

УДК 622.272

И.А. Абдрахманов, Д.А. Милкин

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РУДОПОТОКОВ
В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Семинар № 17

Изыскание экономически выгодных методов добычи балансовых запасов месторождений, бедных и некондиционных руд, а также руд, залегающих в сложных горно-геологических условиях, является актуальной проблемой современного горного производства. Как показывает практика освоения полиметаллических месторождений принятые в проектах физико-технические способы добычи не всегда позволяют вовлечь в эффективную отработку все промышленные запасы руд, и часть, фактически уже вскрытых запасов остается за контуром разработки.

Так на Учалинском месторождении которое разрабатывается комбинированным способом часть запасов переходной зоны и в бортах карьера отработаны комбинированными технологиями, однако существует возможность для реализации физико-химической геотехнологии путем вовлечения в промышленное использование некондиционных руд.

На Узельгинском месторождении из разведанных 65 рудных тел 54 отнесены к забалансовым. Это залежи с низким содержанием или наличием вредных примесей. Рудные тела расположены в двух рудоносных горизонтах, расположенных относительно друг друга этажами. Кровля рудных тел верхнего уровня находится на глубине 130-150 м,

подошва - на глубине 150-380 м. Мощность рудных тел изменяется в пределах 30-80 м, расстояние между ними 300-900 м. На Молодежном месторождении выделено пять промышленных рудных тел из них два непромышленных.

Ново-Учалинское месторождение представлено основной залежью схожей по запасам и содержанию полезных компонентов с Учалинским месторождением но залегают на более низких глубинах – от 600 до 1300 м. Залежь прослеживается по простиранию на 900 м, по падению на 330 м. Она сопровождается несколькими мелкими рудными телами, расположенными в северной части месторождения над основным рудным телом, отнесенным к забалансовым запасам.

Для повышения полноты извлечения запасов из недр перспективным направлением является внедрение комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии, которая, предусматривает возможность вовлечения в промышленную эксплуатацию запасов некондиционных руд различного вещественного состава и получить дополнительную продукцию в виде жидких товарных концентратов, металлов и их соединений. Кроме того, появляется дополнительная возможность повышения качества некондиционных руд, на-

пример, путем их обогащения на месте залегания.

Для реализации процессов комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии был разработан алгоритм выбора технологической схемы комплексного освоения месторождений и способа управления качеством рудопотоков представленный на рис. 1. Данный алгоритм предусматривает оценку целесообразности добычи и извлечения ценных компонентов из балансовых запасов месторождений в цикле открытых и подземных горных работ, а также некондиционных руд в цикле физико-химической геотехнологии.

Технология освоения забалансовых запасов предусматривает разделение рудных тел на донорские и акцепторные, выщелачивание донорских тел благоприятных по вещественному составу для выщелачивания на месте залегания, сбор продуктивного раствора, транспортирование его к акцепторным рудным телам и обогащение последних на месте залегания путем переосаждения выщелоченных ранее ценных компонентов из растворов в объеме акцепторных рудных тел. Обогащенный таким образом массив разрабатывается традиционными физико-техническими геотехнологиями.

В соответствии с предложенным алгоритмом, в ходе разработки месторождений открытым или подземным способом, наряду с извлекаемой рудной массой (товарной рудой), остаются бедные руды, запасы, потерянные в целиках при подземной добыче, разубоженные руды и иные технологические потери, складывается вскрышная порода. Эти запасы могут быть вовлечены в эффективную промышленную разработку только физико-химическими геотехнологиями выбор которых осуществляется в блоке «Выбор вида физико-химических тех-

нологий». Последний, в свою очередь, определяет вид товарной продукции горно-перерабатывающего комплекса.

На основании комплексных исследований производится технико-экономическая оценка эффективности реализации принятого способа комплексного освоения месторождения физико-химической геотехнологией. В случае, если извлекаемая ценность ниже чем затраты на ее реализацию, то производится выбор способа утилизации отходов в другой сфере, чаще в закладке или промышленном строительстве. При превышении извлекаемой ценности над затратами производится выбор способа переработки продуктивных растворов выщелачивания по максимальному совокупному доходу от реализации данных процессов.

Бедные и разубоженные руды, являющиеся сопутствующим продуктом добычи кондиционных руд, целесообразно подвергать предконцентрации. Необходимо отметить, что на Учалинском горно-обогатительном комбинате впервые внедрена рентгенометрическая сепарация бедных медно-колчеданных руд, позволившая вовлечь в переработку ранее складированные отвальные руды. Данное решение в существенной мере способствовало повышению эколого-экономического эффекта на предприятии.

Таким образом, повышение полноты, комплексности и эффективности освоения месторождений медно-колчеданных руд при изменяющемся качестве сырья может быть обеспечено в результате рационального сочетания физико-технических и физико-химических процессов добычи кондиционных и бедных руд.

Различные варианты технологических схем комплексного освоения месторождений медно-колчеданных руд были заложены в качестве исходных данных в геотехнологическую модель для исследования показателей функционирования предприятия в зависимости от выбранного варианта в изменяющихся горно-геологических и экономических условиях.

Для определения области рационального применения различных вариантов в изменяющихся горно-геологических и экономических условиях в соответствии с алгоритмом выбора технологической схемы управления качеством рудопотока, прежде всего, необходимо определить стратегию освоения месторождения и выделить факторы, оказывающие существенное влияние на стабильное функционирование предприятия. Определение динамики финансовых потоков при освоении запасов производилось на примере Ново-Учалинского месторождения с проектной годовой производственной мощностью подземного рудника 2,5 млн т.

Исследования выполнялись путем исследовательского геотехнологического моделирования с использованием методов экономико-математического анализа. При этом варьировались содержание полезных компонентов в руде по приведенной меди от 1,82 до 3,5 % и изменение распределения содержания полезных компонентов по глубине месторождения (равномерное, возрастающее с глубиной и убывающее), цена 1 т меди принималась равной 2500–7000 \$. При моделировании изменялись геотехнологические параметры – высота подэтажа – 40 и 50 м, ширина камер – 10–25 м, варианты способов выемки – валовый и селективный с переработкой в едином и раздельных циклах обогащения, рас-

сматривалась возможность реализации физико-химической геотехнологии на основе подземного выщелачивания для руд некондиционного качества. Отработка запасов физико-технической геотехнологией в геотехнологической модели производилась системами разработки с закладкой выработанного пространства.

При моделировании учтена возможность использования твердеющей закладки на основе использования негашеной извести, меаханоактивированных шлаков медной плавки, отходов выщелачивания. Это в свою очередь позволяет существенно снизить себестоимость добычи руды, увеличить высоту вертикальных обнажений, что влечет сокращение капитальных затрат и позволяет решить проблему утилизации хвостов обогащения в выработанном пространстве подземных камер. В исследовательском моделировании анализ финансовых потоков от освоения месторождения проводилось с учетом сроков вложения капитала на строительство подземного рудника и различной ценности добываемой руды.

Ввиду слабой изученности района при геотехнологическом моделировании содержание условной меди изменялось, как в сторону увеличения, так и уменьшения. Анализ результатов моделирования показывает, что с уменьшением среднего содержания условной меди по месторождению до 1,82 % отработка запасов при достаточно высокой биржевой цене на медь в настоящее время становится не эффективной (рис. 2). Аналогичные результаты, свидетельствующие о неэффективности добычи руды, происходят в случае падения содержания полезных компонентов с глубиной месторождения от 3,5 до 1,82 % (рис. 3).

Еще большее снижение дохода предприятия при эксплуатации месторожде-

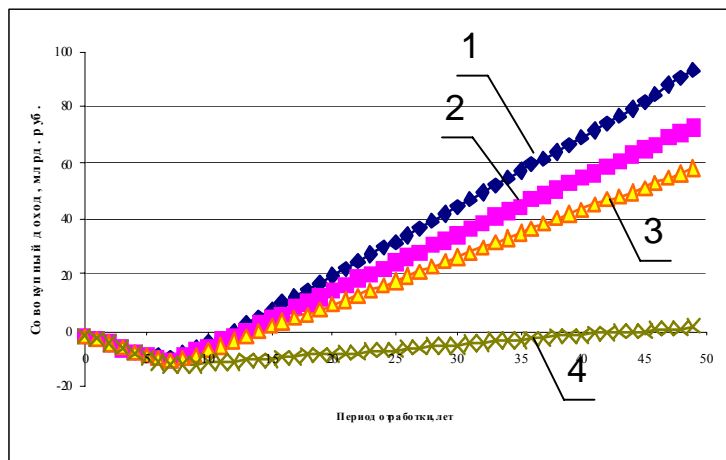


Рис. 2. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения при постоянном содержании по условной меди: 1 – 3,5%; 2 – 3%; 3 – 2,5%; 4 – 1,82%

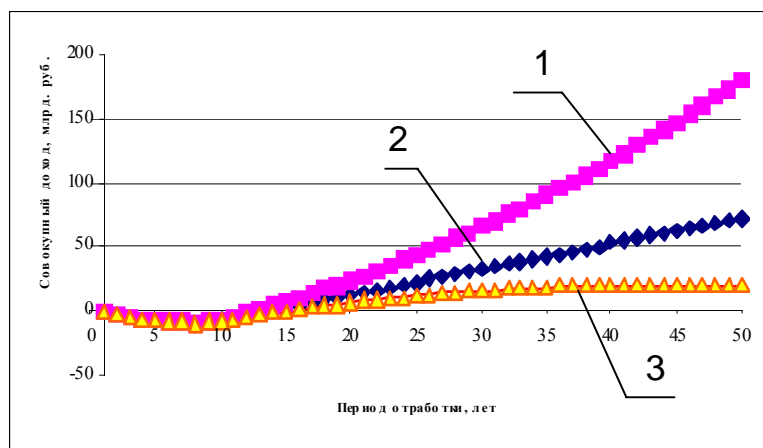


Рис. 3. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения при равномерном изменении содержания условной меди по глубине: 1 – возрастании от 1,82 до 3,5; 2 – среднее 2,5%; 3 – от 3,5 до 1,82

ния происходит при одновременном снижении содержания полезных компонентов в руде и падении биржевой стоимости металлов (рис. 4). Соответственно повышение цены меди до 7500 долларов за тонну позволяет сохранить финансовые показатели и обеспечить рентабельность добычи даже в случае снижения содержания полезных компо-

нентов в руде по условной меди до 1,82%. В случае падения стоимости меди до 4500 \$/т отработка месторождения традиционными физико-техническими технологиями становится нерентабельной.

Так, при среднем содержании меди в руде месторождения 2,5% падение биржевой стоимости меди на 16 год разра-

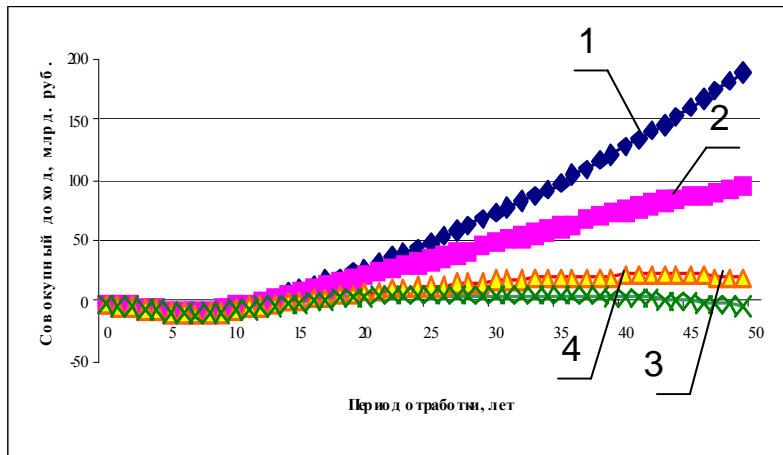


Рис. 4. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения при равномерном изменении содержания условной меди по глубине: 1, 2 – от 1,82 до 3,5 и росте и падении цены от 7 до 7,5 \$/кг и от 7 до 4,5 \$/кг; 3, 4 – от 3,5 до 1,82 и и росте и падении цены от 7 до 7,5 \$/кг и от 7 до 4,5 \$/кг

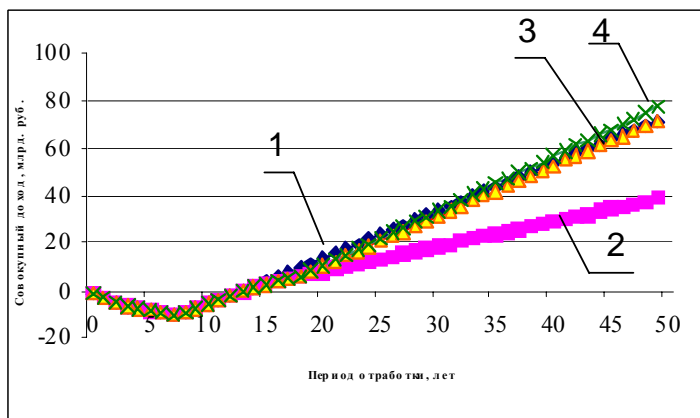


Рис. 5. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения: 1 - при содержании условной меди 2,5 % и цене меди 7\$/кг; 2 - при содержании условной меди 2,5 % и падении цены меди на 16г до 5\$/кг; 3, 4 – тоже но с переработкой некондиционных руд 300 и 350 тыс. т ПВ при падении цены

ботки месторождения с 7000 до 5000 \$/т приводит к резкому снижению индекса доходности до критического уровня рентабельности и совокупный доход от освоения месторождения при этом снижается в 1,75 раза.

Вовлечения в период падения цен в разработку методом подземного выщелачивания (ПВ) забалансовых рудных

тел в объеме 300 тыс. т руды в год позволяет полностью компенсировать падения индекса доходности и сохранить устойчивые финансовые показатели деятельности предприятия (рис. 5). А увеличение годовой производительности участка подземного выщелачивания до 350 тыс.т. позволяет даже поднять совокупный доход от освоения место-

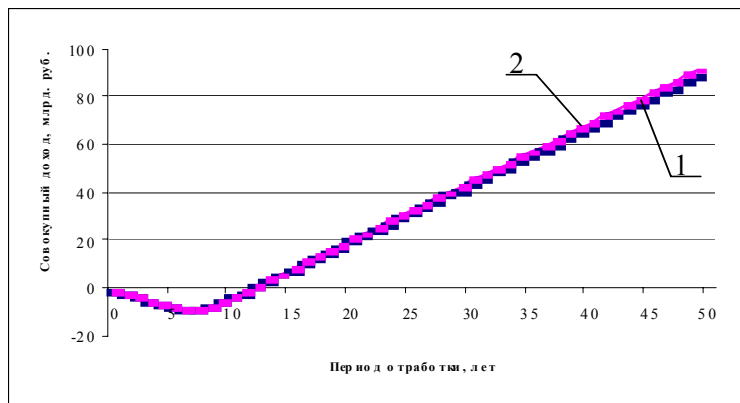


Рис. 6. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения при постоянном содержании по условной меди: 1 – валовая выемка; 2 – селективная выемка

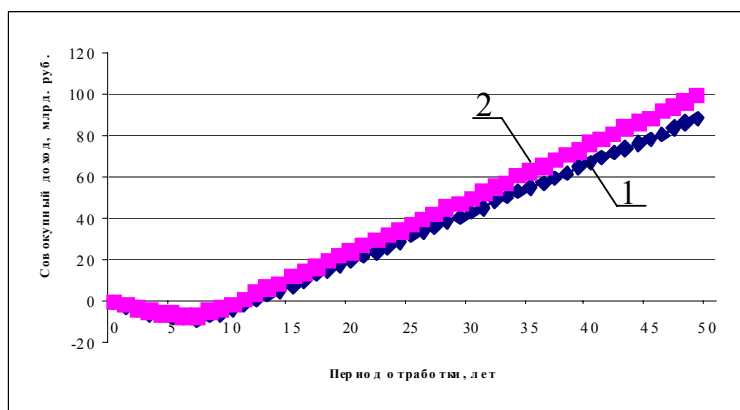


Рис. 7. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения при постоянном содержании по условной меди и селективной выемки с применением цементной закладки (1) и на основе известии(2)

рождения на 7,6 % по сравнению с базовым вариантом не предполагающим падения цен.

Сравнение способа выемки руды при подземной разработке запасов месторождения камерными системами с закладкой в случае наличия разнорудных руд показало, что применение селективной выемки с разделением рудопотоков на 2 сорта, несмотря на удорожание затрат на 15 % по сравнению с валовой выемкой, позволяет повысить совокупный

доход от освоения месторождения на 4,6% (рис. 6).

Применение при селективной выемке для закладки выработанного пространства твердеющей смеси на основе извести и отходов выщелачивания влечет дополнительное увеличение доходности предприятия на 25% за счет удешевления стоимости возведения закладочного массива и получения дополнительной товарной продукции при выщелачивании отходов обогащения в выработан-

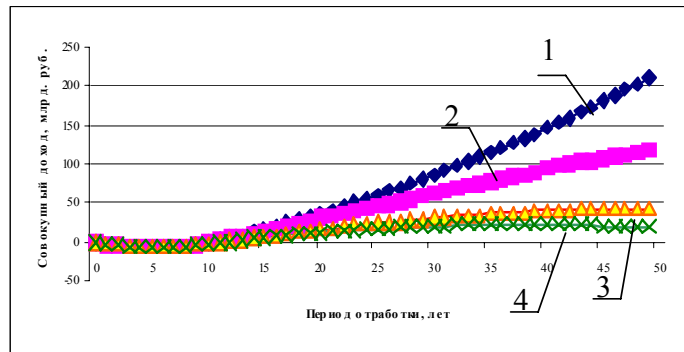


Рис. 8. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения при равномерном изменении содержания условной меди по глубине селективной выемки и предлагаемой закладки: 1, 2 – от 1,82 до 3,5 % и соответственно росте и падении цены от 7 до 7,5 \$/кг и от 7 до 4,5 \$/кг; 3, 4 – от 3,5 до 1,82 и соответственно росте и падении цены от 7 до 7,5 \$/кг и от 7 до 4,5 \$/кг

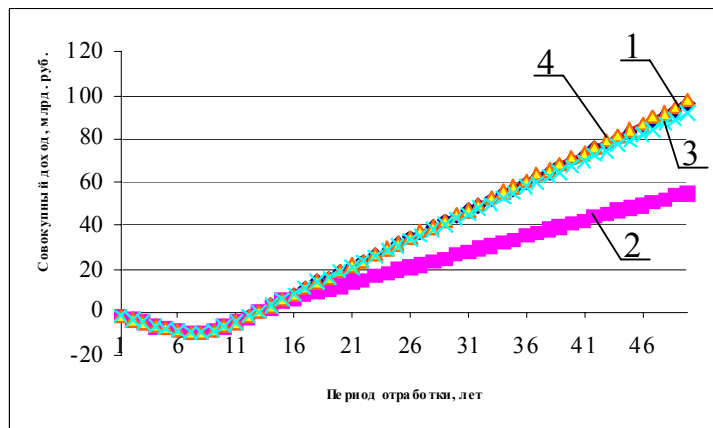


Рис. 9. Динамика финансовых потоков при освоении Ново-Учалинского месторождения: 1 - при содержании условной меди 2,5% и падении цены меди на 16г до 5\$/кг; 3, 4 – тоже но с переработкой некондиционных руд 200 и 300 тыс.т ПВ при падении цены

ном пространстве отработанного Учалинского карьера после полного завершения в нем горных работ.

Падение цены с 7000 до 4500 \$/т приводит к критическому уровню доходности освоения месторождения даже в случае возрастания содержания условной меди по глубине месторождения до 3,5 %. В то время как сохранение биржевой стоимости металла на уровне 7000 \$/т, или ее повышение до 7500 \$/т, обеспечивают рентабельную отработку

запасов месторождения даже в случае снижения по глубине месторождения содержания металлов в руде по условной меди от 3,5 до 1,82 %.

Дополнительное вовлечение в разработку методом подземного выщелачивания залежей некондиционных руд в объеме 200 или 300 тыс. т. руды в год позволяет повысить общий совокупный доход от освоения месторождения соответственно на 25 и 35 %, доведя его до исходного уровня при цене меди 7000

\$/т и содержании полезных компонентов 3,5 % по условной меди.

Таким образом, исследованиями доказана возможность обеспечения устойчивой финансовой деятельности предприятия с сохранением уровня доходности освоения месторождения в случае снижения содержания цветных металлов по глубине и падения их биржевой цены за счет внедрения физико-химической технологии. Существенным механизмом обеспечения стабильных финансовых показателей при неподтверждении геологических данных по содержанию цветных металлов и неблагоприятном

изменении конъюнктуры рынка является заблаговременная подготовка залежей некондиционных руд к подземному выщелачиванию полезных компонентов на месте залегания. При относительно невысоких показателях извлечения технология подземного выщелачивания позволяет сохранить требуемый уровень доходности предприятия за счет получения дополнительной товарной металлической продукции при относительно невысоких затратах на реализации технологии в условиях действующего рудника с развитой сетью подземных выработок. **ТАБ**

Коротко об авторах

Абрахманов И.А. – Учалинский ГОК,

Милкин Д.А. – Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 17 симпозиума «Неделя горняка-2007».

Рецензент - р техн. наук, проф. *Е.В. Кузьмин*.



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ им. Г.В. ПЛЕХАНОВА			
ПОНУРОВА Ирина Константиновна	Защита природной среды на основе рациональной технологии консервации отходов обогащения на Михайловском ГОКе	25.00.36	к.т.н.