

Министерство природных ресурсов и экологии РФ
Федеральное агентство по недропользованию
Российская Академия наук

КРУГЛЫЙ СТОЛ

Инновационные направления развития
минерально-сырьевого комплекса России



22-23 октября 2009 г.,
С.-Петербург, ВСЕГЕИ

В Санкт-Петербурге с 22 по 23 октября 2009 года в Большом зале Ученого Совета Всероссийского научно-исследовательского геологического института им.А.П.Карпинского /ВСЕГЕИ/ прошло заседание круглого стола

"Инновационные направления развития минерально-сырьевого комплекса России".

Актуальность проведения Круглого стола определилась тем обстоятельством, что минеральные ресурсы в России представляют собой важнейший фактор развития и размещения производительных сил, формирования бюджетов и, как результат, благополучия населения страны, а использование современных механизмов государственного регулирования и инновационных технологий в освоении и воспроизводстве минерально-сырьевой базы обеспечивает конкурентоспособность национальной экономики.

Тематика благородных металлов в ходе Круглого стола была затронута в докладах специалистов Федерального агентства по недропользованию [Роснедра], ВСЕГЕИ (филиал г.Москва), Магаданнедра, ЦНИГРИ, ЗАО "Полюс", ООО "Геопоиск" (Екатеринбург), ООО "Нафта Металл".

Концепция освоения новых центров экономического роста в современных условиях на примере Яно-Колымской золоторудной провинции.

Б.К. Михайлов, А.И. Некрасов (Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), Москва), С.А. Кимельман (Московский филиал ФГУП "ВСЕГЕИ", Москва), С.Б. Михайлов (Магаданнедра, Магадан)

Работа по постепенному приближению к планированию геологоразведочных работ и объектов лицензирования на этой основе проводится Роснедрами, начиная с 2004 года. Примеры по некоторым из перспективных районов будут озвучены сегодня и завтра на секционных докладах. В данном сообщении в качестве ЦЭР рассматривается Яно-Колымская золоторудная провинция как наиболее яркий пример того, как депрессивный, дотационный регион, находящийся на пике спада производства может получить вторую жизнь за относительно короткий исторический срок при вполне приемлемом уровне затрат как государства, так и частных инвесторов.

Представления о Яно-Колымской золоторудной провинции, как перспективном центре экономического роста оформились в результате десятилетних исследований этой территории, направленных на обоснование ее уникальности в качестве рудного металлогенического таксона. За это время Роснедрами подготовлены убедительные геологические и экономические доказательства в пользу широкого распространения в ее пределах крупнотоннажных месторождений, являющихся основным продуцентом золота в Мире. Провинция характеризуется сближенным, компактным расположением разноранговых золоторудных месторождений и единством инфраструктуры, обеспеченной трассой "Колыма" и ЛЭП от Колымской ГЭС.

Известно, что работы на площади провинции ведутся с 30-х годов, как известно и то, что продолжительное время они были ориентированы на создание МСБ и добычу россыпного золота. За 80 лет интенсивной эксплуатации россыпных месторождений здесь было получено около 3000 тонн металла. За этим районом прочно закрепилось название "валютного цеха" страны – в отдельные годы добыча превышала 100 тонн. Однако буквально за несколько последних лет с первых позиций этот перспективный регион

откатился на 5-6 место в стране – например, Магаданской области с 2002 года уровень золотодобычи сократился более чем вдвое.

В то же время, целенаправленная работа по обоснованию провинции и приросту ее золоторудного потенциала убедительно показала возможность резкого увеличения золотодобычи как на известных объектах-лидерах, так и вновь открываемых месторождениях. В частности, в результате переоценки и так крупного Наталкинского месторождения его запасы были увеличены практически на порядок. Это пример золоторудного гиганта с бедными рудами. Средние содержания в подобных объектах провинции, правда меньшего масштаба составляют 2-3 г/т. В месторождениях с богатыми и рядовыми рудами средние содержания составляют 5-25 г/т. Обычно это средние и мелкие объекты. Но сегодня с уверенностью можно сказать, что в ближайшие годы появятся и гигантские месторождения с такими богатыми рудами. Например, в Индигирском районе за счет средств федерального бюджета в нетрадиционной для Колымы структурной обстановке уже выявлен и оценивается крупнейший в России объект. Именно его открытие позволило во многом обосновать западное продолжение и замыкание Яно-Колымской провинции.

Расчеты показывают, что за 10-15 лет на Колыме может быть восстановлен и даже превышен прежний максимальный уровень золотодобычи, который будет поддерживаться в течении не менее 50 лет. Для региона – это единственный выход стать высокодоходной и процветающей экономической зоной. По разным оценкам минерально-сырьевой потенциал рудного золота провинции может составить от 5 до 8,5 тыс. тонн., остаточный потенциал россыпного золота – до 500 тонн. Представляется, что даже эта оценка, в части рудного золота занижена, о чем свидетельствуют результаты ГРР последних лет.

Постановка задачи обоснования провинции находилась в плоскости принятия управленческих и корреспондирующих с ними законодательных решений о приоритетном социально-экономическом развитии провинции.

Алгоритм выделения Яно-Колымского ЦЭРа определялся сочетанием несколько ключевых положений:

- наличием многопрофильного минерагенического потенциала и возможности его существенного наращивания, обусловленного особенностями геологического строения и металлогении региона;
- дотационной экономикой, обуславливающей главную задачу ускоренного развития ЦЭР
- обеспечение длительного и устойчивого роста с конечной целью превращения в регион-донор;

- геолого-экономическим и социально-экономическим обоснованием принципиальной возможности бездотационной экономики при реализации проекта развития ЦЭР;
- финансовым обеспечением развития ЦЭР, на порядок меньшим, чем в осуществляемых в настоящее время мегапроектах;
- принципиальной возможностью инфраструктурных преобразований в регионе за период времени, соответствующий действующим общегосударственным программам перспективного развития (до 2020 г. и до 2025 г.);
- возможностью существенного увеличения инвестиционной привлекательности объектов минерально-сырьевой базы и инфраструктуры ЦЭР.

Основная цель локализации провинции – обоснование длительного, устойчивого, бездотационного социально-экономического развития двух крупных регионов России – Республики Саха (Якутия) и Магаданской области.

При этом, предусматривалось последовательное решение следующих задач:

- 1. – обоснование перспективного центра экономического роста на основе анализа геополитической значимости региона, минерагенического районирования, возможности наращивания минерально-сырьевого потенциала, социально-экономического эффекта развития региона на базе горнорудной промышленности.**
- 2. – обеспечение роста минерально-сырьевого потенциала до уровня необходимого для устойчивого экономического развития;**
- 3. – обеспечение развития инфраструктур: энергетической, транспортной, промышленной, социальной.**

Для решения первой задачи был разработан минимально оптимальный сценарий развития бездотационной экономики региона на базе роста золотодобывающей промышленности. Достижение необходимого уровня ежегодного производства в 100-120 т к 2024 г предполагает последовательный ввод в эксплуатацию объектов. Последовательность ввода объектов определялась степенью подготовленности запасов промышленных категорий и прогнозных ресурсов высоких категорий. Наиболее подготовленными к 2006 г. являлись **объекты Магаданской части Яно-Колымской провинции – месторождения Наталка, Дегдекан, Родионовское и др.**

К 2020 г, по мере истощения запасов части этих объектов, наращивание уровня производства предполагается за счет объектов **Индибирского рудного района – Дrajного, Левобережного, Базовского, Удунинского и др.** и на последнем этапе – за счет **объектов Адычанского района** – в настоящее время наименее подготовленных.

Вторая задача. При совокупных целенаправленных затратах государства и частного бизнеса в 14 млрд.руб. за шестилетний период (включая планируемые в 2010-2011 гг.) со времени выделения этого ЦЭР достигнуты следующие показатели прироста запасов и локализации прогнозных ресурсов высоких категорий.

- Увеличены запасы золотых руд провинции на величину более 2000 т.
- Ресурсы высоких категорий – на более чем 2100 т.
- Дополнительно локализованы ресурсы высоких категорий серебра –17 тыс. т; сурьмы – 100 тыс. т, олова – 100 тыс. т, а так же – свинца, цинка, вольфрама.
- Общий золоторудный потенциал провинции с учетом остаточного потенциала россыпного золота к 2012 г превысит 6000 т.

Уровень ежегодного производства и общая ценность недр провинции предполагают достижение следующих основных социально-экономических показателей: вложение в геологоразведочные работы – около 30 млрд.руб.; прирост прогнозных ресурсов высоких категорий и запасов – до 9000 т; уровень годовой добычи – 100-120 т; выход на максимальный годовой уровень добычи – к 2024-26 гг.

Капитальные вложения – около 60 млрд.руб.; рост валового регионального продукта при увеличении производства на 1 тонну золота – 120–150 млн.руб. (отсюда соответствующее увеличение доходов государства и частных инвесторов); обеспечение дополнительной занятости населения с учетом мультипликативного эффекта развития промышленности - 100–130 тыс.чел.; увеличение среднегодового социально-экономического потенциала до 14 млрд.руб. (с соответствующими показателями изменения уровня жизни).

Общее увеличение социально-экономического потенциала по субъектам, участвующим в освоении Яно-Колымской провинции предполагается в объеме от 220% до 450%. Извлекаемая ценность возрастет с 10 до 42 млрд.долл. США по Магаданской области и с 10 до 20 млрд. – по Якутии. Следует отметить, что расчеты произведены исключительно на основе золоторудного потенциала провинции, без учета развития на базе создания инфраструктуры провинции серебряной, оловянной, сурьмяной, вольфрамовой подотраслей горнорудной промышленности. Потенциал этих видов минерального сырья в регионе также имеет общероссийское значение.

Экономическая эффективность ускоренного освоения провинции будет заключаться в увеличении уровня добычи, применении инновационных технологий, строительстве объектов инфраструктуры.

Решение третьей – инфраструктурной задачи в период после обоснования Яно-Колымской провинции в качестве перспективного ЦЭР носило фрагментарный характер, Тем не менее, в 2009 г было открыто круглогодичное сообщение по автомобильной федеральной трассе "Колыма", в 2007 г закончено строительство первого в России завода по глубокой переработке золото-сурьмяных руд.

К настоящему времени назрела необходимость разработки комплексной подпрограммы развития провинции на период до 2025 г, которая являлась бы частью "Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока, Республики Бурятия, Забайкальского края и Иркутской области на период до 2025 г.", принятой Минрегионразвития. Обсуждение концептуальных пунктов такой программы состоялось 28 июня в г.Якутске на совместном совещании руководителей Республики Саха (Якутия) и Магаданской области. Общие положения, которые должны лечь в основу программы, сводятся к распределению основных задач между государством и частными инвесторами при использовании отношений частно-государственного партнерства.

Задачи государства сводятся к следующему:

1. Создание современных среднемасштабных геологических основ, как фундамента недропользования на всю площадь провинции, проведение глубинного сейсмозондирования вдоль трассы "Колыма", наращивание ресурсного потенциала провинции с подготовкой площадей для лицензирования.
2. Включение Яно-Колымской провинции в единую транспортную систему России, что предполагает: завершение строительства Амуро-Якутской ж/д магистрали к 2012 г; реконструкции федеральной автотрассы "Колыма". Для развития собственно Яно-Колымского ЦЭР это необходимая и достаточная основа, наряду с региональной энергетической системой, базирующейся на Колымской ГЭС и Аркагалинской ГРЭС.

Кроме того, реконструкция трассы "Колыма" позволит также дополнительно вовлечь в освоение объекты инфраструктурно не связанные с Яно-Колымской провинцией: золото-рудный гигант – Нежданинское месторождение и серебро-полиметаллическое Верхнее-Менкеченское месторождение; строительство федеральной трассы "Яна" (от трассы "Колыма на север к Депутатскому оловорудному месторождению и далее до

пос.Белая Гора)" для будущего вовлечения в эксплуатацию золоторудных, золото-сурьмяных и олово-серебро-полиметаллических объектов северо-западной части Яно-Колымской провинции, а также для создания предпосылок для развития промышленности на базе сереборудных месторождений Западно-Верхоянской провинции, оловорудных и олово-полиметаллических месторождений Северо-Янского геолого-экономического района, оценки перспектив нефтегазоносности Приморской и Индигиро-Зырянской низменностей.

3. Включение Яно-Колымской провинции в единую энергосистему России путем строительства ЛЭП-500 вдоль федеральных трасс.

Частно-государственное партнерство может решать такие задачи как: обеспечение энергетической независимости региона (строительство Джебарики-Хаинской ГРЭС, Среднеканской ГЭС, мини АЭС; создание управляющей компании по вводу в эксплуатацию первоочередных объектов минерально-сырьевой базы; строительство объектов социальной инфраструктуры.

Частные инвесторы должны взять на себя обязательства по: капитальным вложениям на строительство, ввод в действие и вывод на проектную мощность предприятий добывающей и перерабатывающей промышленности; внедрению инновационных технологий добычи и переработки руд; обеспечение подключения предприятий к федеральным транспортным и энергетическим сетям; социальной ответственности по занятости и уровню жизни населения, строительству объектов социальной инфраструктуры; налоговой ответственность, выраженную в обеспечении бездотационного развития региона.

Разработка программы развития Яно-Колымской провинции необходима в ближайшее время, также как и для других жизненно важных для России ЦЭР.

Реализация подобных проектов, подобных Яно-Колымскому, позволят сконцентрировать добычу по отдельным видам ликвидного дефицитного минерального сырья на строго ограниченных площадях:

Северо-Кавказская провинция – полиметаллы, титан, цирконий, рудное золото и неметаллы;

Восточно-Саянская провинция – никель, МПГ;

Восточно-Забайкальская провинция – уран, сурьма, золото, плавиновый шпат;

Западно-Верхоянская провинция – серебро;

Чукотская провинция – золото, серебро.

Примеры можно продолжить, но это выходит за рамки данного сообщения.

Программно-целевая система прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов РФ.

*Б.И. Беневольский, С.С. Вартамян, А.И.Кривцов, И.Ф. Мигачев (ФГУП "ЦНИГРИ", Москва),
Б.К. Михайлов (Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), Москва)*

Программно-целевая система прогноза и воспроизводства МСБ (далее Система) создавалась ЦНИГРИ по мере адаптации научных исследований и геологоразведочного процесса к современному правовому полю недропользования, организационным и структурным перестройкам геологической службы в тесном сотрудничестве с работниками Управления геологии твердых полезных ископаемых Роснедра. Базовая основа системы – оценка устойчивости отечественной минерально-сырьевой безопасности в глобализируемом мире, подверженном острым кризисам, выявление угрожающих факторов и разработка мер, обеспечивающих снижение уровня сырьевых угроз. Эти задачи имеют наибольшую остроту для высоколиквидных полезных ископаемых – благородных (золото, серебро, платиноиды) и цветных (никель, кобальт, медь, свинец и цинк) металлов, для которых и разрабатывалась настоящая система.

Система объединяет девять блоков (см.рисунок), отражающих оптимизированную структуру управления использованием и воспроизводством МСБ, а также организацию и стадийность геологоразведочного процесса, реализуемого с использованием инновационных технологий.

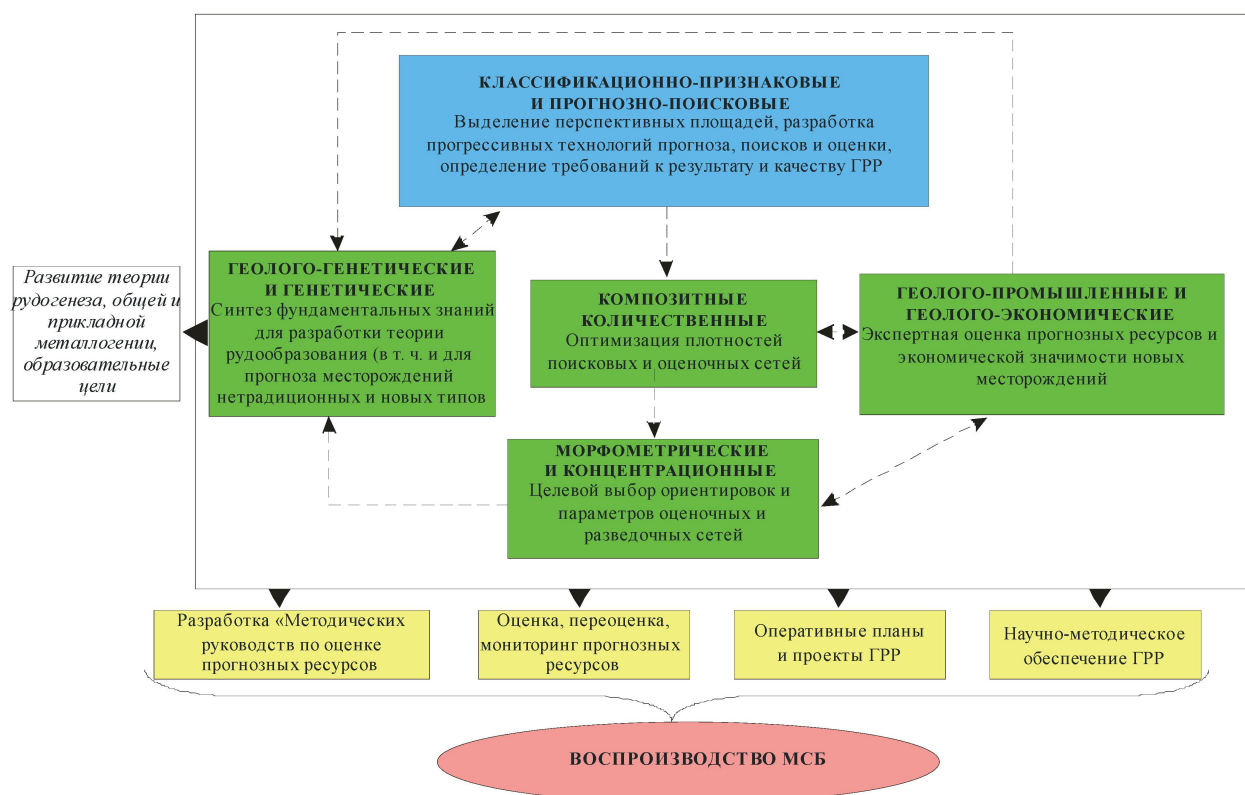


Рис. Системы моделей месторождений благородных и цветных металлов

Научное обоснование системы состоит из комплекта моделей месторождений и методических руководств по оценке прогнозных ресурсов. Соответствующие работы способствуют развитию теории рудогенеза, общей и прикладной металлогении. Они также обеспечивают профессиональную информационную преемственность, образование и обучение. Материалы этих блоков, содержащих анализ состояния МСБ, используются для оценки (переоценки) и мониторинга прогнозных ресурсов – основы для оценки положения отечественной сырьевой базы в текущем и перспективном мировом минерально-сырьевом обеспечении и при прогнозах ее развития.

Аналитические построения используются для разработки среднесрочных и долгосрочных программ воспроизводства МСБ, которые открывают блоки реализации системы. Программные мероприятия конкретизируются в оперативные планы и проекты геолого-разведочных работ (ГРР), формирующиеся и реализуемые при научно-методическом сопровождении и обеспечении проектов ГРР, создаваемых на основе инновационных технологий. Конечные результаты реализации системы выражаются воспроизводством МСБ и формированием фонда недропользования для прироста запасов.

Система моделей месторождений, разработанная для всех базовых их типов, по содержанию и назначению разделяются на геолого-генетические и генетические, классификационно-признаковые и прогнозно-поисковые, композитные количественные, морфометрические и концентрационные, геолого-экономические. Модельный ряд месторождений позволяет синтезировать накопленные фундаментальные знания для развития теории рудообразования, прогноза месторождений нетрадиционных и новых типов, выявлять перспективные площади и разрабатывать прогрессивные технологии ведения поисков и оценки месторождений на основе соответствия методов ГРР и элементов моделей, оптимизировать плотность сетей поисковых и оценочных наблюдений, давать экспрессные оценки экономической значимости новых месторождений.

Методические руководства по оценке прогнозных ресурсов, учитывающие комплекс признаков месторождений из системы моделей, имеющих различное выражение в разноранговых металлогенических таксонах, позволяют вычленять в геологическом пространстве потенциально рудоносные участки, исключать из прогнозно-поискового освоения бесперспективные площади, осуществлять предпроектную оценку прогнозных ресурсов и определять приоритетность поискового освоения. Модели месторождений и методические руководства служат научной и нормативно-методической базой для

периодических оценок (переоценок) прогнозных ресурсов и их мониторинга, что позволяет определять текущее и перспективное состояние МСБ в масштабах всей страны и ее регионов.

Главный результат реализации управляющей системы – воспроизводство сырьевой базы и формирование фонда недропользования для прироста запасов. При этом федеральный бюджет принимает на себя риски ранних стадий ГРР, а оценка и разведка месторождений осуществляется за счет внебюджетных источников. Внедрение программно-целевого подхода, наряду с другими управленческими мерами, позволило переломить негативные процессы в развитии МСБ, увеличить ресурсную базу благородных и цветных металлов, а также и других полезных ископаемых.

II

Переоценка золоторудного месторождения Сухой Лог на основе инновационных технологий

И.Ф. Мигачев, И.А. Карпенко, Н.Г. Петраш, Д.А. Куликов (ФГУП "ЦНИГРИ", Москва)

С 2005 по 2008 гг. ФГУП ЦНИГРИ по заданию Роснедра выполнена комплексная геолого-экономическая переоценка месторождения Сухой Лог.

Материалы по переоценке месторождения Сухой Лог представлены "ТЭО освоения и разведочных кондиций" (ТЭО-2007 г), "Отчетом с подсчетом запасов по месторождению Сухой Лог по состоянию на 01.06.2007 г.", "ТЭО промышленного освоения месторождения Сухой Лог с определением условий лицензирования" (ТЭО-2008 г).

В современном виде месторождение Сухой Лог предстает крупнейшим в мире из числа собственно золоторудных месторождений и обладает хорошими перспективами расширения масштабов за счет реализации прогнозных ресурсов, рекомендованных решений по разработке и технологии переработки руд.

Основная задача выполненных работ – определение современной рыночной стоимости месторождения, запасов, ресурсов и условий недропользования на основе разработки инновационных технологий. К числу инноваций, разработанных и использованных при переоценке месторождения, относятся следующие.

1. Сформированы современная полная электронная цифровая и графическая базы данных, включающие информацию за весь период изучения месторождения и рудного поля (943 разведочных выработки, 102 502 рядовых проб).
2. Установлено, что золоторудная минерализация, включая промышленные ее концентрации, охватывает более широкий стратиграфический интервал разреза, а все выявленное оруденение, расположенное в пределах ядерной части и крыльях опрокинутой асимметричной антиклинальной складки и представленное 4-мя участками, является единым месторождением.
3. Уточнение факторов контроля и условий локализации золотого оруденения в стратиграфическом разрезе, выявление зональности в распределении золоторудной минерализации позволило обосновать новую геолого-структурную модель месторождения и рудного поля, выделить и геометризовать сорта руд, создать принципиально новое геологическое обоснование подсчета запасов.
4. Разработка новой для данного типа месторождений методики подсчета запасов, позволила подсчитать запасы для селективной выемки руд по сортам, сократить объем руды и повысить содержанием в ней золота на 14% в сравнении с традиционным подсчетом запасов "на массу".
5. Обоснованы решения по отработке всех подсчитанных геологических запасов месторождения комбинированным способом – открытым и подземным.
6. Обосновано поэтапное развитие открытых горных работ, что сокращает объемы работ первого периода освоения по вскрытию месторождения на 15-25%.
7. Обоснована возможность и экономическая целесообразность селективной выемки запасов по сортам руд – рядовых руд при бортовом содержании золота 1,5 г/т; бедных – при бортовом содержании 0,5 г/т; убогих – при бортовом содержании – 0,2 г/т.
8. Для транспортировки сортов руд предусматривается ЦПТ (циклично-поточная технология) с выдачей каждого сорта по отдельным конвейерным линиям. Внедрение ЦПТ позволит сократить расстояние транспортировки примерно на 30%, количество большегрузного автотранспорта, ГСМ, персонала и др. затраты с соответствующей экономической выгодой.
9. Доказана возможность эффективной отработки запасов подземным способом с использованием производственной инфраструктуры, созданной при открытой отработке. Это открывает перспективы разведки глубокозалегающих запасов и ресурсов золотосодержащих руд, для которых обоснованы соответствующие временные

разведочные кондиции и количество которых при положительных результатах от реализации прогнозных ресурсов, может быть увеличено в 2–2,5 раза в сравнении с подсчитанными в настоящее время.

10. Впервые в практике геолого-экономической оценки и разработки золоторудных месторождений доказана высокая эффективность применения предварительного обогащения золотосодержащих руд методами фотометрической сепарации (ФМС). Эффективность ФМС доказана при испытании представительных крупнообъемных проб на промышленном серийно выпускаемом зарубежными фирмами сепараторе нового поколения. За счет высоких технологических показателей, достигнутых при ФМС, обеспечивается вывод в хвосты с отвальными содержаниями золота (0,4-0,2 г/т) от 46% до 70% горной массы.

11. Создана динамическая многовариантная геолого-экономическая модель месторождения, позволившая сопоставить параметры разработки, экономической, финансовой эффективности при различных сценариях реализации проекта и обосновать оптимальный. Экономически обоснованы преимущества варианта селективной добычи и переработки двух сортов руд – рядовых и бедных, рекомендованного в качестве оптимального.

12. В результате переоценки подсчитанные исполнителями и утвержденные ГКЗ Роснедра балансовые запасы золота на месторождении увеличились в 1,9 раза, а масштабы месторождения (запасы и ресурсы) – в 2,8 раза. Удельный вес месторождения Сухой Лог в государственном балансе возрос с 17,9% до 29,2% (по собственным коренным месторождениям). Впервые утверждены запасы серебра (1541 тонн).

13. Из собственно золоторудных месторождений Сухой Лог по результатам переоценки стало крупнейшим месторождением России и мира. Утвержденными запасами месторождение обеспечено на срок свыше 50 лет, в т.ч. запасами для открытой добычи – на 33 года. Согласно проекта предприятие при выходе на проектную мощность будет выпускать 57,8 тонн золота в год, что составляет 67% к уровню добычи в России в 2007 г из коренных месторождений и 40% из коренных и россыпных.

В этой связи месторождение должно рассматриваться как объект федерального значения, выполняющего задачу обеспечения устойчивой добычи золота на длительный (свыше 50 лет) период и пополнения золотовалютных резервов страны.

14. Материалы переоценки месторождения Сухой Лог (ТЭО освоения и разведочных кондиций и отчет с подсчетом запасов) прошли в установленном порядке

государственную экспертизу. Кондиции и запасы утверждены ГКЗ Роснедра 19.12.2007 г. Прогнозные ресурсы апробированы ФГУП ЦНИГРИ 04.07.2008 г.

15. На основании выполненной работы в 2008 г. разработано укрупненное ТЭО промышленного освоения месторождения Сухой Лог и проект условий недропользования.

Проект условий недропользования ориентирован в максимальной степени на привлечение к разработке месторождения высокотехнологичных организаций, обеспеченных квалифицированными кадрами специалистов и обладающих реальным опытом работы в горнодобывающих отраслях и способных решать серьезные социально-экономические проблемы развития региона.

Реализация новейших технических решений в проекте отработки Наталкинского золоторудного месторождения

Б.А. Захаров, В.Л. Соколов, М.К. Коренюк, Г.Р. Погосяни, Б.Т. Лукьянов, В.С. Маховер (ЗАО "Полюс", Москва)

Наталкинское золоторудное месторождение расположено в Тенькинском районе Магаданской области, в бассейнах реки Омчак и реки Интриган.

Ближайшим населенным пунктом является поселок Омчак, расположенный в долине р.Омчак, юго-восточнее месторождения. Районный центр пос.Усть-Омчуг, расположенный в 130 км юга – восточнее, связан с областным центром, г.Магаданом, грунтовой круглогодичной автомобильной дорогой протяженностью 262 км, по которой возможна доставка промышленных и продовольственных грузов.

Территория проектируемого объекта относится к области верховьев бассейна р.Колымы с характерным резко континентальным климатом, суровой снежной зимой и теплым коротким летом. В мерзлотно-гидрогеологическом отношении район работ расположен в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород.

В орографическом отношении Наталкинское месторождение можно определить как интенсивно расчлененное среднегорье с абсолютными высотами до 1306 м, расположенное в зоне сплошной многолетней мерзлоты.

Рудная залежь представляет собой минерализованную зону, пронизанную сетью кварцевых жил, линз, участков брекчирования. Руда представлена прокварцованными, карбонатизированными и серицитизированными углисто-глинистыми, туфогенно-глинистыми сланцами с прожилками золотосодержащего кварца и вкрапленностью сульфидов, среди которых преобладает арсенопирит и пирит. Золото в руде находится в свободном самородном состоянии (включения от 0,004 до 2,0 мм) или заключено в жильном кварце и арсенопирите (выделения от 5 до 200 мкм).

С 1945 г по 2004 г запасы месторождения обрабатывались подземным способом. За этот период пройдено более 500 км горных выработок и добыто более 24,2 млн.т руды. Общий объем отработки за весь период эксплуатации составил ~9,3 млн.м³. С 1990 г по 2004 г. на месторождении работал опытно-промышленный карьер производительностью 100–150 тыс.т руды в год. В 2004 г все добычные работы на руднике остановлены.

В результате проведенной доразведки флангов и глубоких горизонтов в период 2004-2006 гг. и подсчета запасов ГКЗ Роснедра утвердила балансовые запасы по категориям В+С₁+С₂ в объеме 846 751,2 тыс.т руды и 1 449,5 тонн золота при среднем его содержании 1,7 г/т и бортовом содержании 0,4 г/т для условий отработки их открытым способом.

ОАО "Полюс Золото" в сентябре 2007 г завершило международный аудит запасов крупнейшего в стране и третьего по величине в мире Наталкинского золоторудного месторождения. По итогам аудита запасов Наталкинского месторождения, общий объем доказанных и вероятных (Proved&Probable) резервов ОАО "Полюс Золото" составил 68,6 млн.унций (2,1 тыс.т). Аудит запасов, согласно требованиям международного кодекса JORC, был выполнен компанией MICON International Ltd. Согласно отчету аудиторов, P&P резервы Наталкинского месторождения составляют 40,8 млн.унций (1 270,6 т) золота при среднем содержании 1,13 г/т. В+С₁ было переведено в категорию P&P резервов по JORC, что является очень высоким показателем для таких уникальных месторождений, как Наталкинское.

По проекту строительства горнодобывающего и перерабатывающего предприятия, разрабатываемому ООО "Санкт-Петербургская горная проектно-инжиниринговая компания" ("ПитерГОРпроект"), ввод карьера по добыче руды осуществляется очередями:

- 10 млн.т в год – 2013 г.,
- 20 млн.т в год – 2017 г.,
- 40 млн.т в год – 2022 г.

Размеры карьера достигнут к концу отработки длины 4500 м, ширины 1500 м при глубине до 800 м.

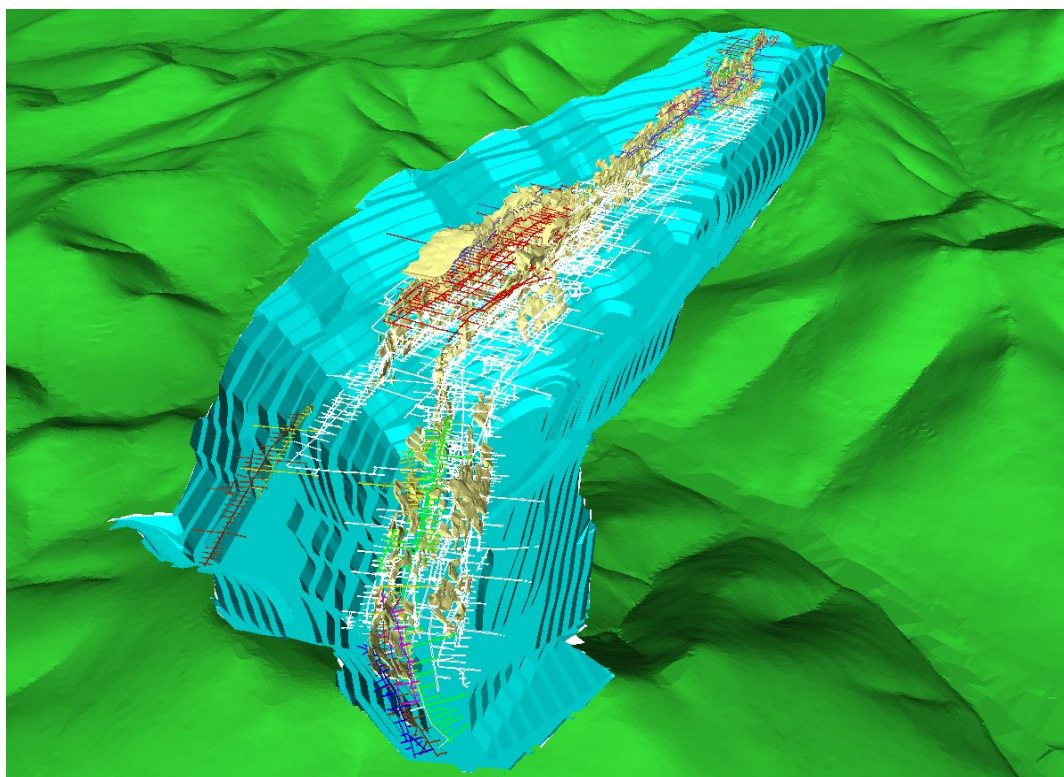
Масштаб месторождения, сложные горно-геологические условия и намечаемая годовая производительность по его отработке диктуют принятие неординарных технических решений, как в горном переделе, так и на золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ), а также при выборе обслуживающих производств и инфраструктуры предприятия.

Особенностью отработки Наталкинского месторождения является наличие горных выработок и пустот, ранее отработанных подземным рудником, при этом проектируемый карьер включает в себя все пространство подземного рудника. В специальном проекте разрабатывается особая технология ведения горных работ на участках месторождения, нарушенных подземными горными работами, обеспечивающая безопасность, как для людей, так и для технологического оборудования.

Среди многочисленных задач, решаемых в ходе проектирования карьера, можно выделить две ключевых задачи определяющих успех реализации проекта в целом. Это:

- поиск безопасной технологии открытой повторной отработки месторождения на участках нарушенного подземными работами массива, включающего протяженные и очистные подземные выработки, состояние которых на стадии проектирования может быть оценено только как вероятностное;

- поиск технологии транспортирования в больших объемах руды и породы на значительные расстояния, определяемые размерами карьера и рельефом местности, не позволяющем приблизить обогатительную фабрику и отвалы породы к карьеру.



По прогнозным расчетам этот объем пустот в большей части погашен за счет обрушений налегающих пород, которые на поверхности проявились в виде мульды сдвижения и провалов. Однако, часть пустот, достигающая, по некоторым оценкам, порядка 500 тыс.м³, остается непогашенной и будет представлять опасность возникновения провалов при ведении открытых горных работ. Кроме того, опасность для ведения открытых горных работ будут представлять сдвижения в подработанном массиве.

Технология безопасного ведения открытых горных работ, выделенная в специальный проект, базируется на современном представлении о деформации массива под влиянием подземной выемки и обобщает опыт совмещенной отработки различных месторождений.

В разработанном проекте, задача обеспечения безопасности работ имеет комплексное решение и реализует пять различных подходов:

1. Поэтапное определение границ опасных зон, по мере развития горных работ и накопления информации о подработанном массиве. При этом положение границы определяется с необходимой долей инженерного запаса, исключающего ведение любых видов горных работ в опасной зоне. Сначала, определяется расчетное положение границы опасной зоны, которое предшествует бурению скважин опережающей эксплуатационной разведки по основной сетке. Затем, смещение контура очистной подземной выработки уточняется по дополнительной сетке бурения опережающих разведочных скважин. На последнем этапе, при подходе горных работ к границе опасной зоны, отстроенной по результатам опережающей эксплуатационной разведки, производится бурение контрольных скважин, через которые осуществляется лазерное сканирование полости, и, исходя из ее размеров, принимается решение о погашении полости или переносе границы опасной зоны на нижележащие уступы.

2. Непрерывный инструментальный мониторинг поверхности в контуре карьера в пределах зоны сдвижения, что дает возможность своевременно отслеживать подход массива к критическим деформациям.

3. Выбор параметров системы разработки позволяющих минимизировать последствия сдвижения подработанного массива и оптимизировать шаг погашения пустот.

4. Выбор мобильного технологического оборудования, способного вести работы на сложном рельефе и в случае необходимости, быстро его отвести из опасной зоны.

5. Использование организационных мер безопасности, включающих мероприятия по безопасности, порядок и лиц ответственных за их проведение.

Для обеспечения значительных объемов добычи горной массы в горном производстве планируется применение оборудования большой единичной мощности, а также широкое использование циклично-поточных технологий (ЦПТ) для транспортирования руды на ЗИФ и вскрышных пород на отвалы.

Наличие подземных водоносных горизонтов ниже многолетнемерзлых пород определяет необходимость мероприятий по водозащите карьера, для чего строится комплекс подземных дренажных горных выработок. В разрабатываемом проекте предлагается ряд технических решений по совмещению функций дренажного комплекса с транспортом породы в отвал, которые при строительстве и эксплуатации предприятия значительно сократят как капитальные затраты, так и эксплуатационные расходы.

Задача транспортировки руды и породы из карьера, в разработанном проекте, решена с использованием циклично-поточных технологий (ЦПТ). Как показали расчеты, в условиях расположения Наталкинского месторождения, использование только автомобильного или железнодорожного транспорта не позволяет транспортировать горную массу в объеме необходимом для экономически эффективной работы предприятия. Отличительной особенностью, предложенного в проекте решения, является то, что конвейерные линии ЦПТ располагаются в наклонных стволах, одновременно служащих для вскрытия горизонтов дренажной шахты. А трассировка наклонных стволов выбрана таким образом, чтобы посредством коротких штолен иметь возможность выхода в карьер на различных высотных отметках, где устанавливаются полустационарные дробильные комплексы и далее руда транспортируется на фабрику, а порода в отвалы, где используются высокопроизводительные отвалообразователи.



Комплекс конвейерных и дренажных выработок представляет собой единую транспортную и вентиляционную сеть, включающей два наклонных конвейерных ствола для транспортирования породы на Северный и Южный отвалы, производительностью по 72 млн.т в год каждый, и рудный конвейерный ствол производительностью 40 млн.т в год.

Особенности обогащения и переработки бедных и упорных золотосодержащих руд можно проследить на примере принимаемых технических решений по проектируемой золотоизвлекательной фабрике.

Объемы добычи и переработки бедных золотоносных руд в России, на фоне сокращающейся добычи россыпного золота в последние годы растут практически в геометрической прогрессии. Повсеместно происходит доразведка и переутверждение запасов не только на разведанных, но и на уже отработываемых и даже ранее отработанных месторождениях, вовлекаются в переработку и хвосты обогащения, ранее считавшиеся не перспективными. Все это стало возможным по нескольким причинам. Основной является постоянно растущая цена на металл.

Экономически оправданными стали достаточно сложные и затратные технологии переработки бедных и упорных руд. К которым относятся тонкое (до 74 мкм) измельчение руд и промпродуктов, CIL и CIP процессы с последующим выделением металла по технологиям Zadra и AARL, переработка концентратов методами интенсивного цианирования, развитая гравитация с использованием центробежных концентраторов не только в циклах измельчения, но и флотации, концентрирование бедных золотосодержащих растворов с использованием сорбционно- и ионообменных технологий.

Как правило, бедные руды (к которым относится руда Наталкинского месторождения) характеризуются наличием в них основной массы металла в виде тонковкрапленных включений в основные и сопутствующие породы с размером менее 50 мкм. Зачастую частицы заключены в сопутствующие минералы и породы, которые значительно затрудняют их извлечение указанными методами, применяемыми для обогащения и извлечения тонковкрапленного золота. К таким минералам относятся пирит, пирротин, минералы меди – как первичные, так и окисленные, арсенопирит, антимонит, углистые минералы, обладающие сорбционной активностью, другие.

Само по себе наличие большей части металла в виде очень мелких частиц требует, при переработке первичных руд значительных затрат на измельчение, которые составляют до

половины всех энергозатрат на переработку. Если ранее при переработке золотоносных руд среднее энергопотребление колебалось от 20 кВт до 30 кВт на тонну, то сейчас встречаются случаи, когда этот показатель может превышать и 50 кВт на тонну. Значительно возрастают затраты на реагенты и вспомогательное оборудование без которого некоторые из указанных выше процессов неосуществимы, а так же увеличиваются затраты на утилизацию продуктов переработки, что связано как и с составом, так и с технологией переработки бедных и упорных руд.

Принимаемые при проектировании перерабатывающего предприятия на базе Наталкинского месторождения технические решения в полной мере учитывают современные тенденции и особенности обогащения и переработки бедных и упорных золотосодержащих руд и являются оптимальными в условиях значительного объема перерабатываемой руды с низким содержанием золота с экологической, технической и экономической точки зрения.



Разрабатываемая принципиальная схема переработки руды Наталкинского месторождения включает в себя следующие переделы:

- крупное дробление исходной руды с карьера крупностью -700 мм до куска крупностью -150 мм двумя конусными дробилками производительностью по 20 млн.т в год каждая;
- складирование крупнодробленной руды в 4 линии для обеспечения 4-х суточного запаса руды для 4-х секций ЗИФ производительностью 10 млн.т руды в год каждая;
- измельчение руды на мельницах МПСИ и МШР с частичной промежуточной гравитацией и переработкой гравикоонцентрата на установке интенсивного цианирования;
- флотационно-гравитационная переработка с выделением флотоконцентрата и его переработкой на установке интенсивного цианирования, и выделением промпродукта и хвостов флотации;
- цианидное выщелачивание по методу СІL гравитационных и обедненного флотационного концентратов;
- электролиз богатых цианидных растворов с последующей плавкой и получением готового продукта;
- сгущение и фильтрация хвостов цианидного выщелачивания;
- складирование хвостов обогащения в хвостохранилище, а хвостов цианирования на складе полусухого складирования.

Новейшими техническими решениями, разрабатываемыми в составе проекта отработки Наталкинского золоторудного месторождения являются:

- безопасная технология открытой повторной отработки месторождения на участках нарушенного подземными работами массива;
- технология транспортирования в больших объемах руды и породы на значительные расстояния, определяемые размерами карьера и рельефом местности;
- технология переработки значительного объема руды с низким содержанием золота.

Современные технологии извлечения золота из руд месторождения "Олимпиадинское"

В.К. Совмен, Е.И. Иванов, А.Л. Марьясов, М.Ю. Даннекер, З.П. Кузина, А.В. Белый, С.В. Дроздов, В.И. Иванов (ЗАО "Полюс", Москва)

Важнейшим источником производства золота в России являются золотосодержащие коренные руды, которые в настоящее время успешно перерабатывает Золотодобывающая компания "Полюс" и быстрыми темпами осваивает новые месторождения. Особого внимания заслуживает извлечение золота из первичных руд месторождения "Олимпиадинское", объем переработки которых в настоящее время достигает 8 млн тонн в год за счет ввода в эксплуатацию в 2007 году новой дополнительной ЗИФ по переработке первичных золото-мышьяксодержащих руд с проектной производительностью 5 млн тонн.

Сульфидные золото-мышьяксодержащие руды месторождения "Олимпиадинское" являются упорным технологическим сырьем для извлечения из них золота. Сульфидная минерализация руд представлена минералами: пирротином, арсенопиритом, пиритом, антимонитом, халькопиритом и другими. Соотношение присутствующих минералов в перерабатываемых рудах непостоянно. Содержание пирротина заметно преобладает как в рядовых рудах, так и бедных по содержанию золота. Золото в преобладающей части находится в виде тонкой ассоциации с сульфидами. Сульфиды же, в свою очередь, особенно арсенопирит, пирротин и антимонит, взаимопрорастают и присутствуют в рудах в виде тонких выделений во вмещающих породах. Упорность руд определяется наличием в рудах не только присутствием арсенопирита, пирита, но также сурьмы и кислотопотребляемых минералов пирротина, кальцита. Руда с таким сложным рудным составом перерабатывается на ЗИФ Олимпиадинского ГОК ЗАО "Полюс".

Для извлечения золота на ЗИФ Олимпиадинского ГОК (ОГОК) используются комбинированные технологические процессы, включающие использование методов механического обогащения на первой стадии переработки руды с выделением золота и сульфидных золотонесущих минералов в коллективный золотосодержащий концентрат. Принципиальная технологическая схема обогащения включает: дробление руды в щековой дробилке ШДП 15?21, измельчение дробленой руды в мельнице полусамозмельчения ММПС 7?7, надбугарный продукт после предварительного додрабливания в конусной дробилке (КМДТ-1750) поступает на 2-ю стадию измельчения в две шаровые мельницы с центральной разгрузкой (МШЦ 5,5?7,5). Подбугарные продукты мельниц объединяются и

направляются на классификацию в гидроциклонах 650 GVX. Слив гидроциклонов является питанием флотации, пески – возвращаются на доизмельчение во вторую стадию измельчения и являются циркуляционной нагрузкой. Для достижения проектной мощности ЗИФ для отделения рудоподготовки были разработаны и внедрены целый ряд мероприятий.

В циркуляционной нагрузке наблюдается повышенное содержание золота, которое истирается в процессе измельчения. В настоящее время внедряется гравитационное извлечение золота из отсеченной части песков гидроциклонов (30%) с использованием процесса центробежной концентрации, позволяющей извлечь в гравиоконцентрат до 23-25% металла, который на 60-70% представлен свободным золотом. Хвосты центробежного обогащения вместе с песками направляются на измельчение. Слив гидроциклонов поступает на флотационное обогащение. Процесс флотационного обогащения является основным способом извлечения золота из руды с получением хвостов, направляемых в хвостохранилище. В соответствии с технологией переработки руд внедрено гравитационное доизвлечение золота из хвостов сорбционного выщелачивания окисленного флотоконцентрата.

Флотационный концентрат (с выходом 3–5%) поступает в гидрометаллургическую операцию подготовки к сорбционному извлечению золота – бактериальное окисление (технология BIONORD®).

Процесс биоокисления концентрата ориентирован на уникальное соотношение сульфидных минералов в руде Олимпиадинского месторождения. Необходимо отметить высокое содержание карбонатной составляющей в руде и высокое содержание пирротина, а также присутствие сульфидов сурьмы. Это предъявляет особые требования к процессу биоокисления, особенностью протекания которого является быстрое окисление пирротина с выделением значительного количества тепла и интенсивного разогрева пульпы в биореакторах.

В настоящее время на ЗИФ в цехе БИО-1 работают пять линий по шесть реакторов, объемом 450 м³. В цехе БИО-2 работают три линии по шесть реакторов, объемом 1000 м³. Процесс биоокисления концентрата в линиях происходит в непрерывном режиме. Поток пульпы концентрата подается в 4 параллельно работающих реактора первой стадии биоокисления с последующей подачей объединенного потока пульпы в 2 последовательно работающих реактора второй и третьей стадий. Средняя производительность БИО-1 составляет 400 т/сутки, БИО-2 – 600 т/сутки. Время процесса 100–120 ч. Плотность

пульпы 170–200 г/л. Рабочая температура 38–40°C. Концентрация клеток в пульпе 3–5 г/л. В течение процесса биоокисления сульфидные минералы окисляются на 87%. При этом пирротин окисляется на 99%, арсенопирит окисляется на 95,4%, сульфиды сурьмы на 50%, пирит на 60%.

Для выхода на такие высокие показатели процесса биоокисления были отработаны технологические режимы и параметры процессов предварительной подготовки и биоокисления флотоконцентрата в зависимости от состава и соотношения входящих в концентрат сульфидных минералов и карбонатов.

За время применения биотехнологии в БИО-цехах ОГОК сложилась устойчивая ассоциация микроорганизмов со специфической структурно-функциональной организацией, активно окисляющая сульфидные минералы концентрата. Основу ее составляют микроорганизмы, обладающие железooksисляющей и сероокисляющей активностью. В состав сообщества входят бактерии родов *Leptospirillum* (окисляют Fe^{2+}), *Sulfobacillus* (окисляют Fe^{2+} , S^{2-}/S^0 и сульфидные минералы), археи рода *Ferroplasma* (окисляют Fe^{2+}).

Полученный биокек, поступающий на дальнейшую переработку, обычно содержит 3–10% элементной и 1–3% сульфидной серы. Наличие недоокисленных форм серы определяется сложным минералогическим составом руд Олимпиадинского месторождения. Выщелачивание золота из такого сырья обычно приводило к низким извлечениям золота на сорбент, значительным расходам цианида натрия, гашеной извести и получению катодного металла низкой пробы, требующего особого подхода при аффинаже. Для устранения вышеуказанных проблем и повышения извлечения золота специалистами ЗАО "Полус" было предложено и внедрено следующее технологическое решение. Отфильтрованный и распульпованный биокек перед сорбционным выщелачиванием подвергается предварительной обработке кислородом, который пропускается через керамический диспергатор. При этом рН жидкой фазы пульпы поддерживается на уровне 10–10,5. Насыщение жидкой фазы пульпы проводится до содержания растворенного кислорода 15–20 мг/л. При этом происходит быстрое окисление элементной и сульфидной серы до сульфатной и тиосульфатной форм. В течение операции предварительного окисления биокека происходит растворение золота образовавшимися тиосульфатами на 30–40% от исходного его содержания в твердой фазе. После предварительного окисления биокека кислородом и тиосульфатного выщелачивания золота в пульпу вводится цианид натрия для проведения СІР процесса. Извлечение золота в процессе сорбционного

выщелачивания на активированный уголь происходит за 35-45 часов и составляет 92-97% от исходного содержания в биокеке. В процессе сорбционного выщелачивания также используется кислород.

Высокое содержание золота в жидкой фазе пульпы при тиосульфатном выщелачивании и в начале сорбционного выщелачивания в цианидной среде, и определенное содержание активированного угля в пульпе создают необходимые условия для селективной сорбции золота особенно от никеля на активированном угле. Такой процесс позволяет существенно повысить качество катодного металла, содержание золота в котором достигает 86-93%. Остаточная концентрация золота в жидкой фазе хвостовых пульп сорбционного выщелачивания находится на уровне 0,03-0,06 мг/л.

Применение запатентованных гидрометаллургических приемов позволило из биокека Олимпиадинской ЗИФ получать стабильное извлечение золота на уровне 92-97% от операции сорбционного выщелачивания. Снизить расход цианида натрия на 15%. Обеспечить содержание золота в катодном осадке не менее 86%.

Таким образом, современной инновационной технологией переработки первичных золотосодержащих руд Олимпиадинского месторождения является комбинированная технология, включающая полностью все технологические циклы от получения концентрата, его биоокисления, сорбционного выщелачивания золота из биокека и получения слитка золота.

Лидерство в производстве золота в России и огромный опыт, полученный в процессе успешной промышленной реализации технологии переработки упорных сульфидных золотомышьяксодержащих руд месторождения "Олимпиадинское", позволяет ЗАО "Полус" уверенно позиционировать себя как компанию с большим инновационным потенциалом, способную также успешно разрабатывать и эксплуатировать новые науко- и капиталоемкие технологии при разработке других крупномасштабных золоторудных месторождений.

Переработка руд благородных и цветных металлов с использованием инновационных технологий

Г.В. Седельникова, А.И. Романчук (ФГУП "ЦНИГРИ", Москва)

В процессе поиска и оценки месторождений минерального сырья, в том числе стратегических и высоколиквидных твердых полезных ископаемых, возникает необходимость решения задач по оценке качества руд новых объектов недропользования. В связи с исчерпанием запасов относительно простых по вещественному составу и легкообогатимых руд, существенное значение приобретает проблема вовлечения в промышленную эксплуатацию бедных и труднообогатимых руд, при изучении которых необходимо применение новых инновационных технологий.

В настоящее время при технологической оценке руд разведываемых и подготавливаемых к освоению месторождений в ЦНИГРИ разрабатываются и применяются прогрессивные методики определения содержания благородных металлов и технологии их извлечения: фотометрическая сепарация, кучное выщелачивание, бактериальное окисление упорных концентратов, энергетическая обработка и др.

Методики определения достоверного содержания золота в рудах.

При опробовании рудных месторождений решается задача учета крупного золота, которое неравномерно распределяется в процессе сокращения геологических проб и отбора навесок для выполнения пробирных анализов (эффект самородка). Содержание золота в пробах руд обычно определяется традиционным пробирным методом. Для устранения влияния "эффекта самородка" в ЦНИГРИ разработана и применяется методика предварительного концентрирования свободного золота из укрупненных навесок.

Методика основана на гравитационном выделении свободного золота из измельченных проб руд в гравиоконцентрат небольшой массы, который полностью поступает на пробирный анализ. Хвосты гравитации характеризуются равномерным распределением золота, поэтому их пробоподготовка и анализ осуществляется традиционными методами. Содержание золота в исходной руде определяется по балансу. Применение методики гравитационного концентрирования позволяет исключить влияние "эффекта самородка" и существенно увеличить правильность определений.

Методика предварительного гравитационного концентрирования была рекомендована для применения при анализе геологических проб руд Наталкинского месторождения. По результатам доразведки месторождения с применением разработанной методики запасы золота были увеличены на 200 т.

С целью повышения достоверности аналитических данных по определению содержания благородных металлов в рудах разведываемых месторождений (золото, серебро и шесть платиновых металлов) в последние годы в ЦНИГРИ разработаны и метрологически аттестованы современные методики анализа, основанные на сочетании пробирного концентрирования из представительной навески (50 г) или химического вскрытия металлов (навеска 5-10 г) с последующим высокочувствительным определением содержания металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плавкой или рентгенофлуоресценции.

Кроме того в ЦНИГРИ разработана методика ускоренной пробирной низкотемпературной плавки с использованием высоко реакционной шихты для повышения полноты вскрытия металлов из трудноокисляемых руд (хромитов, высоко сульфидных, углеродистых и др.). Методики внедрены в практику массового анализа геологических проб и внешнего контроля в процессе ГРП на благородные металлы.

Технологическая оценка минерального сырья благородных и цветных металлов включает испытание различных методов его переработки: предварительной сортировки, гравитации, флотации, кучного и бактериального выщелачивания, цианирования и др.

Предварительное крупнокусковое обогащение методом фотометрической сепарации позволяет сократить объем руд, поступающих на фабрику за счет удаления пустой породы и значительно улучшить технико-экономические показатели их переработки.

В последние годы, благодаря развитию высокочувствительной цифровой фототехники и соответствующего программного обеспечения для компьютерной обработки изображений, появилось новое поколение высокопроизводительных фотометрических сепараторов группы компаний "ORTOSOFT" (Германия), которые позволяют осуществлять сепарацию руд крупностью от 300 до 2 мм.

В ЦНИГРИ впервые применительно к золотосодержащему сырью при переоценке крупнейшего золоторудного месторождения Сухой Лог, совместно с сотрудниками компании Alind (Германия) и ВИМС, выполнены исследования и разработана технология предварительного обогащения сульфидных углистых прожилково-вкрапленных золотосодержащих руд месторождения на установке модели "GemStar-600", предназначенной для сепарации руд классов крупности -30+1 мм.

В изученной руде золото тесно ассоциирует с пиритом. Это определило возможность высококачественной сортировки по отражательной способности кусков с включениями рудных сульфидных минералов от породы.

Результаты испытаний свидетельствуют о высокой эффективности разделения руд месторождения Сухой Лог. Бедная руда, содержащая 0,85 г/т золота обогащается до содержания 3,19 г/т (степень обогащения 3,75), выход ее составляет 20,5%, содержание золота в хвостах 0,24 г/т. Из более богатой (рядовой) руды с содержанием 3,05 г/т получен концентрат, содержащий 7,23 г/т золота при его извлечении 91,1% и выходе 38,4%. В результате фотометрической сепарации общая масса поступающей на глубокое обогащение руды снижается на 60-70% и содержание золота повышается в 2-3,5 раза. Таким образом, предварительная сортировка крупнокусковой руды позволяет существенно снизить капитальные затраты на строительство фабрики и радикально улучшить технико-экономические показатели отработки месторождений руд золота.

Положительный опыт применения предварительной фотометрической сепарации для обогащения руды месторождения Сухой Лог, был использован при разработке технологий фотометрической сепарации золотосодержащих руд различных технологических типов:

- кварцево-сульфидная руда с тонкозернистой сульфидной минерализацией;
- жильная золото-кварцевая руда;
- жильная золото-кварц-адуляровая руда;
- кварцево-сульфидная золото-медная руда с прожилково-вкрапленной пирротин-халькопирит-пиритовой минерализацией.

Выполненные исследования показали, что эффективность крупнокускового обогащения руд определяется их минеральным составом и характером присутствия в них благородных и цветных металлов. Получены положительные результаты по обогащению руд всех изученных типов, за исключением сульфидной руды с тонкозернистой рассеянной вкрапленностью сульфидов. Наиболее высокие показатели достигаются для руд, в которых золото концентрируется в относительно крупных гнездах и прожилках пирита.

Биогидрометаллургическая переработка упорных руд и концентратов основана на применении бактериального выщелачивания для вскрытия тонко вкрапленного в сульфиды золота и последующего извлечения его цианированием.

С целью повышения эффективности биогидрометаллургической технологии в ЦНИГРИ проводятся исследования в направлении повышения извлечения благородных металлов при одновременном сокращении продолжительности бактериального выщелачивания за

счет более полного окисления основных золотосодержащих сульфидов, в т.ч. наиболее упорного пирита.

Для бактериального окисления сульфидных концентратов рекомендуются ассоциации ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов, включающие умеренно-термофильные: *Acidithiobacillus*, *Leptospirillum*, *Sulfobacillus* и *Ferroplasma*. Установлено, что применение ассоциаций значительно повышает скорость и полноту окисления сульфидов и промежуточных продуктов.

Разработана двухстадиальная схема, основанная на различном температурном режиме бактериального выщелачивания сульфидных минералов, входящих в состав исследуемых концентратов. Определены оптимальные параметры и показатели процессов биоокисления и гидрометаллургической переработки продуктов окисления, осаждения мышьяка из бактериальных растворов и обезвреживания хвостов цианирования продуктов биоокисления.

Разработанные ЦНИГРИ технологические схемы и режимы биогидрометаллургической технологии проверены в непрерывном режиме применительно к концентратам различных месторождений. Во всех случаях продолжительность биовыщелачивания была существенно снижена со 120 до 90-70 часов по сравнению с ранее разработанной одностадиальной схемой. При этом степень окисления арсенопирита составила 98-99%, пирита – 70-83%. Извлечение золота в процессе сорбционного цианирования твердых продуктов биоокисления находилось на уровне 94-98%. В процессе биогидрометаллургической переработки мышьяк переводится в нетоксичные соединения, пригодные к складированию в хвостохранилище.

Энергетические воздействия – нетрадиционный метод дезинтеграции и вскрытия упорных руд на основе использования следующих видов обработки: ультразвуком, мощными электромагнитными импульсами, сверхвысокочастотным полем, облучение пучком ускоренных электронов и другие.

Технология с использованием электрофизических воздействий является экологически безопасной и энергосберегающей. Удельные энергетические затраты на обработку 1 тонны минерального сырья составляют от 0,1 до 3,0 кВт.ч.

И если раньше эти направления рассматривались как экзотические, то в связи с началом выпуска промышленных плазмотронов, линейных ускорителей, ультразвуковых генераторов можно говорить о реальном внедрении новых экологически безопасных технологий в процессах переработки труднообогатимых руд.

Опыт российских инновационных технологий в золотодобыче

Ю.В. Докукин (ООО "Геопроиск", Екатеринбург), А.Г. Самойлов (ООО "Нафта Металл", Москва)

Уникальная технология – способ подземного выщелачивания (СПВ) золота отмечает свой 15 летний юбилей. СПВ впервые он был успешно применен в мировой золотодобыче в 1994 г на Гагарском золоторудном месторождении в России (Свердловская область) золотодобывающей компанией "Артель старателей "Гагарка". Основываясь на полученном положительном опыте, СПВ эффективное развитие получил в Уральском регионе: работы успешно ведутся на нескольких месторождениях золота, суммарная накопленная добыча золота приближается к одной тонне:

Золоторудные месторождения, обрабатываемые СПВ

Месторождение	Начало работ	Тип месторождения	Содержание Au, г/т	Глубина отработки, м	Запасы Au, кг	Добыто Au, кг
Гагарское	1994 г.	окисленные руды в коре выветривания плагиогранитов и серицит-альбит-кварцевых метасоматитов	1–1,2	до 70	780	690
Маминское	2003 г.	окисленные руды в глинисто-щебенисто-дресвяной коре выветривания	0,5–0,6	40-45	233	70
Долгий Мыс	2003 г.	глинистая кора выветривания	0,5–0,6	до 120	1500	60
Верхотурское	2005 г.	окисленные руды в коре выветривания по гранитоидам	0,2–0,4	30-40	108	15 ОПЭ
Восточно-Семеновское	2005 г.	глинисто-щебнистая зона окисления колчеданного месторождения (Cu, Zn, Au)	1,5–1,7	40	414	50
Всего добыто Au способом ПВ в Уральском регионе:						835 кг

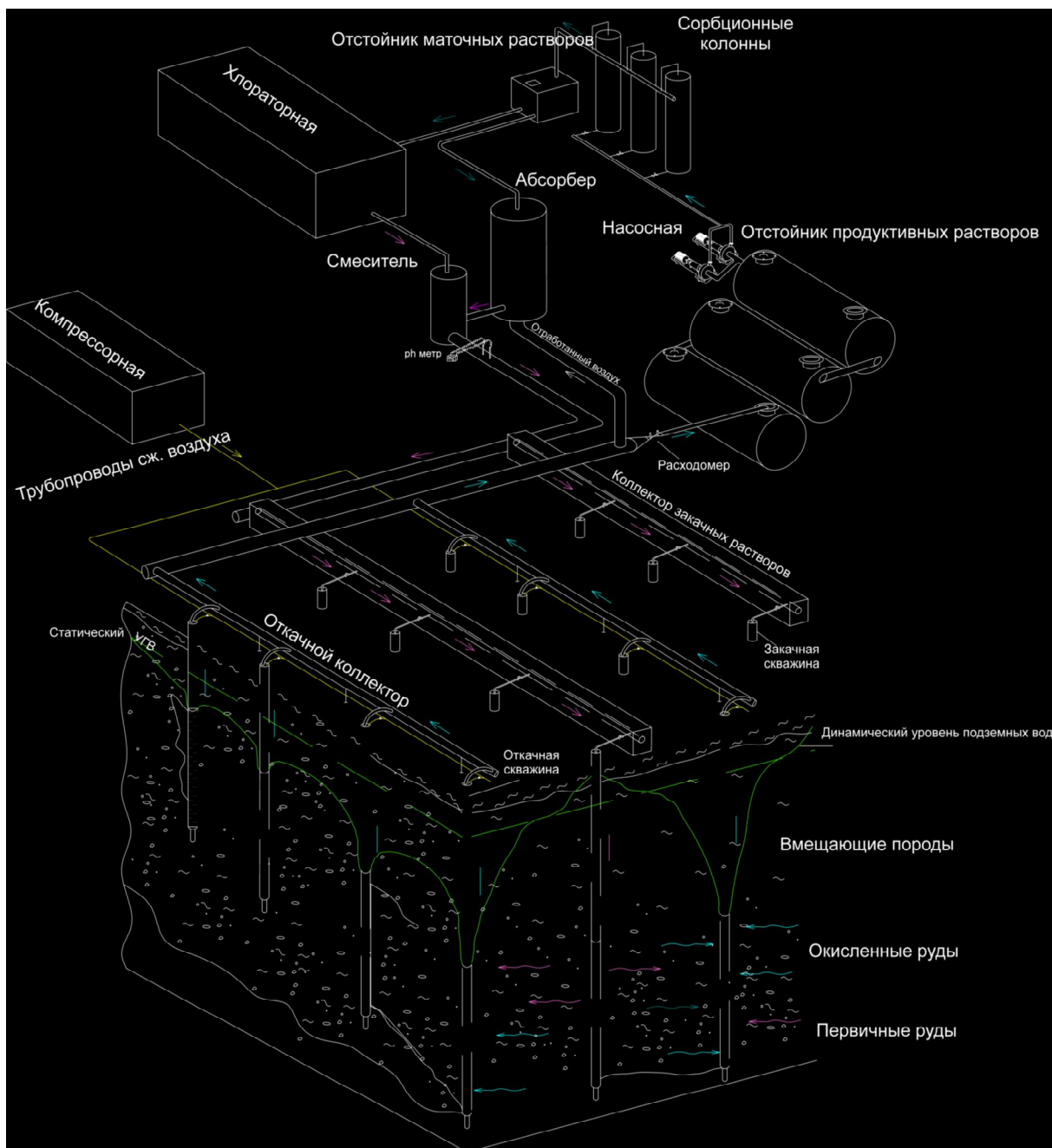
Принцип подземного выщелачивания в его классическом варианте достаточно прост. В рудном теле пробуривается несколько скважин. В одни из них (закачные) подается выщелачивающий раствор, а из других (откачных) извлекается продуктивный золотосодержащий раствор, который поступает на дальнейшую переработку, например, методом адсорбции на активированный уголь. В результате такого подхода создается возможность рентабельной отработки месторождений или отдельных их участков, отличающихся тяжелыми горно-геологическими условиями залегания, маломощных месторождений, месторождений с убогим содержанием золота в руде. Ряд факторов являющиеся отрицательными для традиционных горных производств (большая глубина залегания руд, высокая обводненность месторождения, низкие содержания, мелкое и "упорное" золото, забалансовые и маломощные рудные тела и др.) для СПВ золота не имеют принципиального значения.

Важно подчеркнуть, ПВ золота ведется без цианидов с использованием гидрохлоридной технологии, что позволяет обеспечивать экологическую безопасность работ.

В качестве растворителя на Уральских месторождениях применяется гипохлорит калия и натрия, гипохлорит получаемый методом электролиза, газообразный хлор [1]. Приготовление рабочего раствора ведется на месторождении с использованием подземных вод распространенных в контуре рудных тел. В целях упрощения процесса хлорирования предложено использовать для выщелачивания золота активный хлор, получаемый из гипохлорита кальция. Последний содержит 33,9% активного хлора и столь же эффективен, что и газообразный хлор, более безопасен.

Принципиальная технологическая схема отработки месторождения СПВ приведена на рисунке.

Главным условием подземного выщелачивания является обводненность месторождения – возможность подвода выщелачивающего реагента к руде и подъем продуктивных растворов на поверхность в количествах, обеспечивающих рентабельность процессов.



Достоинства способа ПВ золота подтвержденные многолетней практикой:

- высокая технологичность капитального строительства и основных производственных процессов;
- невысокие капитальные затраты на строительство рудника и низкие эксплуатационные расходы, что обеспечивает самую высокую рентабельность добычи золота в отрасли;
- круглогодичный режим работы рудника;
- дешевые и широко распространенные реагенты;
- мобильное и блочное исполнение основных переделов технологического комплекса;
- щадящее экологическое воздействие на окружающую среду (безцианидные растворы, отсутствие горных работ и вредных выбросов на рельеф и в воздух);
- малая удельная численность рабочего персонала.

Калькуляция себестоимости добычи грамма золота различными способами

(расчет проведен в долл. США)

№ п.п.	Вид затрат	Подземное выщелачивание (ПВ)		Кучное выщелачивание (КВ)		Сорбционная технология		Традиционный процесс	
		%	\$/г	%	\$/г	%	\$/г	%	\$/г
<u>КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ:</u>									
1.	Добыча руды ее дробление, измельчение и агломерация	–	–	37,5	2,61	34,1	2,95	32,1	3,10
2.	Бурение технологических скважин и их оборудование	33,8	1,63	–	–	–	–	–	–
3.	Устройство площадки для выщелачивания	–	–	9,9	0,69	–	–	–	–
4.	Техника для доставки руды и формирования кучи, обвязка скважинных полей	18,0	0,87	10,3	0,72	–	–	–	–
5.	Выщелачивание и сгущение	9,1	0,44	2,3	0,86	17,4	1,50	14,9	1,44
6.	Разделение твердой и жидкой фазы	–	–	–	–	–	–	15,3	1,48
7.	Осаждение и рафинирование золота	–	–	–	–	–	–	4,2	0,40
8.	Сорбция золота, регенерация сорбента и рафинирование золота	3,9	0,19	3,2	0,22	10,8	0,93	–	–
9.	Складирование хвостов	–	–	–	–	5,4	0,47	4,8	0,46
10.	Обезвреживание стоков	2,10	0,10	1,60	0,11	2,3	0,20	0,7	0,07
	Всего:	66,9	3,23	74,8	5,21	70,0	6,05	72,0	6,95
<u>ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ:</u>									
11.	Рабочая сила и обслуживание	18,0	0,87	16,4	1,14	16,1	1,39	15,8	1,53
12.	Реагенты и материалы	7,20	0,35	3,90	0,27	5,80	0,50	5,00	0,48
13.	Топливо – энергетические ресурсы	2,50	0,12	0,90	0,07	2,40	0,21	2,50	0,24
14.	Обезвреживание стоков	2,30	0,11	1,40	0,10	2,20	0,19	1,40	0,14
15.	Прочие	3,10	0,15	2,60	0,18	3,50	0,30	3,30	0,31
	Всего:	33,1	1,60	25,2	1,76	30,0	2,59	28,0	2,70
	ИТОГО:	100%	4,83	100%	6,97	100%	8,64	100%	9,65

Одним из существенных достоинств СПВ является то, что таким образом можно разрабатывать золоторудные объекты, которые по содержанию золота, глубине залегания руд (песков, хвостов и др.), технологическим свойствам руд и другим условиям не могут быть отработаны по классическим технологиям с экономически приемлемыми показателями. Как показал опыт, рентабельная разработка месторождений золота кор выветривания с содержаниями металла до 0,3-0,5 г/т возможна только способом ПВ. Не исключено применение ПВ и для отработки первичных руд, в первую очередь с низким содержанием металла. Применение ПВ в этом случае потребует предварительное рыхление руды под землей с применением ВВ. Предварительные проработки этого вопроса уже ведутся.

В социальном плане подземное выщелачивание несет с собой более высокую культуру производства. Технология ПВ реализуется с минимальным количеством механизмов и операторов. Земля не обезображивается карьерами, шахтами, отвалами пустой породы, забалансовых руд, шлаков, хвостохранилищами. Воздушный бассейн не загрязняется газами, а водоемы – промышленными стоками. Люди избавляются от опасного тяжелого труда под землей. Обслуживающий персонал имеет комфортные условия труда, отвечающие требованиям времени.

В настоящее время интерес к ПВ золота проявили золотодобывающие компании Сибири, Якутии, Монголии, Китая, Африканского континента.

Способ подземного выщелачивания является высокотехнологичным, характеризуется низкими (в 1,5–2 раза по сравнению с другими способами разработки) как капитальными, так и текущими удельными затратами, обеспечивает самую низкую себестоимость грамма золота в отрасли, экологичен и к настоящему времени уже получил признание. Так в последних Методических указаниях ГКЗ 2007 г ПВ рекомендовано для внедрения в практику для эксплуатации месторождений золота в корах выветривания.

Способ подземного выщелачивания относится к числу важнейших инновационных технологий в золотодобывающей промышленности и требует широкого и скорейшего внедрения в практику разработки технологически приемлемых для этого месторождений золота.

Анализ состояния и перспективы наращивания сырьевой базы алмазов Сибири

Н.П. Похиленко (ИГМ СО РАН, Новосибирск)

К настоящему времени выемка руды открытым способом завершена практически на всех крупнейших коренных месторождениях алмазов Республики Саха (Якутия), открытых в период 50-60-х годов прошлого века (за исключением трубки Удачная, отработка которой открытым способом также закончится в ближайшие 2-3 года). Несмотря на то, что общий срок обеспеченности запасами алмазных руд горнодобывающей промышленности составляет около 30 лет, здесь следует учитывать, что около 45% этих запасов – это глубокие горизонты выработанных трубок Мир, Удачная, Айхал, Интернациональная, и здесь требуются значительные инвестиции, что зачастую делает добычу алмазов нерентабельной. Значительная часть имеющихся запасов (около 30%) нерентабельна в существующих экономических условиях даже для открытой разработки.

Существенными резервами открытой отработки обладает крупнейшая по размерам в ЯАП трубка Юбилейная, вовлеченная в эксплуатацию в 1985 году, однако качество ее руды (около US\$45 на тонну) в сопоставлении с таковым для других месторождений (Интернациональная – >US\$1000/т; Мир – ~US\$450/т; Удачная – >US\$200/т) многократно хуже. Это обстоятельство делает нерентабельной последующую подземную отработку трубки Юбилейная.

Высоким качеством руды обладают недавно открытые трубки Накынского поля Ботуобинская и Нюрбинская (до US\$700/т), однако они имеют сравнительно небольшие размеры, к тому же перекрыты достаточно мощным (70-90 м) слоем осадочных пород. Следствием этих обстоятельств явилось решение АК "АЛРОСА" обрабатывать трубку Ботуобинская подземным способом, а объем выемки открытым способом кимберлитов трубки Нюрбинская будет сравнительно небольшим.

Перевод на подземную отработку основных месторождений сопряжен с практически трехкратным уменьшением объемов выемки руды при 2-2,5-кратном увеличении относительной стоимости выемки руды. Все это отрицательно скажется на экономических показателях отрасли уже в ближайшем будущем, и здесь для улучшения общей ситуации с состоянием минерально-сырьевой базы представляется совершенно очевидной необходимость выявления и вовлечения в эксплуатацию новых достаточно крупных

месторождений. Планируемое вовлечение в эксплуатацию кимберлитовых трубок Верхне-Мунского поля сможет лишь незначительно улучшить ситуацию, но не сможет оказать кардинального влияния на ее состояние: запасы руды там сравнительно невелики, а ее качество достаточно далеко от лучших показателей.

В прошлом веке последние открытия коренных месторождений алмазов были сделаны в середине 70-х (трубка Комсомольская – 1974 г; трубка Юбилейная – в 1975 г) и середине 90-х годов (трубка Ботубинская – 1994 г; трубка Нюрбинская – 1996 г). В целом за этот период было выявлено много других трубок (несколько десятков, в т.ч. более десяти в пределах Далдыно-Алакитского района), однако, помимо упомянутых выше 4 трубок, остальные по низкому содержанию, качеству алмазов и горно-геологическим условиям (трубка Краснопресненская) не могут быть вовлечены в рентабельную эксплуатацию в обозримом будущем. Начиная с 1996 года по настоящее время, несмотря на интенсивные поисковые работы и значительные финансовые затраты на их проведение (~US\$1,4 млрд), новых коренных месторождений алмазов на территории ЯАП не выявлено.

Шансы обнаружения суперкрупных месторождений типа трубок Удачная и Мир на территории ЯАП незначительны.

На сравнительно простых для ведения поисковых работ так называемых открытых территориях сохраняются определенные перспективы выявления средних и мелких месторождений класса трубок Нюрбинская, Ботубинская, Дачная, Комсомольская и др. Здесь наибольшими перспективами обладают отдельные части территории Муно-Мархинского междуречья, характеризующиеся общими низкими масштабами эрозионного среза за посткимберлитовый этап их геологической истории, а также сравнительно небольшие (в целом около 5 тыс.км²) участки южного и северного обрамления Кютюнгдинского прогиба.

Перспективами выявления крупных, средних и мелких коренных месторождений обладают области, в пределах которых наряду со слабо проявленным эрозионным срезом в посткимберлитовый период их истории имели место события трансгрессии (наступления) и последующей регрессии (отступления) внутриконтинентальных бассейнов. Эти события практически полностью уничтожали и так довольно слабо выраженные ореолы размыва континентального типа даже от сравнительно крупных кимберлитовых тел и захороняли их. Если затем эти кимберлитовые тела не попадали в зону действия слабо развитой эрозионной системы современной речной сети, то признаки их присутствия традиционными методами поисков установить весьма непросто. К таким

территориям относятся как перекрытые территории типа Накынского поля, так и некоторые части открытых площадей ЯАП.

Открытой остается проблема коренных источников россыпей северной части ЯАП.

Из-за сосредоточения основных геологических и производственных сил в Якутии недоисследованными остались иные обширные территории Сибирской платформы, в первую очередь территории Красноярского края и Иркутской области. Между тем, на этих площадях также имеются положительные признаки алмазоносности, а в Красноярском крае открыто Харамайское кимберлитовое поле и ряд кимберлитовых трубок в районе Чадобецкого поднятия. Поэтому в настоящее время можно говорить не о Якутской алмазоносной провинции, а о **Сибирской алмазоносной провинции**. Однако деятельность АК "АЛРОСА" традиционно сосредоточена на территории Якутии, а за ее пределами работы практически не ведутся. Между тем, россыпь Тарыдакская в Тычанском алмазоносном районе (Красноярский край) по минералогическим особенностям, характеру алмазов, условиям формирования и истории развития очень похожа на россыпь Восточная в Мало-Ботуобинском районе Якутии и свидетельствует о том, что ее источником является промышленное кимберлитовое тело среднепалеозойского возраста. Подобные объекты могут быть найдены и в других районах Сибирской платформы, где геологоразведочные работы были проведены давно, в небольших объемах, на старой методической базе.

На сегодняшний день перспективы алмазодобычи вызывают серьезные опасения в связи с недостаточным запасом новых месторождений, которые могли бы вводиться в эксплуатацию по мере отработки старых. Поэтому уже давно назрела крайняя необходимость опосредования слабо изученных районов Сибирской платформы, в первую очередь тех, где достаточно хорошо просматриваются позитивные признаки алмазоносности. Однако по сегодняшний день не выполнено ни одной обобщающей работы, в которой была бы охарактеризована в едином методическом ключе геолого-минералогическая ситуация, дающая возможность оценить перспективы алмазоносности в целом Сибирской платформы и расставить приоритеты. Отсутствие такой информации заставляет различные организации бессистемно хвататься за отдельные участки, где когда-то были обозначены перспективы алмазоносности. Но без современной научно-методической базы, без современных методов организации и ведения геологоразведочных работ эти попытки успеха не имеют и приводят лишь к дискредитации перспективных территорий.

Необходимо в корне менять эту пагубную тенденцию. Альтернативой методу "дикой кошки" может быть только системный подход, в котором ситуация рассматривается от общего к частному.

Оптимальный вариант прогнозно-поискового процесса на алмазы нам представляется следующим образом:

- 1) Выполнение обобщающей работы по характеристике алмазоносности Сибирской платформы на геолого-минералогической основе и изучении алмазов;
- 2) Выбор наиболее перспективных участков, для которых имеются надежные признаки присутствия промышленных коренных источников, поиск которых доступен при имеющемся методическом, технологическом и техническом обеспечении геологоразведочных работ;
- 3) Детальная оценка характера геолого-минералогической и технологической поисковой обстановки и выбор оптимального геологоразведочного комплекса, способного обеспечить открытие месторождений с возможностью корректировки его в процессе выполнения работ. Существующий комплекс прогнозно-поисковых методов достаточно разнообразен, отдельные его составляющие последовательно совершенствуются (геофизические, минералогические методы). Тем не менее, резко усложнившиеся геологические условия новых территорий требуют качественно новых подходов как в части последовательности ведения поисковых работ, творческого использования сильных сторон конкретных прогнозно-поисковых методов, так и оптимизации набора используемых методов с наиболее полным учетом геолого-поисковых ситуаций конкретных территорий. Значительное удорожание поисковых работ на алмазы делает просто необходимым "штучный" подход при организации поисков на конкретных территориях, сопряженный с созданием стратегических и тактических приемов ведения работ в конкретных обстановках, в противном случае придется использовать лишь площадное бурение;
- 4) Проведение геологоразведочных работ по поиску месторождений алмазов с постоянным научно-методическим и технологическим контролем ведущихся работ до открытия месторождения.

В целом высокие перспективы выявления новых полей алмазоносных кимберлитов и существенного развития минерально-сырьевой базы алмазов на территории Сибирской платформы представляются вполне реальными.

Полностью материалы круглого стола размещены на сайте ВСЕГЕИ – <http://vsegei.ru/innov-materials>

Основная цель круглого стола **"Инновационные направления развития минерально-сырьевого комплекса России"**:

- Обсуждение актуальных теоретических и практических проблем разработки инновационных предложений по геологическому изучению и освоению недр Российской Федерации, составляющих основу обеспечения жизнедеятельности общества, безопасности страны и выхода ее из экономического кризиса;
- Согласование текущих и перспективных планов недропользования с планами социально-экономического развития отдельных регионов Российской Федерации;
- Оценка социально-экономических эффектов от использования тех или иных инноваций в геологоразведке и недропользовании.

Большинство проблемных вопросов, прозвучавших в докладах участников Круглого стола, сгруппировались в следующие восемь направлений:

- Система планирования геологоразведочных работ;
- Государственная финансовая поддержка;
- Инновационные подходы к производству геологоразведочных работ и технико-технологическому обеспечению ГРР;
- Инновационные подходы к освоению минерально-сырьевого потенциала;
- Вовлечение в хозяйственный оборот техногенных месторождений;
- Инфраструктура инновационной деятельности;
- Сценарии развития минерально-сырьевого комплекса;
- Устойчивое развитие национальной экономики.

Учитывая важность всех выше перечисленных вопросов для экономики страны, участники Круглого стола "Инновационные направления развития минерально-сырьевого комплекса России", приняли решение:

Рекомендовать Роснедрам, Минприроды и РАН учесть содержащиеся в докладах инновационные предложения по геологическому изучению и освоению недр при формировании текущих и перспективных планов геологоразведочных и научно-исследовательских работ, а также при доработке проекта "Стратегии развития геологической отрасли";

Направить материалы докладов и Резолюцию Круглого стола "Инновационные направления развития минерально-сырьевого комплекса России" в Государственную Думу и Совет Федерации для обсуждения на заседаниях их профильных Комитетов, в соответствующие Министерства и ведомства Правительства Российской Федерации, Президиум Российской Академии наук, а также Государственные корпорации "Нанотехнологии", Ростехнологии" и "Росатом".

В работе Круглого стола приняли участие представители:

- Совета Федерации;
- Министерства природных ресурсов и экологии;
- Федерального агентства по недропользованию;
- Министерства образования и науки;
- Ведущих предприятий геологической отрасли Российской Федерации – ФГУП "ВСЕГЕИ", ФГУП "ВНИГРИ", ФГУП "ЦНИГРИ", ФГУП "ВИМС", ФГУП "ИМГРЭ", ФГУП ГНЦ "ВНИИгеосистем", ФГУП "ЦНИИгеолнеруд", ФГУП "ВНИГРИуголь", ФГУП "ВНИИокеангеология", ФГУП "ВИЭМС", ФГУНПП "Геологоразведка", ФГУП "СНИИГГиМС", ФГУНПП "Аэрогеология", ФГУНПП "Гипроцветмет";
- Организаций Российской Академии наук – Институт экономики УрО РАН, ИГЕМ РАН, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, Институт экономических исследований ДВО РАН, Институт геологии и минералогии СО РАН, Отделение наук о Земле РАН, Санкт-Петербургский научный центр РАН;
- Высших учебных заведений – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) – СПбГИ (ТУ);
- Компаний-недропользователей – АК "Алроса", ОАО "Газпром", ОАО "Лукойл", ЗАО "Полус", ООО "Северсталь-Золото", ЗАО "Северсталь-Ресурс", Нефтяная компания "Роснефть", ОАО "ХК "Металлоинвест", ЗАО "УК "Петропавловск", ЗАО "Северо-Западная фосфорная компания", Завод "Российские редкие металлы".

Всего в работе Круглого стола приняли участие 120 человек.