

УДК 622.271.1:004.9:658.5

Шипунов Лев Викторович

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан,

Российская Федерация

Проректор по научной работе

Пличко Сергей Сергеевич

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан,

Российская Федерация

Кафедра цифровой инженерии, ассистент;

Новиков Кирилл Григорьевич

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан,

Российская Федерация

Кафедра цифровой инженерии, ассистент;

Царева Светлана Константиновна

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан,

Российская Федерация

студентка 2-ого курса направления

«Цифровые технологии в горном деле»

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ПАСПОРТА
РОССЫПНОГО ЗОЛОТОГО БЛОКА ДЛЯ РАСЧЕТА
СЕБЕСТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ**

Аннотация. В статье рассматривается методический подход к формированию цифрового паспорта россыпного золотого блока как самостоятельной производственно-экономической единицы. Актуальность исследования обусловлена тем, что при сезонной россыпной добыче ошибка в содержании золота, извлечении, объеме вскрыши, производительности техники, расходе ГСМ или логистическом плече может существенно изменить себестоимость и финансовый результат. Предлагается структура паспорта, объединяющая геологические, технологические, производственно-

технические, логистические и экономические данные с указанием источников и рисков ошибки показателей. На основе паспорта рассчитываются геологическое и товарное золото, выручка, машино-часы, расход топлива, рейсы, себестоимость 1 г Au, себестоимость 1 м³ песков и маржа блока. Применение методики позволяет повысить прозрачность планирования, сопоставимость блоков по unit-показателям и обоснованность решений о включении блока в производственный план.

Ключевые слова: россыпное золото; цифровой паспорт; россыпной блок; себестоимость разработки; unit-экономика; горное планирование; извлечение золота; машино-часы; логистика; план-факт анализ.

UDC 622.271.1:004.9:658.5

**METHODOLOGY FOR FORMING A DIGITAL PASSPORT OF A
PLACER GOLD BLOCK FOR DEVELOPMENT COST CALCULATION**

Lev Viktorovich Shipunov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “North-
Eastern State University”, Magadan, Russian Federation

Vice-Rector for Research

E-mail: eazey2308@gmail.com

Plichko Sergey Sergeevich

North-Eastern State University, Magadan, Russian Federation

Department of Digital Engineering, Assistant Lecturer

E-mail: serzh.plichko@mail.ru

Novikov Kirill Gregorovich

North-Eastern State University, Magadan, Russian Federation

Department of Digital Engineering, Assistant Lecturer

E-mail: clerik49@mail.ru

Tsareva Svetlana Konstantinovna

North-Eastern State University, Magadan, Russian Federation

2nd year student of the direction

“Digital Technologies in Mining”

E-mail: svetatsareva.141976@gmail.com

Abstract. The article presents a methodological approach to forming a digital passport of a placer gold block considered as an independent production and economic unit. The relevance of the study is determined by the seasonal nature of placer mining and by the high sensitivity of cost estimates to gold grade, recovery, stripping volume, equipment productivity, fuel consumption and haulage distance. The proposed passport combines geological, technological, production, logistics and economic data with their sources and error risks. Based on these data, the model calculates geological and recoverable gold, revenue, machine hours, fuel

consumption, haulage trips, cost per gram of gold, cost per cubic meter of pay sands and block margin. The methodology increases the transparency of planning, supports comparison of blocks using unit indicators and provides a basis for scenario analysis and plan-fact control.

Keywords: placer gold; digital passport; placer block; development cost; unit economics; mine planning; gold recovery; machine hours; logistics; plan-fact analysis.

1. Актуальность (введение)

Россыпная золотодобыча сохраняет значение для минерально-сырьевого комплекса северных и дальневосточных регионов, где значительная часть объектов представлена малыми и средними участками с различающимися горно-геологическими, технологическими и транспортными условиями. Для таких объектов недостаточно оценивать только балансовые запасы и среднее содержание золота: экономический результат формируется совокупностью факторов, связанных с объемом вскрыши, технологическим извлечением, производительностью техники, сезонностью работ, водоснабжением, состоянием дорог и логистикой [1; 2; 8; 13].

Особенность сезонной россыпной добычи состоит в высокой стоимости ошибки на этапе предварительного планирования. Если содержание Au, коэффициент извлечения, расход топлива или фактическая производительность техники заданы неточно, ошибка становится заметной уже после мобилизации техники, закупки ГСМ, строительства дорог и начала промывки. В короткий промывочный сезон возможности оперативной корректировки ограничены, поэтому управленческое решение о включении блока в план должно опираться на проверяемую структуру исходных данных.

На практике расчеты по россыпным блокам часто выполняются в виде разрозненных табличных файлов и производственных отчетов. Табличный расчет удобен как инструмент ввода и первичной обработки данных, однако без единого паспорта входных параметров, источников данных, ответственных подразделений и расчетного ядра он не обеспечивает

воспроизводимость результата. Разные службы могут использовать разные версии содержания золота, объемов вскрыши, расстояний перевозки, цен ГСМ или коэффициентов извлечения, что снижает сопоставимость планов и затрудняет анализ причин отклонений.

Существующие подходы к проектированию разработки россыпных месторождений раскрывают технологические схемы отработки, параметры открытых горных работ, промывки, транспортировки и доводки концентрата [1-5]. Отдельное направление составляют работы по обогащению и извлечению золота, в которых рассматриваются технологические факторы, влияющие на выход товарного металла [5; 6]. В области горного планирования и цифровизации значительное внимание уделяется блочному планированию, оптимизации, производственному планированию и цифровым технологиям в горнодобывающей отрасли [7; 10-12]. Вместе с тем для сезонной россыпной добычи требуется адаптированная методика, которая связывает геологические, технологические, технические, логистические и экономические параметры на уровне отдельного блока.

Таким инструментом может быть цифровой паспорт россыпного золотого блока. В данной статье цифровой паспорт понимается не как рекламное описание программного продукта, а как формализованная структура входных данных и расчетной логики, позволяющая проследить путь от геологических параметров до себестоимости, маржи и статуса блока.

2. Цель исследования

Целью статьи является разработка методического подхода к формированию цифрового паспорта россыпного золотого блока как основы для расчета себестоимости и оценки экономической целесообразности его разработки.

Для достижения цели поставлены следующие задачи: определить состав входных данных цифрового паспорта; сгруппировать показатели по геологическому, технологическому, производственно-техническому, логистическому и экономическому блокам; раскрыть источники получения

данных и риски ошибки показателей; описать расчетную логику модели; показать применение методики на демонстрационном примере; определить ограничения и направления дальнейшей апробации.

3. Материалы и методы исследования

В качестве расчетной единицы принимается россыпной золотой блок - ограниченный участок россыпного месторождения, по которому могут быть определены объем песков, объем вскрыши, среднее содержание золота, технологические параметры извлечения, состав техники, логистическая схема и экономические условия разработки. Такой подход позволяет рассматривать блок не только как геологический объект, но и как самостоятельную производственно-экономическую единицу.

Методическую основу исследования составляют систематизация исходных данных, группировка показателей по функциональным блокам, расчет себестоимости по операциям и переход к unit-показателям. Под unit-показателями в статье понимаются себестоимость 1 г товарного золота, себестоимость 1 м³ песков, машино-часы на операцию, расход топлива, транспортные рейсы и маржа на единицу продукции.

Геологический блок включает объем песков, объем вскрыши, среднее содержание Au, мощность песков, мощность торфов или вскрыши, влажность, валунистость, категорию запасов и границы блока. Источниками выступают геологический отчет, материалы подсчета запасов, опробование, паспорт блока и маркшейдерская документация. Ошибка в геологическом блоке является одной из наиболее критичных, поскольку напрямую влияет на расчет геологического золота, товарного золота, коэффициента вскрыши и сроков отработки.

Технологический блок описывает способ разработки, тип и производительность промывочного прибора, коэффициент извлечения, потери в хвостах, расход воды, параметры классификации материала и доводки концентрата. Источниками являются технологический регламент, технологические пробы, промывочные карты, лабораторные данные и

фактические показатели прошлых сезонов по аналогичным условиям. Коэффициент извлечения не должен задаваться как произвольное допущение: он требует подтверждения технологическими испытаниями или план-факт статистикой.

Производственно-технический блок связывает объемы работ с техникой, машино-часами и расходом ГСМ. В него входят состав техники, производительность единиц техники, коэффициент технической готовности, сменность, расход топлива, нормы ремонтов и ЗИП, плановые простои. Источниками выступают паспорта машин, нормы расхода, сменные рапорты, путевые листы, журналы эксплуатации и данные механической службы.

Логистический блок отражает транспортировку песков, вскрыши, топлива, воды и вспомогательных грузов. Он включает плечо перевозки, грузоподъемность самосвала, плотность песков, полезную загрузку, количество рейсов, транспортные часы, длительность транспортного цикла и состояние дорог. Источниками являются схема дорог, GPS-треки, маркшейдерская схема, сменные рапорты и данные диспетчеризации.

Экономический блок переводит физические и технологические параметры в стоимостные показатели. В него включаются цена золота, цена ГСМ, фонд оплаты труда, страховые взносы, электроэнергия, амортизация, ремонты, логистика, налоги, аффинаж и прочие производственные расходы. Источниками являются бухгалтерия, договоры, тарифы, прайсы, налоговые параметры и данные аффинажа. Налоговый блок должен быть параметризуемым, поскольку его расчет зависит от конкретного предприятия, формы продукта, договоров и действующих нормативных требований.

4. Результаты и их обсуждение

4.1. Предлагаемая структура цифрового паспорта

Цифровой паспорт должен выполнять не только функцию хранения данных, но и функцию контроля качества исходной информации. Для каждого показателя целесообразно указывать группу данных, единицу измерения, источник, назначение в расчетной модели, риск ошибки, статус показателя и

ответственное подразделение. В качестве статусов могут использоваться категории «факт», «техническая база», «расчет», «допущение» и «требуется уточнения».

Таблица 1 - Структура ключевых показателей цифрового паспорта россыпного золотого блока

Группа данных	Показатель	Ед. изм.	Источник	Зачем нужен в модели	Риск ошибки показателя
Геология	Объем песков	м ³	Геологический отчет, подсчет запасов, маркшейдерская схема	Расчет геологического и товарного золота, себестоимость 1 м ³	Завышение объема искажает оценку запасов и потребность в технике
Геология	Объем вскрыши	м ³	Геологический отчет, проект горных работ, маркшейдерские данные	Расчет коэффициента вскрыши, машино-часов и затрат на вскрышу	Занижение вскрыши приводит к недооценке затрат и сроков
Геология	Содержание Au	г/м ³	Опробование, геологический отчет, паспорт блока	Расчет $Au_{\text{Геол}}$, $Au_{\text{Тов}}$, выручки и маржи	Завышение содержания приводит к завышению выручки и ошибочной оценке ликвидности блока
Геология	Влажность, валунистость	%, качество.	Опробование, технологическое описание	Корректировка производительности промывки, добычи и транспорта	Недооценка ухудшает прогноз производительности и расхода топлива

Группа данных	Показатель	Ед. изм	Источник	Зачем нужен в модели	Риск ошибки показателя
Технология	Извлечение	%	Технологические пробы, промывочные карты, лабораторные данные	Расчет товарного золота	Завышение извлечения напрямую завышает товарное золото и выручку
Технология	Производительность промприбора	м³/ч	Технологический регламент, фактические рапорты	Расчет сроков промывки, сменности и загрузки техники	Ошибка искажает план сезона и потребность в ресурсах
Технология	Потери в хвостах	г/м³ или %	Контроль хвостов, лабораторные данные	Проверка качества извлечения	Недооценка потерь скрывает снижение фактической эффективности
Техника	Производительность экскаватора	м³/ч	Паспорт машины, сменные рапорты	Расчет машино-часов на добычу и вскрышу	Завышение производительности занижает машино-часы и ГСМ
Техника	Коэффициент готовности	доля ед.	Механическая служба, журналы ремонтов	Корректировка доступного времени работы техники	Игнорирование простоев формирует нереалистичный план
Техника	Расход топлива	л/ч	Нормы расхода, путевые листы, фактические данные	Расчет ГСМ и топливной себестоимости	Ошибка критична при высокой доле топлива в затратах
Логистика	Плечо перевозки	км	GPS, схема дорог, маркшейдерская схема	Расчет транспортных часов, рейсов и топлива	Занижение плеча снижает расчетные транспортные затраты

Группа данных	Показатель	Ед. изм	Источник	Зачем нужен в модели	Риск ошибки показателя
Логистика	Полезная загрузка самосвала	т	Паспорт техники, фактическая загрузка	Расчет количества рейсов	Завышение загрузки занижает число рейсов и транспортные часы
Логистика	Плотность песков	т/м ³	Геологические и технологические данные	Перевод объема в массу	Ошибка влияет на расчет рейсов и загрузки транспорта
Экономика	Цена золота	руб. /г	Договор, учетная цена, данные реализации	Расчет выручки и маржи	Завышение цены может привести к ошибочному решению о разработке
Экономика	Цена ГСМ	руб. /л или руб. /т	Договоры, прайсы, бухгалтерия	Расчет стоимости топлива	Рост цены ГСМ может изменить статус блока
Экономика	ФОТ и страховые взносы	руб.	Штатное расписание, бухгалтерия	Расчет трудовых затрат	Недоучет сменности и персонала занижает себестоимость
Экономика	Амортизация, ремонты, ЗИП	руб.	Бухгалтерия, механическая служба	Расчет полной себестоимости	Ошибка влияет на сравнение блоков и оценку маржи
Экономика	Налоги и прочие затраты	руб.	Бухгалтерия, налоговые параметры	Расчет полной себестоимости и финансового результата	Универсальная ставка без адаптации к предприятию искажает результат

4.2. Расчетная логика модели

Расчетная логика цифрового паспорта строится по принципу перехода от физических параметров блока к экономическим результатам. Сначала

оценивается количество геологического и товарного золота, затем рассчитываются объемы работ, машино-часы, расход топлива, рейсы, статьи затрат, себестоимость и маржинальность блока.

Геологическое золото:

$$A_{U_{\text{Геол}}} = v_{\text{П}} \cdot C_{\text{Au}}$$

где $A_{U_{\text{Геол}}}$ - количество геологического золота в блоке, г; $v_{\text{П}}$ - объем песков, м³; C_{Au} - среднее содержание золота, г/м³.

Товарное золото:

$$A_{v_{\text{ТОВ}}} = V_{\text{П}} \cdot C_{\text{Au}} \cdot R_{\text{извл}} \cdot K_{\text{ТОВ}}$$

где $A_{v_{\text{ТОВ}}}$ - количество товарного золота, г; $R_{\text{извл}}$ - коэффициент извлечения, доли единицы; $K_{\text{ТОВ}}$ коэффициент товарности, доли единицы.

Выручка:

$$TR = A_{U_{\text{ТОВ}}} \cdot P_{\text{Au}}$$

где TR - выручка, руб.; P_{Au} - цена реализации золота, руб./г.

Коэффициент вскрыши:

$$K_{\text{вск}} = \frac{V_{\text{вск}}}{V_{\text{П}}}$$

где $K_{\text{вск}}$ - коэффициент вскрыши, м³/м³; $V_{\text{вск}}$ - объем вскрыши, м³.

Машино-часы:

$$MH_i = \frac{V_i}{Q_i \cdot K_{\text{гот}_i}}$$

где MH_i - машино-часы по i-й операции, ч; V_i - объем работ, м³; Q_i - производительность техники, м³/ч; $K_{\text{гот}_i}$ - коэффициент технической готовности.

Расход топлива:

$$\text{Fuel}_i = MH_i \cdot q_i$$

где Fuel_i - расход топлива по i-й операции, л; q_i - удельный расход топлива, л/ч.

Стоимость топлива:

$$C_{\text{fuel}} = \text{Fuel} \cdot P_{\text{fuel}}$$

где C_{fuel} - стоимость топлива, руб.; Fuel - суммарный расход топлива, л;
 P_{fuel} - цена топлива, руб./л.

Масса перевозимого материала:

$$M = V \cdot \rho$$

где M - масса перевозимого материала, т; V - объем перевозимого материала, м³; ρ - плотность материала, т/м³.

Количество рейсов:

$$N_{\text{рейсов}} = \text{ceil} \left[\frac{M}{G_{\text{полезн}}} \right]$$

где $N_{\text{рейсов}}$ - количество рейсов; - округление вверх; $G_{\text{полезн}}$ - полезная загрузка самосвала, т.

Полная себестоимость:

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{гсм}} + C_{\text{фот}} + C_{\text{страх}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{аморт}} + C_{\text{эн}} + C_{\text{лог}} + C_{\text{нал}} + C_{\text{проч}}$$

где $C_{\text{общ}}$ - полная себестоимость разработки блока; остальные элементы - затраты на ГСМ, ФОТ, страховые взносы, ремонты, амортизацию, энергию, логистику, налоги и прочие расходы.

Себестоимость 1 г золота:

$$UC_{\text{Au}} = \left[\frac{C_{\text{общ}}}{\text{Au}_{\text{тов}}} \right]$$

где UC_{Au} - себестоимость 1 г товарного золота, руб./г.

Себестоимость 1 м³ песков:

$$UC_{\text{мз}} = \left[\frac{C_{\text{общ}}}{V_{\text{п}}} \right]$$

где $UC_{\text{мз}}$ - себестоимость 1 м³ песков, руб./м³.

Маржа:

$$\text{Margin} = \text{TR} - C_{\text{общ}}$$

где Margin - финансовый результат блока, руб.

Маржа на 1 г:

$$\text{Margin}_\Gamma = P_{\text{Au}} \cdot \text{UC}_{\text{Au}}$$

где Margin_Γ - маржа на 1 г золота, руб./г.

Если $\text{Margin} > 0$, блок может рассматриваться как экономически целесообразный при заданных параметрах. Если $\text{Margin} \leq 0$, блок требует пересмотра исходных параметров, технологической схемы, очередности разработки либо исключения из производственного плана.

4.3. Демонстрационный расчет

Для апробации расчетной логики рассмотрен условный россыпной блок. Пример предназначен для демонстрации последовательности расчетов и не заменяет проектную документацию, технологические испытания и бухгалтерскую проверку затрат.

Таблица 2 – Исходные параметры условного блока

Показатель	Значение
Объем песков, $V_{\text{п}}$	100 000 м ³
Среднее содержание Au, C_{Au}	0,625 г/м ³
Извлечение, $R_{\text{извл}}$	80%
Товарность, $K_{\text{тов}}$	1
Цена золота, P_{Au}	3 357 руб./г
Полная себестоимость, $C_{\text{общ}}$	182,5 млн руб.

Геологическое золото:

$$\text{Au}_{\text{геол}} = 100\,000 \cdot 0,625 = 62\,500 \text{ г} = 62,5 \text{ кг.}$$

Товарное золото:

$$\text{Au}_{\text{тов}} = 62\,500 \cdot 0,80 \cdot 1 = 50\,000 \text{ г} = 50 \text{ кг.}$$

Выручка:

$$\text{TR} = 50\,000 \cdot 3\,357 = 167\,850\,000 \text{ руб.} = 167,85 \text{ млн руб.}$$

Себестоимость 1 г золота:

$$\text{UC}_{\text{Au}} = 182\,500\,000 / 50\,000 = 3\,650 \text{ руб./г.}$$

Себестоимость 1 м³ песков:

$$UC_{\text{м}^3} = \left[\frac{182\,500\,000}{100\,000} \right] = 1\,825 \text{ руб./м}^3.$$

Маржа:

$$\text{Margin} = 167\,850\,000 - 182\,500\,000 = -14\,650\,000 \text{ руб.}$$

Маржа на 1 г:

$$\text{Margin}_\text{г} = 3\,357 - 3\,650 = -293 \text{ руб./г.}$$

При заданных параметрах блок является экономически нецелесообразным: расчетная себестоимость 1 г золота превышает цену реализации, а суммарная маржа отрицательна. Для изменения статуса блока необходимо уточнить или изменить один или несколько ключевых параметров: содержание золота, коэффициент извлечения, цену реализации, объем вскрыши, производительность техники, расход топлива, логистическое плечо, налоговые и прочие затраты либо технологическую схему разработки.

4.4. Научная новизна

Научная новизна состоит в предложении структуры цифрового паспорта россыпного золотого блока, обеспечивающей формализованную связь между геолого-технологическими, производственными, логистическими и экономическими параметрами разработки. В отличие от разрозненного сметного подхода, методика рассматривает блок как самостоятельную производственно-экономическую единицу и позволяет рассчитывать unit-показатели себестоимости с учетом технической и логистической базы.

Новизна подхода заключается не в замене проектной документации программным расчетом, а в методической постановке единого паспорта входных данных. Такой паспорт позволяет определить, какие показатели подтверждены фактом, какие являются технической базой, какие рассчитаны, а какие выступают временными допущениями и требуют дополнительной проверки.

4.5. Практическая значимость

Методика может использоваться при предварительной оценке блока, когда необходимо быстро определить экономическую целесообразность его

разработки и перечень критичных исходных данных. При выборе очередности разработки блоков цифровой паспорт позволяет сравнивать участки не только по запасам и содержанию, но и по себестоимости 1 г Au, себестоимости 1 м³ песков, коэффициенту вскрыши, потребности в технике, топливе и транспортных рейсах.

При обосновании годового плана методика может служить единым форматом подготовки данных для геологов, производственников, механической службы, экономистов и руководства предприятия. Для анализа чувствительности модель позволяет формировать сценарии по цене золота, цене ГСМ, содержанию, извлечению, производительности техники, плечу перевозки и объему вскрыши. В дальнейшем паспорт может быть связан с план-факт контролем, когда фактические объемы песков, добытое золото, извлечение, расход топлива, рейсы, машино-часы и затраты сравниваются с плановыми значениями.

4.6. Ограничения методики

Результат расчета зависит от качества исходных данных. Если содержание золота, объем песков, объем вскрыши, извлечение, расход топлива или плечо перевозки заданы неточно, модель может дать формально корректный, но управленчески ошибочный результат. Поэтому каждый показатель должен иметь источник, статус и ответственное подразделение.

Коэффициент извлечения должен подтверждаться технологическими пробами, промывочными картами, лабораторными данными или фактической статистикой по аналогичным условиям. Налоговый блок должен адаптироваться под конкретное предприятие, так как порядок расчета зависит от формы продукта, договоров аффинажа, налогового режима и действующих нормативных требований.

Расчетная модель не заменяет проектную документацию, геологическую разведку, технологические испытания и утвержденные регламенты горных работ. На первом этапе цифровой паспорт следует рассматривать как управленческий инструмент для структурирования данных, предварительной

оценки, сценарного анализа и подготовки план-факт контроля, а не как полноценную систему автоматизированного проектирования.

5. Выводы (заключение)

1. Цифровой паспорт россыпного золотого блока позволяет упорядочить входные данные, зафиксировать источники показателей, единицы измерения, назначение в модели, статус данных и риски ошибок.

2. Формализованная связь геологии, технологии, техники, логистики и экономики повышает прозрачность расчета себестоимости и позволяет видеть, какие факторы определяют финансовый результат блока.

3. Unit-показатели — себестоимость 1 г Au, себестоимость 1 м³ песков, машино-часы, расход топлива и транспортные рейсы — могут использоваться для сравнения блоков и выбора очередности разработки.

4. Демонстрационный расчет показывает чувствительность результата к содержанию золота, извлечению, цене реализации и полной себестоимости: при цене 3 357 руб./г и себестоимости 3 650 руб./г условный блок имеет отрицательную маржу.

5. Дальнейшее развитие методики связано со сценарным анализом, план-факт контролем, накоплением фактических данных по блокам, уточнением нормативов техники, адаптацией налогового блока и апробацией на реальных данных россыпных предприятий.

Список литературы

1. Кудряшев В. А., Потемкин С. В. Основы проектирования разработки россыпных месторождений. М.: Недра, 1988. 197 с.
2. Лешков В. Г. Разработка россыпных месторождений: учебник для вузов. М.: МГРИ, 2007. 906 с.
3. Анистратов Ю. И. Технология открытых горных работ: учебное пособие. М.: Недра, 1995. 215, [1] с.
4. Открытые горные работы: справочник / под ред. К. Н. Трубецкого, М. Г. Потапова, Н. Н. Мельникова. М.: Горное бюро, 1994. 590 с.

5. Барченков В. В. Обогащительные и гидрометаллургические процессы извлечения золота из руд. Владимир, 2022. 544 с.
6. Wills B. A., Finch J. A. Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. 8th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2015. 512 p.
7. Newman A. M., Rubio E., Caro R., Weintraub A., Eurek K. A review of operations research in mine planning // Interfaces. 2010. Vol. 40, No. 3. P. 222–245. DOI: 10.1287/inte.1090.0492.
8. Литвинцев В. С. О ресурсном потенциале техногенных золотороссыпных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 1. С. 118–126.
9. Добрецов В. Б., Сендек С. В., Опрышко Д. С. Минеральные ресурсы России и перспективы освоения малых россыпных месторождений золота // Известия вузов. Горный журнал. 2005. № 2. С. 15–24.
10. Яконовская Т. Б., Жигульская А. И. Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. 2021. № 1 (24). С. 92–100. DOI: 10.46573/2409-1391-2021-1-92-100.
11. Мацко Н. А., Харитонов М. Ю. Цифровизация горной промышленности и состояние минерально-сырьевой базы // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2022. № 3 (103). С. 37–47. DOI: 10.24866/2311-2271/2022-3/37-47.
12. Каленов О. Е. Цифровизация в горнодобывающей промышленности // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2021. Т. 18. № 5 (119). С. 184–192. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-5-184-192.
13. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2023 году: государственный доклад. М.: Минприроды России, 2025. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzo

vanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения: 02.06.2026).

14. Банк России. Учетные цены на аффинированные драгоценные металлы. URL: https://cbr.ru/hd_base/metall/metall_base_new/ (дата обращения: 02.06.2026).

References

1. Kudryashev V. A., Potemkin S. V. Osnovy proektirovaniya razrabotki rossypnykh mestorozhdeniy [Fundamentals of design for alluvial deposit development]. Moscow: Nedra Publ.; 1988. 197 p. (In Russ.).
2. Leshkov V. G. Razrabotka rossypnykh mestorozhdeniy [Development of alluvial deposits]. Moscow: MGRI; 2007. 906 p. (In Russ.).
3. Anistratov Yu. I. Tekhnologiya otkrytykh gornykh rabot [Surface mining technology]. Moscow: Nedra Publ.; 1995. 215, [1] p. (In Russ.).
4. Otkrytye gornye raboty: spravochnik [Surface mining: handbook]. Moscow: Gornoe Byuro Publ.; 1994. 590 p. (In Russ.).
5. Barchenkov V. V. Obogatelnye i gidrometallurgicheskie protsessy izvlecheniya zolota iz rud [Beneficiation and hydrometallurgical processes for gold extraction from ores]. Vladimir; 2022. 544 p. (In Russ.).
6. Wills B. A., Finch J. A. Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. 8th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2015. 512 p.
7. Newman A. M., Rubio E., Caro R., Weintraub A., Eureka K. A review of operations research in mine planning. Interfaces. 2010;40(3):222–245. DOI: 10.1287/inte.1090.0492.
8. Litvintsev V. S. O resursnom potentsiale tekhnogennykh zolotorossypnykh mestorozhdeniy [On the resource potential of technogenic gold placer deposits]. Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. 2013;(1):118–126. (In Russ.).
9. Dobretsov V. B., Sendek S. V., Opryshko D. S. Mineralnye resursy Rossii i perspektivy osvoeniya malykh rossypnykh mestorozhdeniy zolota [Mineral

- resources of Russia and prospects for development of small alluvial gold deposits]. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. 2005;(2):15–24. (In Russ.).
10. Yakonovskaya T. B., Zhigulskaya A. I. Tendentsii tsifrovizatsii v gornodobyvayushchem sektore ekonomiki RF [Digitalization trends in the mining sector of the Russian economy]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Nauki ob obshchestve i gumanitarnye nauki*. 2021;1(24):92–100. DOI: 10.46573/2409-1391-2021-1-92-100. (In Russ.).
 11. Matsko N. A., Kharitonova M. Yu. Tsifrovizatsiya gornoy promyshlennosti i sostoyanie mineralno-syryevoy bazy [Digitalization of the mining industry and the state of the mineral resource base]. *Izvestiya Dalnevostochnogo federalnogo universiteta. Ekonomika i upravlenie*. 2022;3(103):37–47. DOI: 10.24866/2311-2271/2022-3/37-47. (In Russ.).
 12. Kalenov O. E. Tsifrovizatsiya v gornodobyvayushchey promyshlennosti [Digitalization in the mining industry]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova*. 2021;18(5):184–192. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-5-184-192. (In Russ.).
 13. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. State Report on the State and Use of Mineral Resources of the Russian Federation in 2023. Moscow;2025. Available at: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (accessed 02.06.2026). (In Russ.).
 14. Bank of Russia. Reference prices for refined precious metals. Available at: https://cbr.ru/hd_base/metall/metall_base_new/ (accessed 02.06.2026). (In Russ.).