66–73. DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-3-66-73.

For citation

Ovseychuk V. A. Management of the quality of ores in the development of uranium deposits // *Bulletin of the Transbaikal State University*. 2023. Vol. 29, no. 3. P. 66–73. DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-3-66-73.