

СОСТОЯНИЕ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НАВОИЙСКОГО ГМК



И. О. ХАМРОЕВ,
зам. главного геолога,
канд. геол.-минерал. наук,
i.hamroev@ngmk.uz,
ГП «Навоийский горно-металлургический
комбинат», Навои, Узбекистан

Введение

Наличие и полнота использования ресурсов недр во многом определяют степень экономического развития любой страны, сохранение ею национального суверенитета. В научно-технической литературе вопросам создания и расширения минерально-сырьевой базы (особенно золота) уделяется повышенное внимание [1–11].

В Республике Узбекистан создана минерально-сырьевая база (МСБ) – прочная основа многих отраслей национальной экономики [12]. К настоящему времени выявлено более 2900 месторождений и перспективных проявлений полезных ископаемых, около 100 видов минерального сырья, из которых около 65 используются в промышленности и сельском хозяйстве. Процесс становления и развития МСБ тесно связан с эволюцией геологической науки и производства.

В народном хозяйстве Узбекистана горнодобывающая промышленность – одна из ведущих отраслей, базирующаяся на мощной минерально-сырьевой базе. По ряду важнейших полезных ископаемых (золото, уран, медь, вольфрам, калийные соли, фосфориты, каолины и др.) Узбекистан по подтвержденным запасам и перспективам их увеличения не только занимает ведущее место среди стран СНГ, но и входит в первую десятку государств мира. Основные месторождения золота и урана сосредоточены в Центрально-Кызылкумском и Самаркандском регионах, в междуречье рек Амударья и Сырдарья [13]. Этот регион является объектом деятельности Навоийского горно-металлургического комбината [14] (рис. 1).

В структуру этого предприятия (далее НГМК или комбинат) входят:

- Центральное рудоуправление (ЦРУ) (объединенный карьер «Мурунтау–Мютенбай»; гидromеталлургический завод № 2 (ГМЗ-2); цех кучного выщелачивания золота; ГМЗ-5; карьеры «Амантайтау», «Узунбулак»;
- Северное рудоуправление (СевРУ) (карьеры на месторождениях Кокпатас и Даугызтау; ГМЗ-3.
- Рудоуправление ГМЗ-1 (карьеры «Аристантау», «Умид», «Каракутан»; подземный рудник «Каракутан»; ГМЗ-1;

Дана развернутая характеристика минерально-сырьевой базы рудоуправлений, входящих в структуру Навоийского горно-металлургического комбината.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, рудоуправление, гидromеталлургический завод, месторождение, руда, запасы, содержание, глубина разработки, геологоразведочные работы.

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.01

- Южное рудоуправление (ЮРУ) (карьеры «Марджанбулак» и «Урталик»; подземные рудники «Зармитан», «Гужумсай», «Урталик»; Марджанбулакский золотоизвлекательный участок; ГМЗ-4.

Ниже характеристика минерально-сырьевой базы НГМК представлена по перечисленным подразделениям комбината в том же порядке.

Центральное рудоуправление

Основной сырьевой базой рудоуправления являются разрабатываемые открытым способом месторождения Мурунтау и Мютенбай, к которым примыкает ряд других перспективных средних и мелких объектов (Бесапантау, Триада, Балпантау, Тамдыбулак, Бойлик и др.). Все они относятся к золото кварцевому геолого-промышленному типу и характеризуются высоким извлечением золота при переработке руды по гравитационно-сорбционной схеме.

Открытие золоторудного месторождения Мурунтау явилось крупнейшей вехой в промышленном и культурном развитии пустынных районов Западного Узбекистана. Оно признано международной геологической общественностью величайшим событием второй половины двадцатого столетия в области золота [15]. Площадь месторождения сложена метаморфизованными терригенными породами (песчаники, алевролиты, углисто-кварцевые сланцы). Золотоносное оруденение локализуется в секущих крутопадающих кварцевых жилах с ореолами прожилкового окварцевания мощностью до 100 м с отходящими от них пологозалегающими апофизами в виде систем кварцевых и сульфидных прожилков. Морфологически месторождение представляет собой мегаштокверк, состоящий из этажно расположенных жильно-прожилковых зон, мощных стержневых крутых и пологих существенно кварцевых жил, систем крутых сульфидно-кварцевых прожилков [16]. Основной объем оруденения приурочен к окварцованным метасоматитам, наиболее высокие содержания золота связаны со стержневыми жилами. Золоторудные залежи прослежены по простиранию на 800–1500 м, на глубину – 1500 м, а сверхглубокой структурной скважиной промышленное содержа-

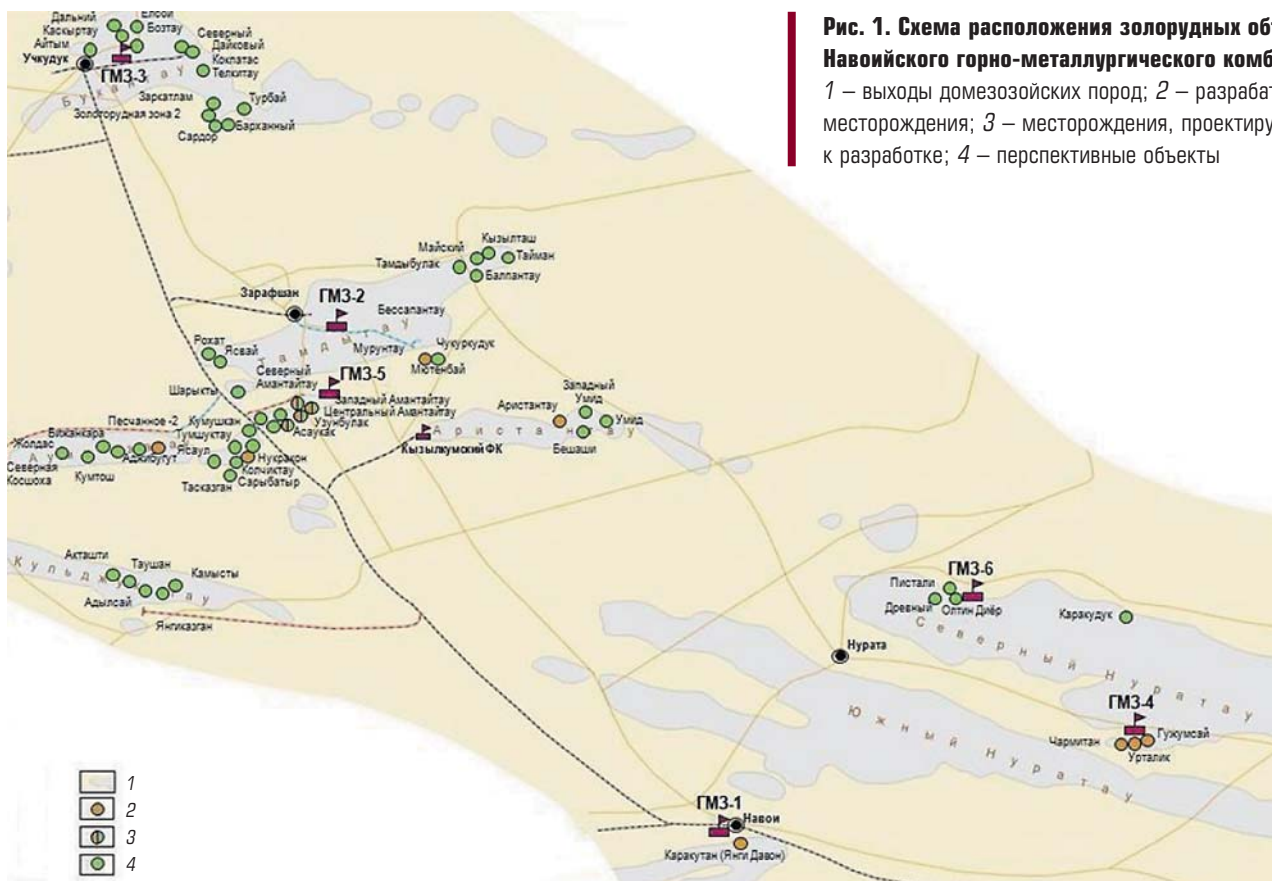


Рис. 1. Схема расположения золоторудных объектов Навоийского горно-металлургического комбината:
 1 – выходы домезозойских пород; 2 – разрабатываемые месторождения; 3 – месторождения, проектируемые к разработке; 4 – перспективные объекты

ние золота установлено на глубине 2500 м. Прогнозные ресурсы оценивают почти в 2,5 раза больше запасов, утвержденных в ГКЗ.

На первом этапе геологического изучения месторождение Мурунтау относилось к жильному типу, поэтому рассматривалось и разведывалось как система золотоносных кварцевых жил. Оцененные запасы объекта не обеспечивали его рентабельную разработку в сложных условиях. Однако дальнейшими геологоразведочными работами была установлена золотоносность вмещающих пород, имеющих вкрапленную и прожилковую минерализацию и насыщенных разноориентированными кварцевыми прожилками, что послужило основой для изменения представлений о морфологии и структуре месторождения. В предложенной Г. В. Касавченко модели (1963 г.) она рассматривалась как крупный, неправильной формы штокверк, вытянутый в субширотном направлении. Штокверковая модель месторождения оказалась весьма конструктивной, что проявилось в первую очередь в изменении методики геологоразведочных работ, переориентированных «на массу» штокверка, и привело к значительному увеличению запасов.

Запасы, утвержденные для карьера «Мурунтау» по состоянию на 01.04.1969 г., были подсчитаны методом вертикальных разрезов по данным опробования геологоразведочных скважин до глубины 350 м, пробуренных по сетке 80×60 м. Они послужили основой для проектирования I и II очередей отработки карьера «Мурунтау», однако значительно отличались от прогнозных и

имели достаточно обоснованные предпосылки на увеличение общих запасов месторождения Мурунтау (рис. 2). Поэтому одновременно с развитием I очереди отработки карьера интенсивно вели разведку флангов и глубоких горизонтов месторождения. В 1976 г. составлен проект III очереди для отработки запасов до глубины 460 м. К 1985 г. возникла существенная необходимость в пересчете запасов месторождения, которая была обусловлена:

- значительным объемом дополнительных данных по опробованию новых разведочных скважин и подземных выработок, что расширило представление о границе месторождения;
- большим объемом информации по эксплуатационному опробованию, позволяющей сопоставить результаты первоначального подсчета запасов с фактически отработанными запасами и при необходимости внести соответствующие коррективы в методику подсчета;
- неточностью принятого ранее метода подсчета запасов; прирост запасов балансовых руд составил 131,5 млн т, т. е. сырьевая база месторождения увеличилась с 269 до 400,5 млн т, что позволило гарантировать продолжение выемки запасов по технологии открытых горных работ.

В 1992 г. на базе этих запасов АО «ВНИПИпромтехнологии» было выполнено ТЭО строительства IV очереди карьера (см. рис. 2). В соответствии с ТЭО, предусматривали отработку запасов до глубины 560 м с последующим переходом на подземные горные работы, которыми предполагали отработать месторождение до глубины 950–1000 м. Сопоставление погашенных геоло-

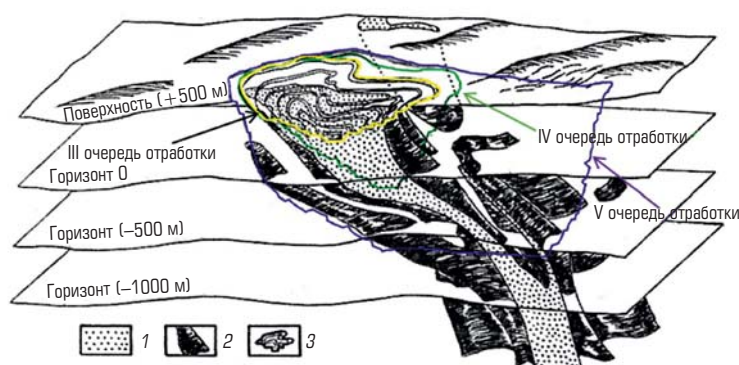


Рис. 2. Блок-диаграмма месторождения Мурунтау (составлена по материалам М. Н. Юлдашева):

- 1 – золоторудная минерализация по поверхности, в контуре карьера и в вертикальной плоскости Южного разлома;
- 2 – внешний контур золоторудного штокверка;
- 3 – контур карьера

гических запасов (1992 г.) с фактически отработанными запасами карьера выявило завышение среднего содержания золота на 24 %, что потребовало введения корректирующих коэффициентов в методику подсчета запасов.

Следующим этапом развития методов оценки сырьевой базы рудоуправления явилось использование компьютерных технологий обработки геологической информации. Эти работы выполняли совместно специалисты компании России и Навоийского горно-металлургического комбината и завершили в 1998 г. построением блочной математической модели месторождения и подсчетом его запасов.

Компьютерная технология обработки геологической информации, опираясь на гистограмму распределения содержаний, позволяет подсчитать запасы месторождения при любом бортовом содержании полезного компонента и получить оценку этих запасов по результатам эксплуатационной разведки.

Соответствие математической модели месторождения и разработанного метода подсчета запасов реальному распределению полезного ископаемого в недрах было проверено на отработанном объеме месторождения. Для этого проведено сопоставление запасов, определенных традиционным методом по данным детальной разведки (1985 г.) и методом математического моделирования (1998 г.), с результатами их погашения по данным эксплуатационной разведки (сеть скважин 5,6×5,6 м). При этом запасы, определенные по данным эксплуатационной разведки, принимались за эталонный вариант [16]. Результаты сравнения приведены в **таблице**.

Средние относительные погрешности оценки запасов месторождения Мурунтау (по сравнению с данными эксплуатационной разведки), %

Бортовое содержание, г/т	Оценка запасов с использованием математической модели			Оценка запасов традиционным методом		
	Руда	Содержание	Металл	Руда	Содержание	Металл
1,0	9,5	9,4	14,8	20,7	12,7	23,2
1,5	11,9	8,8	17,8	22,4	13,8	26,3
2,0	17,5	10,1	22,7	28,0	14,3	29,8

Результаты сопоставления суммарных оценок запасов по всем исследованным участкам для различных бортовых содержаний с результатами отработки показали хорошую сходимость. Весьма впечатляющими оказались результаты использования данных компьютерных технологий для корректировки ТЭО горных работ IV очереди карьера. Объем оптимальной финальной формы карьера IV очереди (считая его от современного рельефа) снизился с 1141 млн м³ (ТЭО-92) до 624 млн м³, т. е. более чем на 40 % (при углах наклона бортов, принятых в ТЭО-92). При этом кондиционные запасы металла уменьшились всего на 9 %. Расчеты показывают, что в результате компьютерных технологий из контуров карьера удалось исключить те запасы, которые нерентабельны ввиду больших затрат на вскрышные работы.

График-календарь развития карьера III и IV очереди, построенный с использованием компьютерных технологий, позволил распределить объемы горных работ таким образом, что производительность карьера по горной массе снизилась в первые годы строительства IV очереди с 45–48 млн м³ (ТЭО-92) до 35–37 млн м³. Благодаря этому значительно повысилась эффективность работ по созданию IV очереди карьера.

Таким образом, использование при разработке ТЭО IV очереди карьера компьютерных технологий построения оптимальной финальной формы карьера и графика его развития позволило выделить активную часть запасов месторождения Мурунтау с обеспечением оптимальных экономических показателей их отработки.

Вовлечение в переработку забалансовой руды является еще одним из значительных этапов эволюции сырьевой базы предприятия. Ориентация на расширение сырьевой базы за счет такой руды была принята в качестве перспективного направления практически с самого начала освоения месторождения Мурунтау. Для этого уже в первые годы на карьере «Мурунтау» вели отдельную добычу и складирование товарной и забалансовой руды и вскрышных пород. Включение в сырьевую базу рудоуправления запасов с бортовым содержанием 1 г/т стало возможным в результате непрерывного наращивания перерабатывающих мощностей гидromеталлургического завода и совершенствования технологии переработки золотосодержащих руд. Так, вовлечение в переработку забалансовой руды началось с 1989 г. (2 млн т), когда в результате реконструкции ГМЗ-2 его производительность достигла 18,4 млн т/год. В 2018 г. производительность завода

по переработке достигнет 38 млн т, и в переработку, помимо балансовых руд с содержанием более 2 г/т, будет вовлечено 10 млн т забалансовой руды (1–1,5 г/т). Кроме того, прогнозные ресурсы золота на глубоких горизонтах и флангах месторождения оценивают в 1070 млн т руды.

Гидрометаллургический завод № 2 комбината является сегодня вторым по величине (после предприятия Грасберг в Индонезии) среди ведущих в мире золотодобывающих предприятий. Поставщик ГМЗ-2 – карьер «Мурунтау» при размерах в плане 3,5×2,5 км уже сейчас имеет глубину 600 м. С начала эксплуатации месторождения Мурунтау карьером извлечено более 1,7 млрд м³ горной массы, и на ГМЗ-2 отгружено для переработки более 600 млн т руды.

Карьер IV очереди запроектирован до глубины 630 м; и в этом контуре сосредоточены запасы, которые обеспечат работу предприятия и выпуск золота, согласно разработанной Правительственной программе, на стабильном уровне (с учетом складских запасов забалансовой руды и минерализованной массы) до 2023 г.

К 2016 г. геолого-экономический анализ запасов и ресурсов, приращенных подразделениями Госкомгеологии РУз и НГМК (с 1998 по 2015 г.) по месторождениям Мурунтау и Мютенбай, показал возможность вовлечения в отработку запасов, расположенных на флангах и глубоких горизонтах месторождения Мурунтау (до –300 м), совместно с запасами месторождения Мютенбай объединенным карьером «Мурунтау–Мютенбай».

Отменен вариант открыто-подземной отработки фланговых и глубоких запасов карьера «Мурунтау». В связи с этим в 2016 г. комбинат с привлечением иностранных компаний приступил к составлению ТЭО кондиций и пересчету запасов и ресурсов месторождений Мурунтау и Мютенбай в имеющихся границах разведки

(за контурами IV очереди) по бортовому лимиту 0,5 г/т, с использованием современных компьютерных технологий построения математической модели месторождения и оптимизации горных работ. Данная величина бортового содержания для открытых работ позволяет обеспечить оптимальное соотношение балансовых запасов руды и золота, т. е. достичь максимально полного использования ресурсного потенциала недр при данных экономических условиях.

По результатам подсчета запасов месторождений Мурунтау и Мютенбай по бортовому лимиту 0,5 г/т в ГКЗ РУз (2016 г.) общие запасы руды для совместного карьера «Мурунтау–Мютенбай» составляют по состоянию на 01.01.2018 г. 1837 млн т (в том числе в контуре IV очереди – 267,5 млн т), в контуре карьера V очереди 1569,5 млн т; для подземной добычи оставлено 37 млн т. На основании выполненных проработок можно утверждать, что развитие совместного карьера на месторождениях Мурунтау и Мютенбай в оптимальных границах V очереди (–300 м) будет высокоэффективным и рентабельным. Принятая цена золота в расчетах отвечает минимальному уровню тренда. Это обеспечивает достаточно высокий запас экономической устойчивости проекта и неизменность балансовой принадлежности подсчитываемых по принятым кондициям запасов для открытой добычи на весьма длительный срок.

В 2017 г. по инициативе Правительства Узбекистана начато строительство гидрометаллургического завода № 5 (ГМЗ-5), базирующегося на минерально-сырьевой базе Ауминзо-Амантайтауского горнорудного района. На сегодняшний день ее представляют более 28 разведанных и перспективных месторождений, расположенных в радиусе 50 км от ГМЗ-5 (рис. 3). Условно все эти объекты можно разделить на 4 группы (см. рис. 3).

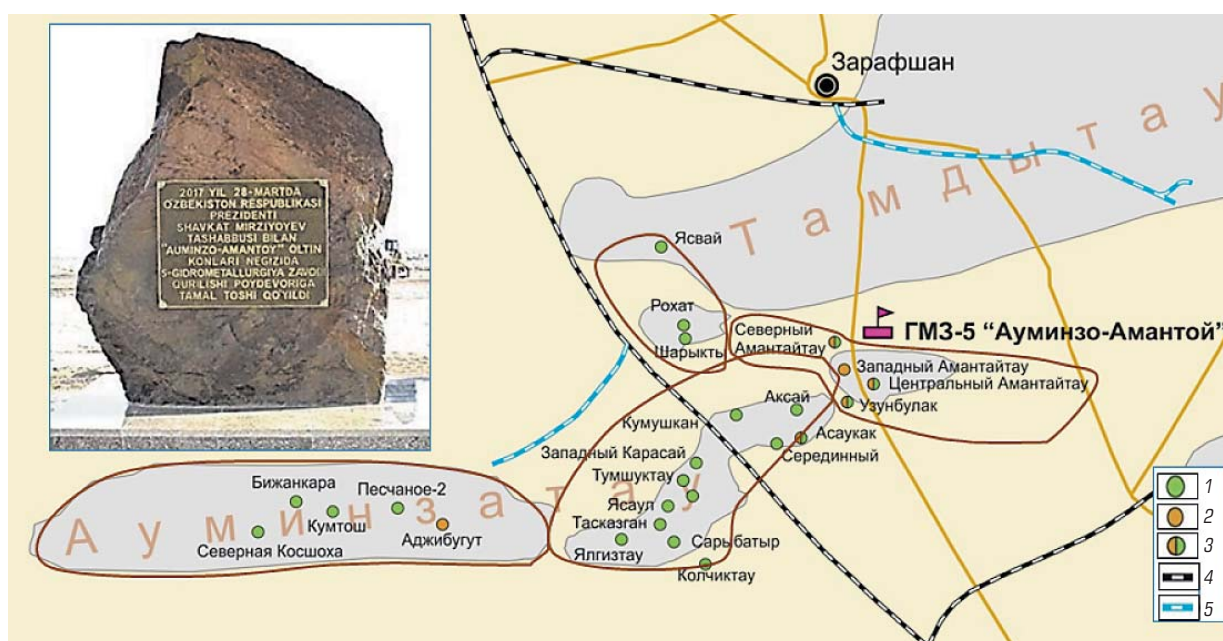


Рис. 3. Схема расположения минеральных объектов в районе ГМЗ-5:

1 – перспективные месторождения; 2 – разрабатываемые месторождения; 3 – проектируемые месторождения; 4 – местные железнодорожные пути; 5 – магистральные железнодорожные пути НГМК

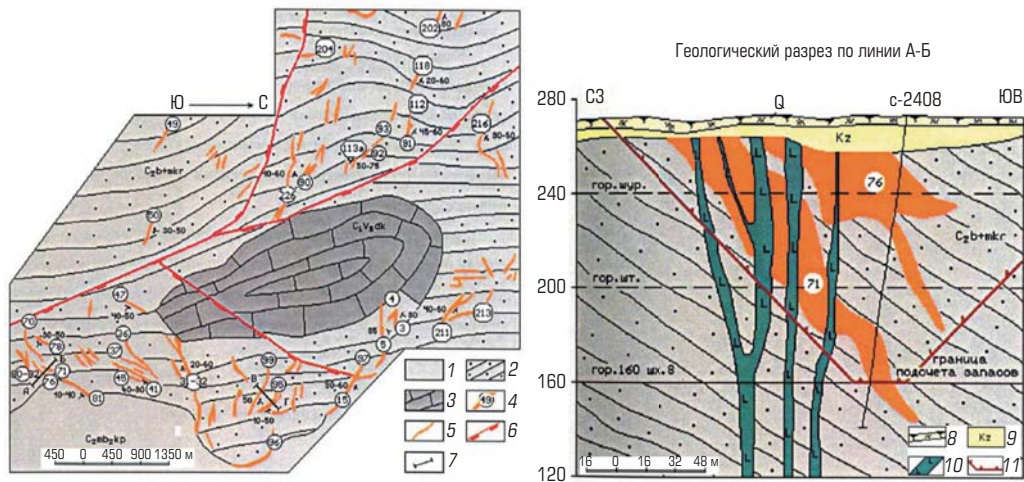


Рис. 4. Схематическая геологическая карта золоторудного месторождения Кокпатас:

1 – средний карбон, Кокпатасская свита (C_2mb_2kp), углисто-кремнистые сланцы, песчаники, известняки доломиты; 2 – средний карбон, Карашахская свита (C_2b+mkp), алевролиты, туфоалевролиты, песчаники, углистые сланцы; 3 – нижний карбон, Джазкудукская свита (C_1V_3dk), массивные известняки; 4 – промышленные рудные тела и их номера; 5 – непромышленные рудные тела; 6 – тектонические нарушения; 7 – линия разреза, 8 – четвертичные отложения; 9 – кайнозойские отложения; 10 – дайки керсантитов; 11 – проектный контур карьера (по данным ТЭО кондиций)

Первая группа состоит из месторождений собственно Амантайтауского рудного поля, находящегося в 3 км от ГМЗ-5. Они представлены двумя мелкомасштабными объектами Узунбулак, Западный Амантайтау и крупным месторождением Амантайтау, состоящим из двух участков: Северного и Центрального. Доля запасов этих месторождений составляет 27 % общей сырьевой базы ГМЗ-5. С 2003 по 2007 г. окисленные руды на Центральном участке месторождения Амантайтау обрабатывали силами СП «Амантайтау Голдфилдс». На сегодняшний день начато вскрытие сульфидных руд рудником «Амантай» ЦРУ НГМК. Этим же рудником ведут добычу окисленных руд на месторождениях Узунбулак и Западный Амантайтау.

Месторождение Амантайтау сложено терригенными отложениями Бесаяпанской свиты. Рудные тела представлены кварцевыми, кварц-альбитовыми прожилками, жилами, линзами с вкрапленной сульфидной минерализацией. На месторождении разведано 12 рудных тел протяженностью от 140 до 750 м, по падению – 150–650 м, средняя мощность рудных тел 5,8–11,3 м. Площадь Северного участка месторождения перекрыта мезокайнозойскими отложениями мощностью 100–150 м. В первичных рудах сульфиды представлены пиритом, арсенопиритом, марказитом, халькопиритом, блеклыми рудами. Золото, заключенное в сульфидах, составляет до 81,5 %, из них 70 % связано с пиритом, в котором образует включения неправильной формы размером 0,01–0,1, редко – до 0,2 мм. Форма золотин пластинчатая, чешуйки, пленки. Средняя пробытность 915. В окисленных рудах золото свободное в виде зерен. Месторождение относится к золотосульфидному типу.

Вторая группа месторождений состоит из 15 мелкомасштабных объектов Даугызтауского рудного поля, расположенного в

радиусе до 30 км от ГМЗ-5. Доля запасов этих месторождений составляет 21 % общей сырьевой базы завода. Запасы утверждены протоколами ГКЗ. На сегодняшний день из них отработаны только окисленные руды месторождения Асаукак.

Третья группа месторождений состоит из месторождений Аджибугут, Песчанное-2, Кумтош, Бижанкара, Северное Косшоха, находящихся в Ауминзатауском рудном поле в 50 км от ГМЗ-5. Из них месторождение Аджибугут является самым крупным объектом. В период с 2005 по 2012 г. Северным рудоуправлением НГМК были отработаны окисленные руды месторождения. На сегодняшний день доля остаточных сульфидных руд на этом объекте составляет 24 % всей сырьевой базы ГМЗ-5. Всего запасы пяти месторождений Ауминзатауского рудного поля слагают 40 % всей сырьевой базы завода.

Четвертая группа представлена мелкомасштабными месторождениями Ясвай, Рохат и Шарыкты, расположенными в горах Джетымтау и Тамдытау. Запасы этих трех объектов составляют 12 % всех запасов ГМЗ-5. Нарращивание объема активных запасов и обеспечение сырьем на длительный период ГМЗ-5 является одной из основных задач перед геологической службой Госкомгеологии РУз и Навоийского ГМК.

Северное рудоуправление

Минерально-сырьевой базой здесь являются запасы первичных золотосульфидных руд месторождений Кокпатас, Даугызтау и Магрибкон (Западный Даугыз) (см. рис. 1).

Месторождение Кокпатас, разведка которого началась в 1963 г., приурочено к Кокпатасской антиклинали, сложенной известняками и вулканогенно-осадочными породами нижнесреднего карбона, а также кремнисто-карбонатными породами Кокпа-

тасской свиты, надвинутой на более молодые стратиграфические подразделения (рис. 4).

Золотое оруденение прожилково-вкрапленного типа приурочено к песчано-сланцевым отложениям Карашахской свиты, где основными рудоконтролирующими структурами являются зоны субширотных (участок Южный I) и северо-западных (участки Западный I-IV, Восточный I, II, Дорожный, Сульфидный и др.) разломов. Контролирует оруденение также поверхность надвига между Карашахской и Кокпатасской свитами (участок Карашох). Месторождение относится к золотосульфидному типу. Рудные тела представлены косесекущими, пласто-, линзо- и жилкообразными залежами, реже встречаются столбо- и трубообразные и другие морфологические типы. Длина тел по простиранию 80–1720 м, по падению 10–400 м, мощность – от 2 до 100 м. Всего выявлено 40 промышленных рудных тел.

Несколько позднее (1970 г.) начата разведка золоторудного месторождения Даугызтау (рис. 5). Месторождение сложено углеродисто-кварцевыми алевролитами и песчаниками Беспанской свиты нижнесреднего палеозоя, которые перекрыты нерасчлененными мезокайнозойскими отложениями, представленными глинами, песками, песчаниками, мергелями, кремнями, брекчиями. Породы секутся многочисленными тектоническими нарушениями северо-восточного и субмеридионального простирания. Золоторудная минерализация приурочена к минерализованным зонам смятия и дробления северо-восточного простирания, в которых отмечается окварцевание, серецитизация, хлоритизация, сульфидизация. В пределах зон выявлены 10 рудных тел. Месторождение относится к золотосульфидному типу. Глубина зоны окисления составляет 23–47 м.

С 2008 г. на ГМЗ-3 перерабатываются упорные золотосульфидные руды, запасы которых составляют 80 % общих по двум перечисленным месторождениям.

Упорные золотосульфидные руды месторождений Кокпатас и Даугызтау перерабатываются совместно по технологии бактери-

ального окисления сульфидного флотоконцентрата (BIOX), разработанной компанией Gold Fields (ЮАР) [17].

Использование технологии посамосвальонной рудосортировки увеличило сырьевую базу золота месторождений Кокпатас и Даугызтау за счет вовлечения в рентабельную переработку низкосортных, считавшихся забалансовыми руд и минерализованной массы. За счет этого, по сравнению с ранее выполненными проектами (ВНИПИПромтехнологии, «Лонро»), извлекаемые запасы золота по этим месторождениям увеличились примерно на 50 т.

По состоянию 01.01.2018 г. минерально-сырьевая база золотодобычи Северного рудоуправления по остаткам запасов месторождений Даугызтау и Кокпатас составляет 113,8 млн т с бортовым содержанием 1,25 г/т, что обеспечивает загрузку ГМЗ-3 на полное его развитие (по переработке 6,65 млн т в год) на 17 лет. Однако сырьевая база ГМЗ-3 на этом далеко не исчерпана. К потенциальной сырьевой базе золотодобычи Северного рудоуправления следует отнести в первую очередь остатки запасов Кокпатасского месторождения (72,6 млн т), и месторождения Даугызтау (41,2 млн т), а также разведываемые Госкомгеологией РУз средние и небольшие месторождения (Сардор, Северное, Барханное, Турбай, Бозтау, Елсой, Заркатлам, Каскыртау, Дальнее, Айтым, Дайковое, Телкитау, Золоторудная зона № 2 и др.) суммарные запасы которых составляют порядка 62,5 млн т (177 млн т руды), что обеспечит ГМЗ-3 на 26 лет.

Товарные руды этих объектов могут перерабатываться на ГМЗ-3. Бедные и забалансовые руды, переработка которых на базовом заводе экономически нецелесообразна, следует обогащать на месте добычи, с использованием дешевых методов предварительного механического обогащения, с последующей переработкой полученных концентратов обогащения на ГМЗ-3. Таким образом, освоение потенциальной сырьевой базы Северного рудоуправления с использованием прогрессивной технологии предварительного механического обогащения руд позволит существенно увеличить срок его деятельности и получить дополнительное количество золота при улучшении технико-экономических показателей производства.

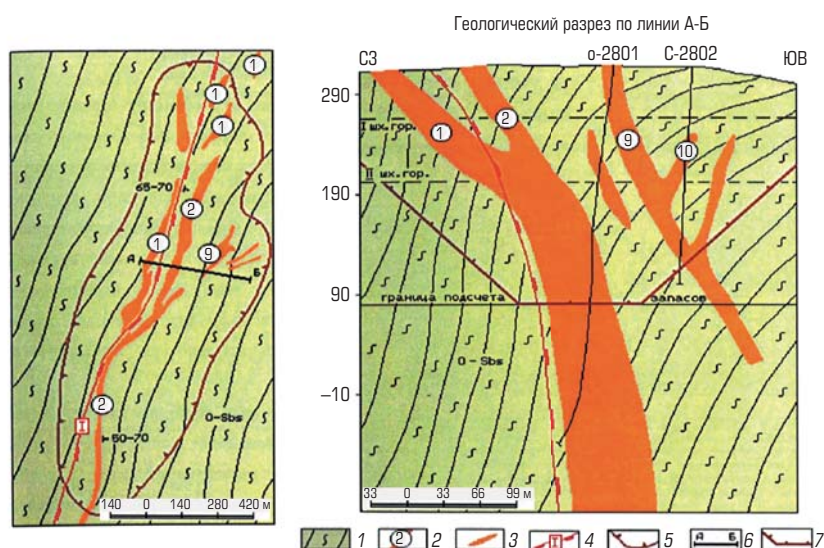


Рис. 5. Схематическая геологическая карта золоторудного месторождения Даугызтау:

1 – ордовик килур, Беспанская свита (o-sb₃), песчаники, алевролиты, аргиллиты, гравелиты, сланцы; 2 – промышленные рудные тела и их номера; 3 – непромышленные рудные тела; 4 – Даугызтауский разлом; 5 – контур (по данным ТЭО кондиций); 6 – линия разреза; 7 – контур проектного карьера на разрезе

Рудоуправление ГМЗ-1

В структуру рудоуправления входят: Гидрометаллургический завод № 1 (ГМЗ-1), карьеры «Аристантау», «Умид», «Западный Умид», «Бешаши», подземные горные участки рудника Каракутан (РЗШ-5, НТС-2К). Основу минерально-сырьевой базы золотодобывающего производства составляют запасы одноименных месторождений и участок Северный Зиаэтинского рудного поля.

В 1993 г. на ГМЗ-1 г. Навои на освободившихся мощностях по производству урана создана технологическая линия по переработке золотосодержащих забалансовых руд месторождения Мурунтау производительностью 620 тыс. т руды в год. С 2007 г. на ГМЗ-1 для переработки начали поступать окисленные золотосодержащие руды месторождения Аджибугут. В 2012 г. мощность ГМЗ-1 увеличена до 1450 тыс. т, темп роста по сравнению с 1993 г. по добыче и переработке золотосодержащих руд увеличился в 2,26 раза. Для обеспечения ГМЗ-1 сырьем в 2012 г. принято решение о создании нового рудоуправления ГМЗ-1, в состав которого вошли месторождения Каракутан, Янги-Давон, и Ташкан Зиаэтинского рудного поля. Позже, в 2015 г., в состав рудоуправления включены месторождения Аристантауского рудного поля (карьеры «Аристантау», «Умид», «Западный Умид» и «Бешаши»).

Зиаэтинское рудное поле расположено в одноименных горах на границе Зерафшано-Алайской и Зерафшано-Туркестанской структурно-формационных зон. Сложено оно метаморфизованными эффузивно-терригенными отложениями нижнего девона, дислоцированных в крупную Катармайскую антиклиналь асимметричного строения, крылья которой осложнены складками более высоких субширотных простираний. Все месторождения, обособленные рудные тела, рудопроявления размещены в пределах северного крыла Катармайской антиклинали внутри субширотных крутопадающих Каракутанской и Кизибинской зон глубинных разломов. Руды месторождений Зиаэтинского рудного поля относятся к золотосульфидно-кварцевой формации, по содержанию в них сульфидов (до 2 %) – к убогосульфидной. По состоянию на 01.01.2018 г. запасы золоторудных объектов Зиаэтинского рудного поля составляют 6,7 млн т, а прогнозные ресурсы руды – 33,8 млн т.

Месторождение Аристантау расположено в горах Аристантау в юго-восточной части Центральных Кызылкумов и сложено неравномерно переслаивающимися песчаниками, алевролитами Беспанской свиты. Строение рудоносной зоны сложное, ее формируют серии сближенных трещин милонитизации, кварцевые жилы, прожилковое окварцевание штокверкового типа, вкрапленная рудная минерализация. Месторождения разведаны по сети 80×80 м. Перспективы на глубину определяли бурением шарошечных и колонковых скважин до глубины 160–250 м. По состоянию на 01.01.2018 г. категорийные запасы объектов Аристантауского рудного поля составляют 6,6 млн т руды, а ресурсы – 11,2 млн т.

С целью пополнения сырьевой базы по объектам Аристантауского и Зиаэтинского рудных полей Госкомгеологией РУз разработана и реализуется «Государственная программа геологоразве-

дочных работ в период 2018–2026 годов», что значительно увеличивает минерально-сырьевую базу рудоуправления ГМЗ-1.

Южное рудоуправление

В структуру рудоуправления входят: карьер «Урталик»; подземные рудники «Зармитан», «Гужумсай», «Урталик»; ГМЗ-4; карьеры «Сарикбель», «Украинский», «Западный», «Танги Западный», «Танги Центральный», «Восточный», «Гумсай» и «Кучумсай», а также Маржанбулакский золотоизвлекательный участок (МЗИУ). Основу сырьевой базы составляют запасы месторождений Чармитан, Гужумсай и Урталик, вместе образующие просторанную Зармитанскую золоторудную зону.

Месторождение Чармитан разведано по комбинированной горно-буровой системе с сетью 40×40 и 80×80 м. Детальной разведкой на месторождении установлено 53 промышленных рудных тела с крутым северным падением, размеры которых в плане колеблются от первых десятков метров до 1200 м мощностью от нескольких десятых долей до 6–8 м. Содержание золота – от 5,5 до 18 у. е. Отдельные рудные тела прослежены до глубины 1200 м. По морфологии рудные тела относятся к жильному типу, нередко переходящему в тип маломощных зон, и характеризуются высокой контрастностью оруденения. Коэффициент непрерывности оруденения в промышленных контурах рудных тел составляет 0,93–0,99, а коэффициент засорения рудной массы некондиционными прослоями мощностью менее 3 м колеблется от 0,08 до 0,21.

Природные типы руд представлены жильным кварцем, гидротермально измененными граносиенитами и роговиками, в редком сульфидами множества минеральных форм. Минеральные типы руд представлены убого- (до 1–2 %), мало- (3–7 %) и умеренно сульфидными (10–15 % и более) разностями. Сульфидность руд на месторождении нарастает на восток и в значительно меньшей степени – сверху вниз. Выделены золотосодержащие и золотосеребряные типы руд. К первым отнесены легкоперерабатываемые руды, из которых прямым цианированием извлекается в среднем 92–95 % золота и 60–80 % серебра. Второй технологический тип характеризуется тем, что из него прямым цианированием извлекается 70–80 % золота и 50–60 % серебра.

Исходя из горнотехнических параметров и условий размещения промышленных рудных тел, проектными решениями приняты комбинированные способы разработки месторождения. Близповерхностные мощные тела, запасы которых не превышают 4–5 % всего объема до гор. +840–780 м, оработаны открытым способом. Нижележащие запасы месторождений Зармитанской золоторудной зоны отработываются подземным способом. Вскрытие запасов месторождения Чармитан ведут наклонным транспортным съездом (стволом), который будут углублять на проектную глубину рудника (700 м). Запасы месторождения Чармитан до горизонта +540 м (по категории $C_1 + C_2$) переданы на баланс Навоийского ГМК (18,56 млн т) (рис. 6). Из всех имеющихся запасов около 95 % рассчитаны на подземный способ отработки. Горнодобычные работы осуществляются рудником «Зармитан» производительностью 850 тыс. т.

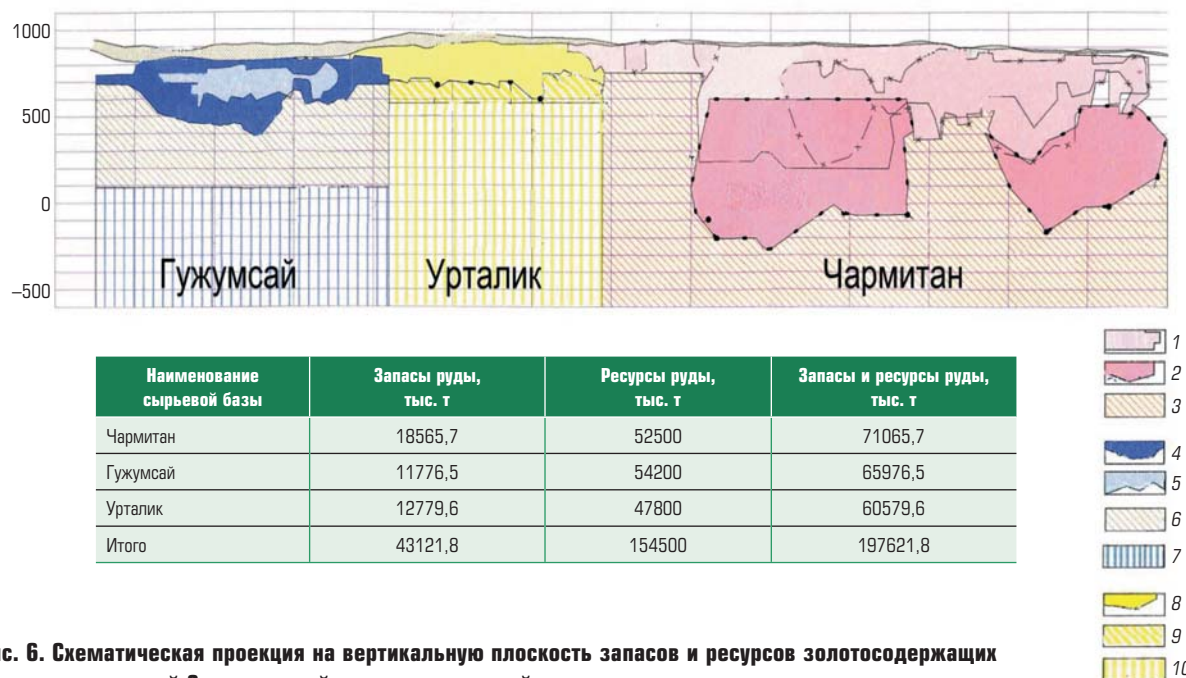


Рис. 6. Схематическая проекция на вертикальную плоскость запасов и ресурсов золотосодержащих руд месторождений Зармитанской золотосодержащей зоны:

Чармитан: 1, 2 – запасы категорий C_1, C_2 ; 3 – прогнозные ресурсы категории P_1 .

Гужумсай: 4, 5 – запасы категории C_1 ; 6, 7 – прогнозные ресурсы категорий P_1, P_2 .

Урталик: 8 – запасы категорий C_1, C_2 ; 9, 10 – ресурсы категорий P_1, P_2

Золоторудное месторождение Гужумсай является западной частью Чармитанского рудного поля и полностью перекрыто рыхлыми, слабоцементированными четвертичными отложениями от 10 (на севере) до 140 м (на юге). Несмотря на это, общая геолого-структурная обстановка хорошо интерпретировалась на основе геологии обрамляющих территорий. Площадь всего месторождения 5,6 км². Разведанные рудные тела в количестве 27 сосредоточены на площади 1,3 км². Рудные тела располагаются параллельно, кулисообразно и имеют северо-восточное простирание; все они представлены кварцевыми жилами и маломощными прожилково-жильными минерализованными зонами, которые соединяются друг с другом и ветвятся, имея крутое падение (70–80°) на север и северо-запад. Рудные тела, приуроченные к контакту интрузива, имеют большие мощности, чем внутри интрузива. Граница рудных тел определяется по данным опробования [18]. Руды малосульфидные (1–3 %). Количество свободного золота в золотосодержащих рудах составляет более 95 %. Месторождение изучено до глубины 400–450 м от поверхности комбинированным горно-буровым способом по сети 40×40 и 80×80 м. Глубина развития промышленных руд установлена единичными колонковыми скважинами на глубину 1100 м, где параметры рудных тел удовлетворяют требованиям подземной отработки. Геолого-промышленный тип оруденения золотокварцевый убогосульфидный со свободным золотом. Руды легко перерабатываются на ГМЗ-4 по гравитационно-сорбционной технологии; извлекаются в среднем 92–93 % золота и 60–80 % серебра. Учитываемые запасы золотосодержащих руд по месторождению Гужумсай составляют 11,7 млн т. Горнодобычные работы ведет Гужумсай-

ский рудник производительностью 550 тыс. т руды. Вскрытие месторождения осуществляют наклонным транспортным стволом.

Месторождение Урталик расположено между месторождениями Чармитан и Гужумсай в центральной части рудного поля, где рудные тела так же, как и на месторождениях Чармитан и Гужумсай, представлены сближенными кварцевыми жилами и кварцево-прожилково-жильными маломощными зонами. Месторождение Урталик изучено до глубины 250–350 м от земной поверхности комбинированным горно-буровым способом по сети 80×80 м. Глубина развития промышленных руд аналогична таковой на месторождениях Чармитан и Гужумсай, где параметры промышленных рудных тел выдержаны до глубины 1200 м. Рудные тела располагаются параллельно, кулисообразно по северо-восточному простиранию. Горнотехнические параметры и условия локализации промышленных тел позволяют разрабатывать месторождения комбинированным способом. Близповерхностные мощные рудные тела, запасы которых не превышают 10–12 % (до горизонта +780 м), обрабатывают открытым способом. Вскрытие нижележащих горизонтов осуществляют наклонным транспортным стволом с максимальным уклоном не более 8°. В настоящее время Навоийским ГМК учитываются запасы для открытых горных работ в количестве 8,1 млн т, а для подземных – 4,7 млн т руды.

Однако надо отметить, что в последние годы взгляды на геологическое строение и перспективы объектов Зармитанской золоторудной зоны претерпели существенные изменения. В настоящее время определенный современный эрозионный срез проходит выше максимальных уровней рудоотложения. На месторождении Чармитан (центральная часть и восточный фланг) рудные

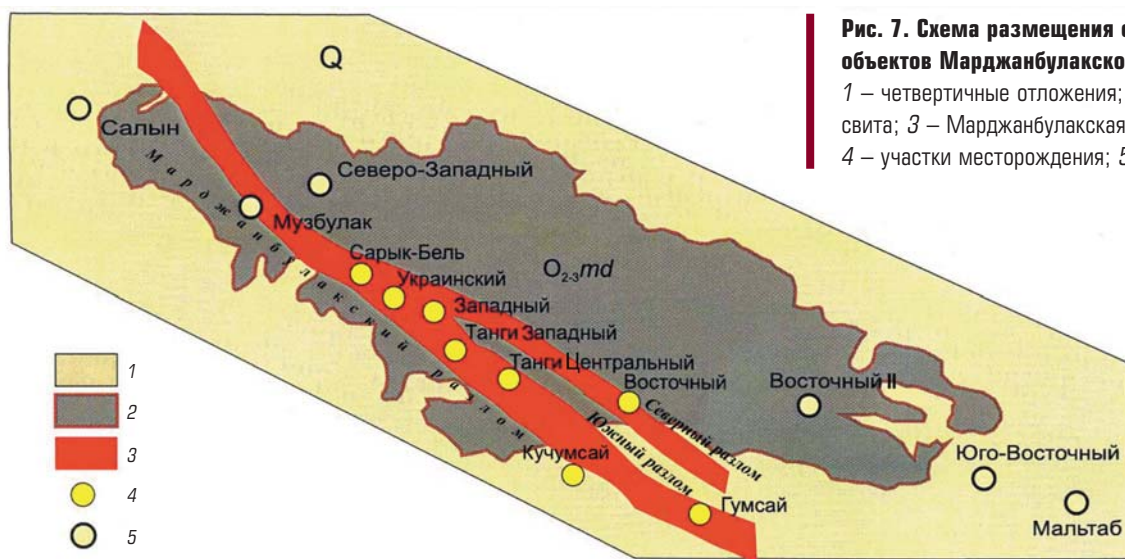


Рис. 7. Схема размещения основных рудных объектов Марджанбулакского рудного поля:
 1 – четвертичные отложения; 2 – Маджерумская свита; 3 – Марджанбулакская рудная зона;
 4 – участки месторождения; 5 – рудоуправления

подсечения в скважинах на глубинах 1000–1200 м от поверхности по параметрам оруденения, минеральному составу, текстурным особенностям и др. не отличаются от таковых на верхних горизонтах месторождения. Такая стабильность свидетельствует о весьма значительном вертикальном размахе оруденения и перспективах глубоких горизонтов. Область развития промышленных рудных тел охватывает гораздо большую площадь, чем ожидалось: новые рудные тела выявлены не только в контуре разведки, но и появляются они и на западном, и на северном флангах месторождений. С увеличением глубины разведки есть вероятность обнаружения новых «слепых» рудных тел, о чем свидетельствует наличие на глубине скважинных подсечений с богатым золотым оруденением, пока что не увязывающихся с позиций уже известных рудных тел.

Первая масштабная оценка прогнозных ресурсов золотосодержащих руд месторождений Зармитанской золоторудной зоны (см. рис. 6) выполнена в 2003 г., где нижняя граница оценки запасов и ресурсов золотосодержащих руд составляет 1500 м от земной поверхности. В заключение можно констатировать, что обеспеченность сырьевой базой ГМЗ-4 за счет месторождений указанной зоны является весьма высокой.

Как отмечалось выше, в состав Южного рудоуправления входит Марджанбулакский золотоизвлекательный участок (МЗИУ), пространственно удаленный от ГМЗ-4.

Сырьевой базой МЗИУ являются запасы и ресурсы золотосодержащих руд месторождения Марджанбулак, сосредоточенные на участках Сарыкбель, Украинский, Западный, Танги Западный, Танги Центральный, Восточный, Гумсай, Кучумсай и на перспективных участках Марджанбулакского рудного поля Салын, Северо-Западный, Музбулак, Восточный и Юго-Восточный (рис. 7).

Само месторождение Марджанбулак приурочено к ветви глубинного Марджанбулакского разлома в крыле синклинали складки. На площади месторождения разведаны, в установленном порядке утверждены в ГКЗ и осваиваются запасы участков Сарыкбель, Украинский, Западный, Танги Западный, Танги Центральный, Восточный, Гумсай и Кучумсай.

Всего на объекте выявлено 25 промышленных тел. Протяженность их – от 32 до 300 м, мощность – от 15 до 290 м. Содержание золота колеблется от 1 до 60 у. е. Рудные тела столбообразные и грибообразные штокерковые, вертикальная протяженность их не превышает 200 м; с глубиной рудные тела сменяются жильными рудными зонами. По условиям образования руды участков относятся к малосульфидной кварц-пирит-арсенипирит-золоторудной формации. Все они характеризуются простым вещественным составом и подразделяются на окисленные и сульфидные. Мощность зоны окисления по вертикали изменяется от 50 до 120 м.

Первоначальное промышленное освоение участков месторождения Марджанбулак начато в 1980 г. открытым способом с добычей и переработкой окисленных руд. В настоящее время запасы окисленных и сульфидных руд в имеющихся проектных контурах карьеров рудника «Марджанбулак» практически исчерпаны. Остатки запасов руд на нижних горизонтах за пределами проектных контуров карьеров (между гор. +850 ... +650 м) «Сарыкбель», «Украинский», «Западный», «Танги Центральный», «Танги Западный», «Восточный», «Гумсай» и «Кучумсай» составляют 4,6 млн т (из них окисленные 0,15 млн т). В настоящее время Марджанбулакским рудником горнодобычные работы ведутся на карьерах «Западный» и «Гумсай» в проектных контурах, где остатки золотосульфидных руд составляют 0,9 млн т. Однако исходя из плана развития горных работ Южного рудоуправления на текущий год, добыча окисленных руд на карьерах рудника приостановлена из-за незначительных остатков (всего 0,15 млн т). В переработку активно вовлекаются сульфидные руды. В планах развития горных работ по карьерам месторождения Марджанбулак на 2017–2018 гг. отмечается, что требуемое от отгрузки количество руды на МЗИУ обеспечивается при условии четырехкратного увеличения затрат на вскрышу. Эти затраты окупятся лишь через 5–6 лет ценой продления срока эксплуатации месторождения. Увеличение объема вскрышных работ по сульфидным карьерам и сокращение размеров рабочих площадок на нижних горизонтах приводит к выборочной от-

работке более богатых участков месторождения. Для стабильной работы необходимо многое: проходить опережающий зумпф на обводненных горизонтах; вести осушение карьеров; разрабатывать сложные рудные залежи с минимальными потерями и разубоживанием; оформлять капитальные борты карьеров по схеме, обеспечивающей безопасность работающего оборудования и персонала.

В настоящее время на производственных объектах МЗИУ по мере увеличения глубины горных работ и сроков существования карьеров возникла проблема обеспечения выпуска золота в условиях роста объемов вскрышных пород, что предопределяет необходимость интенсификации горного производства на основе применения прогрессивных технологий и высокопроизводительного горного оборудования. Пути решения проблемы таковы: переоценка запасов; снижение бортового содержания остаточных сульфидных руд; учет перспективных прогнозных ресурсов, расположенных на глубоких горизонтах ниже проектных границ карьеров; оптимизация финальных форм карьеров по экономически выгодной цене на золото, а также вовлечение старых хвостов обогащения МЗИУ в отработку, где исходные содержания золота в 1980-х годах по двум месторождениям (Зармитан и Марджанбулак) составляли 4–12 у. е.

С целью пополнения минерально-сырьевых запасов МЗИУ Навоийским ГКМ выполнено следующее.

1. Осуществлена переоценка остаточных запасов и ресурсов ниже дна проектного контура карьера «Западный» по более мягким кондициям (борт – 0,5 у. е.) на основе программы Micromine. Пересчетом охвачены запасы руды между горизонтами +845 ... + 680 м (рис. 8). Проработаны четыре варианта отработки (борта под углами 40°; 43°; 45° и 50°). Объем балансовых руд по карьере повысился более чем в 2,5 раза и составляет 1,82 млн т (при теперешнем остатке руды в карьере 0,71 млн т). Аналогичные работы с таким же результатом выполняют по карьерам «Сарыкбель», «Украинский», «Гумсай», «Кучумсай» и др. Ожидается общий прирост запасов руды до 9,2 млн т, что обеспечит работу МЗИУ на 10 лет вперед.

2. Проведены геологоразведочные работы силами ГРЭ Навоийского ГКМ и Госкомгеологии РУз на флангах действующих карьеров («Гумсай», «Кучумсай») и на потенциально новых участках Марджанбулакского рудного поля (Лапах, Авлиё, Салин и др.). Нарощены запасы по западным флангам указанных карьеров в количестве 1,5 млн т окисленной руды с балансовым содержанием. Продолжаются поисковые и оценочные работы на перспективных участках.

3. Рассмотрена возможность извлечения благородных металлов из вторичного сырья, т. е. из отходов золотоизвлекательных фабрик и заводов [19]. Объектом изучения стал материал хвостохранилища МЗИУ. Проведенные обширные исследования показали, что золото на площади и по глубине хвостохранилища распределено неравномерно, концентрации его варьируют в диапазоне 0,4–3 у. е. (рис. 9); среднее содержание золота по всему объему хранилища равно 0,97 у. е., а среднее сквозное извлечение достигает 48 %; общий объем вторичного сырья составля-

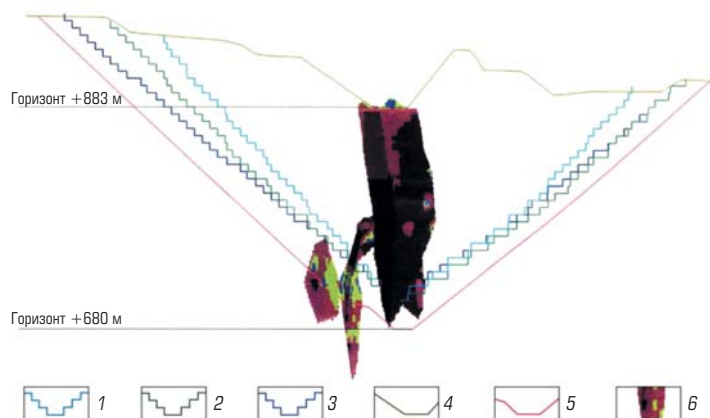


Рис. 8. Разрез проектируемого карьера по участку Танги Западный месторождения Марджанбулак:
1, 2, 3 – борт под углом 50°, 45°, 40° соответственно;
4 – дно действующего карьера; 5 – дно проектируемого карьера; 6 – контур рудного тела

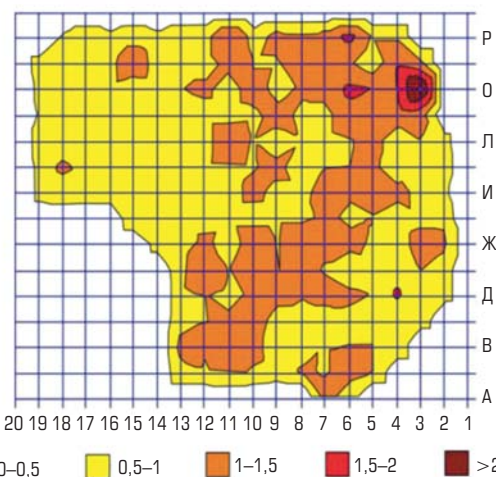


Рис. 9. Содержание золота в хвостохранилище МЗИУ, у. е.

ет 21 млн т, из которого 30 % – это кондиционная масса с содержанием золота 1,5 у. е.

Таким образом, принятыми мерами Навоийского ГКМ расширена минерально-сырьевая база МЗИУ по объектам Марджанбулакского рудного поля, что обеспечит стабильную работу золотоизвлекательного комплекса на много лет вперед.

Заключение

В завершение можно констатировать, что в настоящее время состояние золоторудной минерально-сырьевой базы Навоийского ГКМ удовлетворяет растущим потребностям, и обеспеченность запасами перерабатывающих комплексов комбината весьма высока. Актуальной задачей предприятия является наращивание запасов промышленных категорий на флангах и глубоких горизонтах разрабатываемых месторождений, а также освоение новых минеральных объектов на территории региона.

Библиографический список

1. *Viljoen M.* The life, death and revival of the central Rand Goldfield // *World Gold Conference 2009.* – Johannesburg : The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2009. P. 131–138.
2. *Goldfarb R. J., Taylor R. D., Collins G. S., Goryachev N. A., Orlandini O. F.* Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia // *Gondwana Research.* 2014. Vol. 25. No. 1. P. 48–102.
3. *Wang Chenghui, Xu Jue, Huang Fan.* Resources Characteristics and Outline of Regional Metallogeny of Gold Deposits in China // *Acta Geologica Sinica.* 2014. Vol. 88. Iss. 12. P. 2315–2325.
4. *Zhang Wen-Zhao, Qing Min, Niu Gui-Yi, Wang Ke-Qiang, Huang Hui, Wang Mei-Juan.* An overview of type, spatial-temporal distribution and prospecting of gold deposits in China // *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry.* 2014. Vol. 33. No. 5. P. 721–732.
5. *Malatse M., Ndlovu S.* The viability of using the Witwatersrand gold mine tailings for brickmaking // *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.* 2015. Vol. 115. Iss. 4. P. 321–327.
6. *Costanza R., Fioramonti L., Kubiszewski I.* The UN Sustainable Development Goals and the dynamics of well-being // *Frontiers in Ecology and the Environment.* 2016. Vol. 14. Iss. 2. P. 59.
7. *Богуславская Л. И.* Рыночная капитализация и ее влияние на развитие золотодобывающих компаний // *Золото и технологии.* 2011. № 4. С. 20–23.
8. *Волков А. В.* Государственно-частное партнерство в геологоразведке // *Золото и технологии.* 2014. № 1. С. 42–46.
9. *Садовников Н. И.* Правовое регулирование геологического изучения недр, осуществляемого за счет средств федерального бюджета (на примере ТПИ) // *Недропользование-XXI век.* 2014. № 5. С. 20–23.
10. *Фридовский В. Ю., Полуфунтикова Л. И., Гамянин Г. Н., Соловьев Е. Э.* Орогенные золоторудные месторождения со значительным ресурсным потенциалом центральной части Яно-Колымского пояса // *Разведка и охрана недр.* 2015. № 11. С. 3–9.
11. *Хэ Цзысинь, Чжан Дандань, Лю Миньли, Ли Изьяньсин.* Минерально-сырьевая база Китая // *Горный журнал.* 2017. № 7. С. 32–38. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.06
12. *Ахмедов Н. А.* Минерально-сырьевая база народного хозяйства Узбекистана и перспективы ее развития // *Горный журнал.* 2002. Спец. выпуск. С. 28–31.
13. *Кадыров А. А., Санакулов К. С., Бибик И. П.* Концептуальные основы стратегии инновационного развития Кызылкумского региона. – Ташкент : Узбекистан, 2013. – 395 с.
14. *Санакулов К. С.* Основные направления инновационного развития производства на Навоийском горно-металлургическом комбинате // *Горный журнал.* 2016. № 2. С. 5–11. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.01
15. *Золоторудное месторождение Мурунтау.* – Ташкент : Фан, 1998.
16. *Образцов А. И.* Месторождение Мурунтау: опыт изучения и разработки. – Ташкент : Фан, 2001. – 211 с.
17. *Санакулов К. С., Эргашев У. А.* Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов. – Ташкент : ГП «НИИМР», 2014. – 286 с.
18. *Хамроев И. О.* Многофакторная модель золоторудных месторождений Чармитанского рудного поля // *Руды и металлы.* 2007. № 5. С. 68–77.
19. *Санакулов К. С.* Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. – Ташкент : Фан, 2009. – 432 с. **ГЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 22–32
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.01

Gold reserves of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat

Information about authors

I. O. Khamroev¹, Deputy Chief Geologist for Main Activity, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences, i.hamroev@ngmk.uz

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

Abstract

The article gives a detailed characteristic of gold reserves of four mine managements within the structure of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Republic of Uzbekistan: Central, North, South and Hydrometallurgical Works 1 Managements, Navoi.

The major mineral objects of the Central Mine Management are the Muruntau and Myutenbai deposits developed by the opencast method. Discovery of the former – the unique Muruntau deposit – was acknowledged by the international geological society as the greatest event in the second half of the 20th century in the area of gold mining, and became the first-string milestone on the way of industrial and social development in the wild areas in the west of Uzbekistan. The current depth of Muruntau open pit mine is 600 m, while the project depth of the joint opencast workings (with Myutenbai) is down to 1000 m. The reserves of the North Mine Management are composed of the Kokpatas and Daugyztau deposits under open pit mining. The major reserves (up to 80 %) are represented by rebellious gold and sulphide ore subjected to processing by bacterial leaching.

Hydrometallurgical Works 1 Management was founded in 2012. Previously (in 1993), based on the vacant uranium production capacities, a process line was created at the Works for nonprofitable gold ore from the Muruntau deposit. Later on, the Works was supplied by ore reserves from the Ziaetdin and Aristantau deposits developed mostly by the opencast method.

The mineral deposits of the South Mine Management are situated in the south of the country. They are mostly mined out using the hybrid method: open pit at the top and underground at the bottom.

The remote Mardzhanbulak open pit gold mine has its own processing plant. The problem of this mining area is depletion of the reserves as the ultimate project pit limit is reached and the volume of stripping is increased. The problem is solved by means of revision of the project pit limits, prospecting of new reserves and amendment of mineral quality standards.

Keywords: mineral reserves, mine management, hydrometallurgical works, deposit, ore, resources, content, mining depth, geological exploration.

References

1. *Viljoen M.* The life, death and revival of the central Rand Goldfield. *World Gold Conference 2009.* Johannesburg : The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2009. pp. 131–138.

2. *Goldfarb R. J., Taylor R. D., Collins G. S., Goryachev N. A., Orlandini O. F.* Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia. *Gondwana Research.* 2014. Vol. 25, No. 1. pp. 48–102.
3. *Wang Chenghui, Xu Jue, Huang Fan.* Resources characteristics and outline of regional metallogeny of gold deposits in china. *Acta Geologica Sinica.* 2014. Vol. 88, Iss. 12. pp. 2315–2325.
4. *Zhang Wen-Zhao, Qing Min, Niu Gui-Yi, Wang Ke-Qiang, Huang Hui, Wang Mei-Juan.* An overview of type, spatial-temporal distribution and prospecting of gold deposits in China. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry.* 2014. Vol. 33, No. 5. pp. 721–732.
5. *Malatse M., Ndlovu S.* The viability of using the Witwatersrand gold mine tailings for brickmaking. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.* 2015. Vol. 115, Iss. 4. pp. 321–327.
6. *Costanza R., Fioramonti L., Kubiszewski I.* The UN Sustainable Development Goals and the dynamics of well-being. *Frontiers in Ecology and the Environment.* 2016. Vol. 14, Iss. 2. p. 59.
7. *Boguslavskaya L. I.* Market capitalization and effect on development of gold mining companies. *Zoloto i tekhnologii.* 2011. No. 4. pp. 20–23.
8. *Volkov A. V.* Public and private business partnership in geological exploration. *Zoloto i tekhnologii.* 2014. No. 1. pp. 42–46.
9. *Sadovnikov N. I.* Legal regulation of geological study, financed by the Federal budget (for example, solid minerals). *Neдрopolzovanie-XXI vek.* 2014. No. 5. pp. 20–23.
10. *Fridovskiy V. Yu., Polufuntikova L. I., Gamyagin G. N., Soloviev E. E.* Orogenic gold deposits with significant resource potential of central part of the Yana-Kolyma belt. *Prospect and protection of mineral resources.* 2015. No. 11. pp. 3–9.
11. *He Zixin, Zhang Dandan, Liu Mingyi, Li Jianxing.* Mineral resource base of China. *Gornyi Zhurnal.* 2017. No. 7. pp. 32–38. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.06
12. *Akhmedov N. A.* Mineral reserves and prospects of the national economy in Uzbekistan. *Gornyi Zhurnal.* 2002. Special Issue. pp. 28–31.
13. *Kadyrov A. A., Sanakulov K. S., Bibik I. P.* Conceptual basis of innovation development strategy in Kyzylkum region. Tashkent : Uzbekistan, 2013. 395 p.
14. *Sanakulov K. S.* Major trends in the innovative development of Navoi Mining and Metallurgy Company. *Gornyi Zhurnal.* 2016. No. 2. pp. 5–11. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.01
15. *Muruntau Gold Deposit.* Tashkent : Fan, 1998.
16. *Obraztsov A. I.* Muruntau Deposit: Exploration and Mining Experience. Tashkent : Fan, 2001. 211 p.
17. *Sanakulov K. S., Ergashev U. A.* Theory and practice of mastering of processing of gold-bearing refractory Kyzylkumy ores. Tashkent : State Enterprise “Scientific-Research Institute of Mineral Resources”, 2014. 286 p.
18. *Khamroev I. O.* Multi-factor model of gold deposits in the Charmitan ore province. *Rudy i metalli.* 2007. No. 5. pp. 68–77.
19. *Sanakulov K. S.* Scientific and technical basis of processing of mining-metallurgical production wastes. Tashkent : Fan, 2009. 432 p.