

ГОРНОЕ ДЕЛО

СИММЕТРИЯ, СОЗДАННАЯ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

Арешин С.О.

МБОУ СОШ № 15 Апатиты, 8 класс

Мы видим вокруг нас множество форм, правильных и неправильных, часто подчиненных определенным закономерностям, одной из которых является их симметричность. Конечно, понятие симметрии известно каждому с раннего детства, но если симметричность архитектурных сооружений и множества других предметов, созданных человеком, не вызывает удивления, то симметрия, созданная самой природой, кажется удивительной и необъяснимой.

Объект исследования: синтетический аналог природного минерала халькантита (более известный как медный купорос, химическая формула $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Предмет исследования: симметрия в кристаллах .

Гипотеза исследования: для кристалла характерны определенная форма и элементы симметрии.

Объект, предмет и гипотеза исследования обусловили постановку основных задач:

1. Ознакомиться с различными видами симметрии, изучить основные характеристики правильных многогранников.
2. Изготовить модели правильных многогранников.
3. Вырастить кристалл синтетического халькантита.

Изучить форму минерала и определить, какие виды симметрии присутствуют в кристалле.

Методы исследования: теоретические (изучение и анализ литературы) и эмпирические (эксперимент, синтез, наблюдение, сравнение, измерение).

Практическая значимость исследования заключается в использовании его результатов на уроках геометрии в 10 классе при изучении тем «Симметрия в пространстве», «Правильные многогранники»; на уроках химии при рассмотрении темы «Кристаллические решетки», при проведении классного часа «Занимательная математика».

Организация исследования:

Первый этап был посвящен изучению и анализу литературы по теме исследования, выдвинута гипотеза.

На втором этапе был выращен кристалл синтетического халькантита.

Третий этап включал исследование полученного минерала и оформление исследовательской работы.

Заключение:

1. Изучены такие виды симметрии, как центральная, осевая и симметрия относительно плоскости, проанализированы сведения о многогранниках. Освоены основные понятия кристаллографии, изучена взаимосвязь между формой кристаллов, их симметрией и внутренним строением.
2. Изготовлены модели многогранников, исследованы элементы симметрии в многогранниках.
3. Выращен кристалл синтетического халькантита, исследована форма минерала, определены виды симметрии, присутствующие в кристалле
4. Подтверждена гипотеза о том, что для кристалла характерна определенная форма и элементы

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ МЕЛЮЩЕГО ТЕЛА НА ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЛОПАРИТОВЫХ РУД

Чернышов А.В., Бирюков В.В., Опалев А.С, Новикова И.В.

Горный институт КНЦ РАН

Значительными показателями уровня развития каждой страны являются обеспечение и использование промышленностью стратегических видов минерального сырья. Лопаритовые

руды Кольского полуострова являются важнейшим стратегическим сырьем для производства редких и редкоземельных металлов. Лопарит содержит тантал, ниобий, церий, лантан, европий, неодим, титан и еще целый «букет» редких и редкоземельных металлов, не считая различных примесей вроде радиоактивного тория.

Получение лопаритового концентрата осуществляется гравитационным способом, для подготовки руды к которому, с целью избежать излишнего ошламования, активно используются стержневые мельницы. В связи с этим сотрудниками Горного института КНЦ РАН были инициированы исследования направленные на оптимизацию этого процесса путем использования в качестве мелющей среды стержней нестандартной формы (ССФ).

Целью использования данных мелющих тел, кроме интенсификации процесса измельчения и увеличения ударного импульса в направлении продольной оси специальных стержней, является уменьшение ошламования и максимальный перевод минерала в раскрытое состояние. Благодаря новой форме сечения (рис.1), стержень, работающий в водопадном режиме, по сути, приобретает положительные качества молотковой дробилки, которая разрушает материал преимущественно только раздавливанием и ударом, и в меньшей степени - истиранием.



Рисунок 1 – Профиль стержня специальной формы

Результаты исследований показали, что использование ССФ интенсифицирует процесс измельчения лопаритовой руды, в первую очередь, повышая скорость разрушения крупных классов в начальный период времени (55 %/мин при использовании ССФ против 45 %/мин для стандартных стержней при $t = 0.5$ мин), что подтверждается и показателями удельной производительности помола (максимальный разброс показателей при $d_{95} \approx 3.5$ мм составляет $q \approx 0.8$ кг/(л*ч) для обычных стержней и $q \approx 1.2$ кг/(л*ч) для ССФ). Так же, как и ожидалось, использование ССФ уменьшает ошламование лопарита, при $d_{95} \approx 0.6$ мм разница достигает 2.5%.

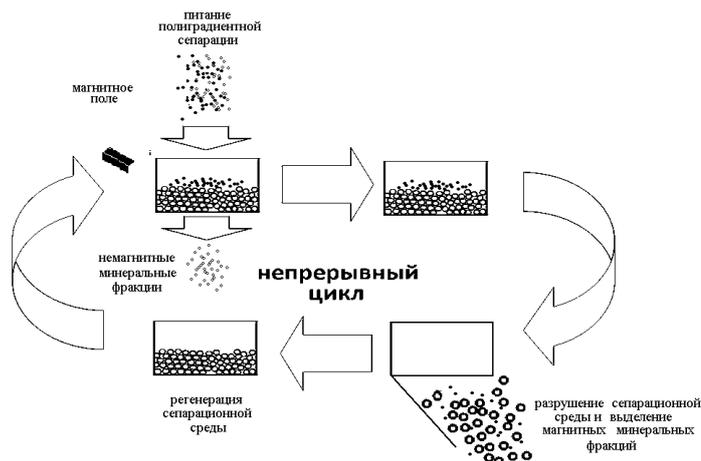


Рисунок 1. Принцип действия проектируемого магнитного полиградиентного сепаратора.

Использование высокоградиентных магнитных полей повышенной напряженности позволит разработать новые высокоэффективные и малозатратные технологические процессы переработки слабомагнитного рудного и техногенного минерального сырья.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСКРЫТИЯ ЛОПАРИТА ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ РУДЫ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ

Чернышов А.В., Бирюков В.В., Опалев А.С, Новикова И.В.

Горный институт КНЦ РАН

Процессы рудоподготовки (дробление, измельчение и грохочение) занимают среди всех обогатительных процессов особое место, являясь наиболее энергоемкими, металлоемкими и трудоемкими. Поэтому оптимизация процессов рудоподготовки в целом, и измельчения в барабанных мельницах, в частности, является актуальной научно-технической задачей. Основной задачей рудоподготовки является раскрытие ценных компонентов при максимально возможном сохранении природных размеров их зерен. Обеспечение полноты раскрытия ценных минералов руды при сохранении их природных размеров во многом определяется степенью соответствия выбранного способа измельчения минералого-технологическим особенностям конкретной руды.

Для изучения влияния формы мелющего тела на интенсивность раскрытия минерала в узких классах на пробе лопаритовой руды сотрудниками Горного института КНЦ РАН были инициированы минералогические исследования кинетики раскрытия. Предварительная оценка степени раскрытия лопарита показала, что в классах крупнее 1.0 мм практически весь лопарит находится в сростках. Поэтому основное внимание уделялось определению характера раскрытия лопарита в узких классах (крупностью менее 1.0 мм) при измельчении руды в мельнице с стержнями различной конфигурации.

Доля раскрытого лопарита для каждой конкретной пробы рассчитывалась, исходя из количества его в узком классе и выхода этого класса. Расхождения в результатах анализа для каждой общей пробы составляют 2-5% отн. при высоком содержании, что сопоставимо с точностью количественного минералогического анализа. При снижении доли свободного минерала, погрешность увеличивается до 5-10% отн.

Результаты исследований показали, что при любом режиме измельчения содержание раскрытого лопарита изменяется прямо пропорционально времени измельчения и обратно пропорционально крупности класса. Не отмечено значительных различий и в содержании раскрытого лопарита в узких классах крупности при изменении способа помола. Наиболее существенные вариации значений характерны для материала крупностью $-1.0+0.63$ мм, что, как указывалось, связано с большим количеством грубых сростков и высокой погрешностью измерений. Уровень раскрытия минерала варьирует в этом классе от 10 до 25% отн, в среднем составляет около 15%, а в классе $-0.63+0.4$ мм – от 75 до 88% (в среднем около 80-85%).

Исследование раскрытия лопарита при измельчении стандартными и стержнями специальной формы, показывает, что по характеру раскрытия минерала они близки между собой. Однако при измельчении на отрезке времени от 0.5 до 4 минут содержание раскрытого минерала при использовании стержней специальной формы выше в среднем на 5%, что позволит повысить технологические показатели обогащения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ В ООО «ОЛКОН» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MODSIM

Бирюков В.В., Опалев А.С, Чернышов А.В., Новикова И.В.

Горный институт КНЦ РАН

Для горнорудной промышленности России и других стран мира в современное время характерно постоянное снижение массовой доли железа в добываемой руде при постоянном повышении требований к качеству железных концентратов. Все это приводит к необходимости совершенствования технологий переработки руд для поддержания конкурентоспособности предприятий.

Одним из путей совершенствования схем обогащения магнетитовых руд в ООО «Олкон», позволяющим увеличивать производительность и снизить энергозатраты, является использование технологии с тонким гидравлическим грохочением.

В Горном институте КНЦ РАН с использованием программного комплекса MODSIM разработана модель технологической цепи переработки железистых кварцитов Заимандровских месторождений на 9-ой технологической секции ООО «Олкон» (рисунок 1).

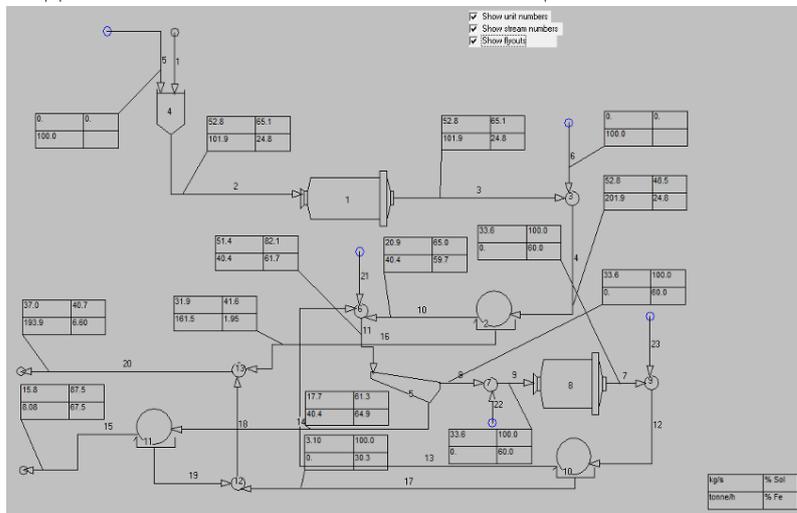


Рисунок 1. Технологическая схема 9-ой секции ООО «Олкон»

Программный комплекс MODSIM позволил исследовать сформированную технологическую цепь с получением технологических показателей на любом ее участке.

Моделирование технологической цепи с использованием тонкого гидравлического грохочения выявило возможность уменьшения циркулирующей нагрузки в цикле измельчения, снижения энергозатрат на переработку руды и создания высокоэффективной, экологически безопасной технологий.

ПОЛИГРАДИЕНТНЫЙ МАГНИТНЫЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ СЛАБОМАГНИТНЫХ РУД.

Бирюков В.В., Опалев А.С, Чернышов А.В., Новикова И.В.

Горный институт КНЦ РАН

Для обогащения ильменитовых, волластонитовых, гранатовых и других слабомагнитных руд и материалов, а также для глубокой очистки от слабомагнитных включений (оксидов железа) кварцевых песков, пегматита, циркона, полевого шпата, электрокорунда и других материалов используются магнитные сепараторы с магнитными полями высокой напряженности. При этом одновременное присутствие в перерабатываемой руде минералов с различной магнитной восприимчивостью приводит к засорению ползающих элементов ферромагнитными частицами и, тем самым, сдерживает применение такого оборудования. Технологии магнитного обогащения железорудного сырья также не ориентированы на извлечение слабомагнитной фракции, что приводит к значительным потерям железа, которое теряется в процессе переработки и в больших объемах складывается в отвалах в виде слабомагнитных окислов.

В Горном институте КНЦ РАН разработаны принципы работы и конструкция полиградиентного шарикового магнитного сепаратора с регенерируемой сепарационной средой (рисунок 1). В основу работы аппарата заложена возможность разделения слабомагнитных минеральных фракций в области магнитного поля с высокими градиентами напряженности, которые создаются между ферромагнитными шарами при помещении их во внешнее

магнитное поле. Для предотвращения загрязнения предусмотрена непрерывная регенерация сепарационной среды.

ИЗОТОПНОЕ ОТНОШЕНИЕ СЕРЫ И УГЛЕРОДА В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕФТИ И ГАЗА

Гуляева А.В.

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Учитывая, что все нефтематеринские породы образуются в бассейнах с сероводородным заражением, в последнее время для решения ряда важных проблем происхождения и эволюции нефти используют изотопный состав серы и углерода. Сырая нефть содержит серу в количестве от 0,01 до 12%. Отмечается связь последней с нелетучими фракциями, т.е. со смолистыми веществами нефти. Сера имеет четыре стабильных изотопа со следующей относительной распространенностью (в %): S^{32} – 35,1%; S^{33} – 0,74; S^{34} – 4,2; S^{36} – 0,016. В геохимических исследованиях обычно изучают соотношение наиболее распространенных изотопов – S^{32} и S^{34} . Вариации изотопного состава удобнее выражать в величинах δS^{34} , которые показывают разницу между изотопным составом образца и стандарта, выраженную в промиллях.

Изотопные отношения и значения δS^{34} связаны выражением:

$$\delta S^{34} \text{ в } \text{‰} = \frac{S^{34}/S_{\text{обр}} - S^{34}/S_{\text{ст}}}{S^{34}/S_{\text{ст}}} \cdot 1000.$$

Первые детальные исследования по изотопии серы показали, что изотопный состав серы нефтей варьирует в широком диапазоне величин δS^{34} от -21 до 28‰. Замечено, что в хорошо аэрируемых бассейнах нефть имеет положительные значения δS^{34} , а в зараженных сероводородом – большие отрицательные величины.

Для выяснения механизма образования и изменения нефти широко используют входящий в ее состав устойчивый углерод. Уникальной особенностью атомов углерода является их способность связываться друг с другом, образуя длинные углеродные цепи и кольца. Число известных соединений, содержащих углерод, составляет более 14 миллионов. Самые распространенные среди них на Земле CO_2 и CH_4 . Первая – наиболее окисленная форма, вторая – восстановленная.

Природный углерод как элемент состоит из двух изотопов: ^{12}C (98,892 %) и ^{13}C (1,108%). Кроме того в атмосфере обнаружены незначительные примеси радиоактивного изотопа ^{14}C . Относительная распространенность его составляет в атмосфере одну десятимиллионную долю процента от общего содержания углерода. Активный углерод используют для датирования недавних событий, т.к. период его полураспада составляет всего лишь 5568 лет. Среднее отношение распространенности $^{12}C/^{13}C$ равно 89,25. За эталон изотопных отношений углерода принято отношение $^{12}C/^{13}C$ в раковинах белемнита равное 88,99 ($^{13}C/^{12}C = 0,011237$). Соотношения $^{13}C/^{12}C$ выражаются через значения величин δ , которые являются отклонениями (в частях на тысячу) между соотношениями $^{13}C/^{12}C$ в образце и в CO_2 стандарта.

$$\delta^{13}C \text{ в } \text{‰} = \frac{^{13}C/^{12}C_{\text{обр}} - ^{13}C/^{12}C_{\text{ст}}}{^{13}C/^{12}C_{\text{ст}}} \cdot 1000.$$

Низкомолекулярные углеводороды в нефти произошли от высокомолекулярных соединений. Поэтому первичная нефть представляла собой смесь сложных, высококипящих соединений, которые подверглись химическим превращениям в ходе процессов ее природного созревания. Изучение изотопных составов нефтей и различных растительных и животных компонентов наводит на мысль о том, что нефть образуется из липоидных фракций организмов. Соотношение $^{13}C/^{12}C$ в углеводородах, выделенных из нефтяного газа, также как и в углеводородах, полученных при перегонке жидкой нефти, свидетельствуют об образовании углеродов природного газа и бензиновых фракций в результате распада более сложных соединений.

«БАЗАЛЬТОВЫЕ ОКНА» - ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Гуляева М.В.

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

В современном Мировом океане нет коры с возрастом древнее среднеюрского, да и такой возраст является предельным: преобладающая часть океанской коры сформировалась в кайнозое, т.е. за последние 60 млн. лет. Однако это отнюдь не означает, что до средней юры океанов на Земле не существовало. Глубоководные океанские осадки, а также реликты базальтовой океанской коры в виде офиолитов широко распространены в геологической летописи Земли по крайней мере начиная с протерозоя, т.е. в течение последних 2,5 млрд лет истории Земли.

Образование современных океанов произошло в результате раскола суперконтинента Пангеи в начале мезозоя (триас), приблизительно 200 млн лет назад. Этому событию предшествовал континентальный рифтинг, в результате которого литосфера под рифтами в обстановке растяжений постепенно утонялась, проплавливалась и в итоге раскалывалась по всей мощности материка. Над рифтами возникали узкие протяженные грабены, которые засыпались впоследствии обломочным материалом.

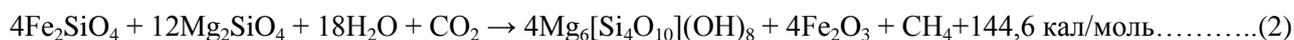
Рифтовые зоны современных океанов - это глубокие ущелья, располагающиеся вдоль осей срединно-океанических хребтов. Перпендикулярно осям происходит раздвиг (спрединг) океанского дна с наращиванием коры океанического типа за счет излияния базальтовой магмы. Геофизики фиксируют под хребтами неглубоко залегающие магматические очаги, создающие здесь повышенный тепловой поток. Холодная морская вода в рифтовых зонах, просачиваясь сквозь рыхлые осадки океанского дна, нагревается на глубине вблизи магматических очагов. Поднимаясь обратно к поверхности, горячие гидротермы выщелачивают элементы из нижележащих океанических базальтов и вынося их на морское дно, формируют на границе порода - вода над выводными каналами или на некотором удалении от них современные месторождения.

На участках обнажившихся «базальтовых окон» морская вода в первую очередь должна была вступать во взаимодействие с основными и ультраосновными породами океанической коры. Осадочная толща бассейна в местах разгрузки гидротермальных растворов, таким образом, оказывается насыщенной углеводородами, содержащими жидкие нафтоиды, концентрация которых достигает 3-4%. Серпентинизация здесь может развиваться только по оливинам и энстатиту, доля которых в гипербазитах составляет около 90%.

Гидратация железистых силикатов сопровождается выделением водорода, а в присутствии углекислого газа — даже с образованием abiогенного метана:



фаялит форстерит серпентин .. гематит .водород



фаялит форстерит серпентин гематит метан

Соответствующие расчеты показывают, что при гидратации пород современной океанической коры генерируется около 9 млн т в год CH₄ и приблизительно столько же H₂. Часть таких летучих эманаций может сохраниться в океанических осадках, формируя в них смесь углеводородов всех трех групп (алканов, нафтенных и аренов). В них также могли входить серо-, азот-, кислород- и металлосодержащие соединения. По-видимому, благодаря таким реакциям в древних «несостоявшихся океанах» со временем могли накопиться существенные запасы углеводородного сырья не биогенного происхождения. С «несостоявшимися океанами» связаны крупнейшие нефтегазоносные провинции мира. Это заставляет серьезно пересмотреть теоретические, методические и технологические основы разведки, разработки, прогноза и поисков нефтегазовых месторождений.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЙТИНГА MRMR ДЛЯ УСЛОВИЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ "ОЛЕНИЙ РУЧЕЙ"

А.Г. Колыгин, Ю.В. Федотова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт КНЦ РАН

Во всем мире получили распространение рейтинговые классификации массивов горных пород, позволяющие по ряду факторов дать общую оценку состояния массива. В этом случае влияние каждого фактора выражено безразмерными коэффициентами, по их суммарной величине можно получить некоторые прогнозные характеристики состояния массива пород.

С помощью методики расчета рейтинга MRMR проф. Д. Лобшира была выполнена общая оценка состояния массива горных пород юго-восточной части месторождения "Олений Ручей". На основании полученных результатов видно, что горные породы месторождения можно отнести к третьему классу, что характеризует их как среднеустойчивые.

Для решения вопросов проектирования (обоснования устойчивости и обрушаемости массива, необходимости крепления и выбора видов крепи, определения размеров целиков и параметров подземных выработок) необходимо выполнять расчет рейтинга для конкретного участка массива горных пород. При наличии необходимых данных о свойствах массивов горных пород и правильном использовании методики, она доказывает свою эффективность в качестве надежного инструмента планирования горных работ.

ОЦЕНКА ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИЕРАРХИЧНО-БЛОЧНОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ КУКИСВУМЧОРРСКОГО И ЮКСПОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

Федотова Ю.В., Кузнецов Н.Н.

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Горный институт Кольского научного центра РАН**

При отработке массивов скальных горных пород, находящихся в напряженном состоянии, очень часто сталкиваются с динамическими проявлениями горного давления в виде шелушения, стреляния, заколообразования, горных и горно-тектонических ударов. Наиболее опасными из них считаются последние два. Последствия таких проявлений могут носить катастрофический характер и приводить к большим материальным потерям. С целью предотвращения таких событий разрабатываются специальные мероприятия по прогнозу удароопасности на месторождениях.

В настоящее время существует множество подходов, позволяющих прогнозировать удароопасность участков массива горных пород. Один из таких подходов заключается в оценке энергонасыщенного состояния разрабатываемого месторождения. Скальный массив в этом случае представляется в виде иерархично-блочной среды, элементы которой взаимодействуют друг с другом, обмениваясь энергией. Считается, что нетронутый массив находится в состоянии относительного энергетического баланса, тогда как проведение выработок в нем приводит к нарушению этого баланса и перераспределению энергии. В тех участках массива, где накопленная в результате перераспределения энергия превосходит свою предельную величину, происходит процесс ее высвобождения, приводящий к динамическим проявлениям горного давления.

В данной работе по результатам численного моделирования методом граничных элементов проведена оценка энергонасыщенного состояния Кукисвумчоррского и Юкспорского месторождений, обрабатываемых Объединенным Кировским рудником. На основе построенных моделей иерархично-блочной среды определены характер распределения и значения главных сжимающих напряжений. Вычислены значения абсолютной, удельной и критической энергий деформирования блоков. Установлено энергетическое состояние рассматриваемых моделей.

**РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧНОСТИ ЮКСПОРСКОГО КРЫЛА
ОБЪЕДИНЕННОГО КИРОВСКОГО РУДНИКА ОАО «АПАТИТ»
ЗА ПЕРИОД С 1998-2012 ГОДА**

Куранова А.Ю.

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Одной из важнейших задач, направленной на уменьшение сейсмического риска в регионах с горнодобывающей промышленностью является задача мониторинга сейсмической обстановки на предмет выявления областей сейсмической активизации. Прогноз зон сейсмической активизации на ближайшие годы базируется на ретроспективном анализе сейсмической обстановки в очаговых зонах происшедших сейсмических событий. Анализ данных за прошлые годы позволяет изучить тенденции, закономерности и выявить основные зависимости частоты появления сейсмических событий от внешних факторов. От успешности ретроспективного анализа во многом зависит умение правильно видеть перспективу развития того или иного сейсмического явления.

Оптимальный метод для выявления и анализа изменений сейсмического режима Юкспорского крыла ОКР должен состоять из двух этапов. На первом этапе анализируются параметры потока сейсмических событий и выделяются интервалы его стационарности. На втором этапе для каждого выделенного таким образом интервала строится и анализируется график повторяемости.

Ретроспективный анализ сейсмических событий Юкспорского крыла ОКР показал, что происходит полная качественная перестройка системы от состояния покоя вплоть до частичной потери устойчивости. Динамика изменения энергии сейсмических событий во времени и реализация крупных сейсмических событий происходит в основном в консоли необрушенных пород в период подготовки массива к обрушению и его реализации.

Временной анализ распределения геодинамических проявлений показал, что основная часть сейсмических событий происходит в дни ведения взрывных работ. После массового взрыва следует умеренная афтершоковая активность и следующая за ней фаза уменьшения энергоемких событий, связанной с разгрузкой породного массива.

Увеличение значений наклонов графиков повторяемости свидетельствуют о низком уровне напряженно-деформированного состояния горного массива, т.к. происходят изменения геодинамики Юкспорского месторождения в сторону разгрузки.

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕФТИ.
ВОПРОСЫ, НА КОТОРЫЕ ДО СИХ ПОР НЕТ ОТВЕТОВ**

Лыткин В.А.

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Происхождение нефти, как и происхождение жизни, является фундаментальной проблемой естествознания. Как только нефть стала известна человечеству и ее начали использовать, появились первые попытки объяснить ее происхождение. Начиная с трудов М.В. Ломоносова (1763), предсказавшего «рождение оной бурой материи ... из остатков растений под действием тепла Земли», теория нефтегазообразования за два с половиной века прошла сложный путь своего становления. К середине прошлого века было доказано единство всех горючих полезных ископаемых (нефти, угля, газа, горючих сланцев), установлена генетическая связь нефти с ископаемым органическим осадочных пород, разработаны критерии выделения нефтематеринских свит. Нефтегазообразование стало рассматриваться как историческое явление, тесно связанное с определенными стадиями эволюции осадочного бассейна.

Сейчас установлено, что основным продуцентом органического вещества в водоемах является фитопланктон. Ежегодная продукция органического вещества в Мировом океане составляет в среднем $50 \cdot 10^9$ т. Для сравнения – величина терригенного сноса с суши в океан за год вдвое меньше. Однако подавляющая часть биопродукции не доходит до дна океана. Микробиальное преобразование органического вещества отмерших организмов начинается ещё в верхних слоях океана. Первыми разлагаются белки и углеводы с

образованием аминокислот, сахаров, фенолов и др. Большая часть белков и углеводов переходит в водно-растворимые соединения и гидролизуется. Поэтому содержание $C_{орг}$ в осадках обычно не превышает 1%.

Консервация ОВ в осадках в значительной степени зависит от скорости накопления минеральных частиц. При низкой скорости осадконакопления (до 6 мм за 1000 лет) в осадках сохраняется менее 0,01% $C_{орг}$, при высокой скорости (66 – 140 см за 1000 лет) сохраняется до 18% $C_{орг}$. Наиболее повышенные концентрации $C_{орг}$ отмечаются в глинистых минералах, обладающих высокой адсорбционной способностью.

Накопление осадков и органического вещества (ОВ) в бассейне – *седиментация* - тесно связано с процессом преобразования рыхлых отложений в породу – *диагенезом*. Диагенетический этап является важным моментом геохимической истории ОВ. В диагенезе формируется нерастворимая часть ОВ – *кероген*, основной поставщик углеводородов в постдиагенетическую стадию (катагенез). *Катагенез* – это ведущий процесс в преобразовании ОВ, генерации нефти и газа. С катагенезом связана главная фаза нефтеобразования (ГФН). В зоне нефтеобразования происходит рождение и созревание собственно нефти. В мезокатагенезе содержание углерода в нефти достигает примерно 85%.

Удаление водорода из керогена происходит в виде метана. Процесс образования углеводородных газов предшествует, сопутствует и завершает нефтеобразование. На завершающем этапе катагенеза - *апогенезе* - прекращается битумообразование, снижается генерация метана, происходит формирование кислых газов CO_2 и H_2S . Конечным продуктом преобразования любого ОВ являются метан и графит.

Так, в общих чертах, сегодня выглядит органическая теория происхождения нефти. Развитие ее неразрывно связано с именами Н.И. Андрусова, А.П. Архангельского, В.И. Вернадского, И.М. Губкина, Г.П. Михайловского, В.В. Вебера, В.А. Соколова, Г. Гефера, А. Леворсена, Г. Потонье, П. Траска, А. Трейбса, С. Энглера и др.

Если проблему исходного вещества для нефти и газа на определенном уровне можно считать решенной, то проблема механизма нефтегазообразования, являющаяся ключевой, нуждается в уточнении и детализации. Динамика процессов нефтегазообразования для различных типов нефтематеринских пород не одинакова. Основные положения модели нефтеобразования и границы выделения ГФН разрабатывались для терригенно-глинистых образований. В эту модель не вписываются, например, карбонатные толщи. С середины 80-х годов начинается новый этап в понимании и познании процессов нефтегазообразования. Он связан, с одной стороны, с совершенствованием методов изучения вещества как органического, так и минерального, с другой стороны, с влиянием на нефтегеологическую науку новых тектонических концепций.

Биогенная теория до сих пор не может дать ответы на такие вопросы:

1. Почему ресурсы нефти и газа на Земле распределены так неравномерно.
2. Как образовались и как существуют супергигантские скопления углеводородного сырья.
3. Почему многие месторождения нефти приурочены к разрывным нарушениям.
4. Как объяснить наличие залежей нефти и газа в изверженных породах.
5. Почему в вулканических эманациях и изверженных породах фундамента присутствуют углеводородные газы (главным образом метан).
6. Как объяснить повышенную металлоносность твердых нефтидов, их обогащенность ураном, редкими и редкоземельными элементами.

ОПЫТ КОМБИНИРОВАННОЙ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ЗАРУБЕЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Г.О.Наговицын

Горный институт КНЦ РАН, Апатиты

В мире в настоящее время насчитывается более 2 тыс. месторождений, разрабатываемых комбинированным способом. Только за последние 10 лет их количество увеличилось практически в 1.5 раза, что связано в большинстве своем с достижением карьерами предельных глубин и возможностью отработки запасов глубоких горизонтов только подземным способом. Опыт применения комбинированной отработки запасов представляет значительный интерес и требует детального анализа.

Рассмотрены несколько примеров открыто-подземной разработки зарубежных месторождений. Как наиболее интересные, с точки зрения применяемой технологии отработки подкарьерных запасов, были детально проанализированы месторождения Чамбиши (Замбия), Кируна (Швеция), Флин-Флон (Канада), Крайгмонт (Канада).

В ходе анализа выявлено, что переход на подземную разработку при достижении карьерами предельных глубин, как правило, является более рентабельным и безопасным вариантом развития горных работ, чем дальнейшая углубка карьера и разнос бортов. Для подземной отработки таких запасов под дном и бортами действующих карьеров применяют в основном системы поэтажного обрушения, а также этажно-камерные системы разработки. Также следует отметить увеличение производственной мощности рудников и более полное извлечение запасов при применении комбинированной разработки месторождения.

РОБОТОТЕХНИКА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Наговицын О.В.¹, Некрасова М.О.²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Горный институт Кольского научного центра РАН

²Кольский филиал Петрозаводского Государственного университета

На современных промышленных предприятиях особенную актуальность приобретает использование автоматизированных решений, бережливое и безлюдное производство, внедрение новых технологий и устранение вредных факторов, влияющих на здоровье человека.

В связи с этим, особую популярность получают решения по автоматизации производства на базе промышленных роботов. При их применении наблюдается повышение производительности труда, а также точности выполнения технологических операций и, как следствие, улучшение качества. Сокращаются эксплуатационные расходы за счет исключения высокой заработной платы рабочим за опасные условия труда и обеспечения условий, пригодных для пребывания в них людей. Появляется возможность круглосуточного использования технологического оборудования 365 дней в году. Роботы не болеют, не нуждаются в обеденном перерыве и отдыхе, не бастуют, не требуют повышения заработной платы и пенсии.

В настоящее время робототехника является одной из самых быстрорастущих отраслей. Так, например, в 2012 году Европейский Союз закупил 42000 роботов, Япония – 28000, США – 24500, Россия – 307. Такими явными причинами отставания России от зарубежных стран является недостаточная информированность российских технических специалистов и менеджмента предприятий, желание избежать больших затрат на их внедрение, низкая стоимость ручного труда.

В качестве опыта эффективного использования роботов можно привести авиастроительную отрасль, где в целях повышения качества продукции, при снижении доли ручного труда, роботы применяются в процессах клепки, обшивки фюзеляжа, выкладки композитных материалов, при работах в условиях ограниченного пространства. В медицине роботы-манипуляторы с недавнего времени применяются для проведения хирургических операций. Также проходят испытания роботов, способных брать кровь из вены с помощью камеры с инфракрасной подсветкой и специального программного обеспечения. Широкое применение роботы нашли в строительстве в

качестве устройств для сборки и разборки железобетонных и кирпичных конструкций, демонтажа металла, снятия слоев поверхности, перемещения предметов, подрубки свай и забивания шпунтов.

Можно привести несколько примеров использования робототехники и в горной индустрии. Так, для бурения взрывных скважин применяются роботы, управление которыми осуществляется дистанционно. Благодаря высокой точности таких устройств, бурение скважин осуществляется в максимальном соответствии с проектными параметрами. В Стенфордском университете в Калифорнии создан роботизированный бур, который может бурить в горных породах под углом к вертикали более 60°. Для транспортировки руды на карьерах используются 210-ти тонные самосвалы, оснащенные автономной системой управления, путь для которых прокладывает оператор-человек, работающий удаленно. Разрабатываются и совершенствуются роботизированные тахеометры, которые по заданной программе сами находят положение отражателей и производят измерения. В перспективе - применение роботов-квадрокоптеров для проведения маркшейдерской съемки по примеру широко используемых в военном деле беспилотных летательных аппаратов, оснащенных обычной и инфракрасной видеокамерами, а также GPS-устройством и работающих в любых погодных условиях. Для исследований заброшенных шахт и пещер, выявления опасностей, а также в спасательных целях в Университете Робототехники Карнеги-Меллон создан полностью автономный робот под названием «сурок», оснащенный бортовыми камерами, а также сенсорами для определения наличия ядовитых газов.

Горное предприятие, переходя на роботизированное производство, понесет финансовые затраты на закупку роботов и подготовку специалистов по обслуживанию нового оборудования, но, впоследствии, преимущества применения робототехники их компенсируют. Важнейшими из них являются уменьшение количества трудящихся на опасном производстве, что исключает воздействие на них вредных факторов и минимизирует травматизм и повышение производительности труда на горном предприятии, что, в общем, снижает себестоимость добычи полезного ископаемого.

7. Не объяснено до сих пор обнаружение жидкой нефти и твердых нафтидов в гидротермальных системах спрединговых зон океанов (таких нефтепроявлений известно уже более 100).

8. Как объяснить присутствие углеводородов в хвостах комет, астероидах, метеоритах и других космических телах.

9. Как объяснить стопроцентную корреляцию между составом углистых хондритов и составом фотосферы Солнца.

10. Многочисленные эксперименты доказали сегодня возможность абиогенного синтеза углеводородов. С 20-х гг. прошлого века известны технологии получения синтетических жидких топлив (СЖТ) по методу Фишера – Тропша. Сущность метода заключается в превращении синтез-газа (смеси монооксида углерода и водорода) в высшие углеводороды, т.е. теоретически синтез УВ в природных условиях по реакции Фишера—Тропша возможен.

Всё это свидетельствует о том, что органическая теория, при многих её положительных моментах, далеко небезупречна и потребуются ещё немало усилий для создания универсальной теории происхождения нефти и газа.

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА РУДЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ОЛЕНИЙ РУЧЕЙ ХИБИНСКОГО МАССИВА

¹Павлишина Д.Н., ²Терещенко С.В.

¹Горный институт КНЦ РАН (г.Апатиты); ²Горный институт КНЦ РАН (г.Апатиты), Горный факультет КФ ПетрГУ (г.Апатиты)

Актуальность вопроса формирования и стабилизации качества добытой рудной массы на месторождении Олений Ручей обусловлена особенностями геологического строения. По структурно-генетической классификации Хибинских апатитовых месторождений, по

Е.А.Каменеву (1981г.), месторождение Олений Ручей относится ко второй группе – сложного геологического строения: крупная по размерам глубокозалегающая многоярусная рудная зона месторождения Олений Ручей, в которой выделяется до девяти крутопадающих рудных тел весьма сложной формы с невыдержанной мощностью, но относительно постоянным качеством руд [1].

Предварительный анализ геологической информации (данных скважин эксплуатационной разведки) одного из рудных тел залежи Верхнего Яруса месторождения Олений Ручей показал необходимость включения в систему рудоподготовки операции предконцентрации. В контурах выделенных рудных интервалов содержится в среднем не менее 17% пропластков пустых пород, с учетом принятой величины проектного разубоживания (18%) их количество увеличивается не менее, чем в два раза. То есть на переработку поступает рудная масса, не менее 30% которой составляют пустые или слабоминерализованные породы.

Детальная проработка рудного тела, с использованием возможностей программного комплекса MINE FRAME, позволила прогнозировать результаты его отработки и предложить систему управления качеством. Процесс формирования и стабилизации качества добытой рудной массы, обеспечивающей обогатительную фабрику сырьем требуемого качества, основывается на сочетании разделительных и усреднительных мероприятий. Выбор последовательности и набора мероприятий определяется свойствами руды в недрах, с учетом проектного разубоживания, которые характеризуются средним содержанием основного полезного компонента в рассматриваемом объеме, а также показателем контрастности M и критерием, свидетельствующим о наличии пустых и слабоминерализованных пород, N .

Список литературы:

1. Новые хибинские апатитовые месторождения /Под ред. Е.А. Каменева, Д.А. Минеева – М.: Недра, 1982. – 182 с.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ СЕЙСМИЧНОСТИ ЮКСПОРСКОГО КРЫЛА

ОБЪЕДИНЕННОГО КИРОВСКОГО РУДНИКА ЗА 1998-2012 ГГ.

Пустовая С.Г.

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

Оценка состояния геологической среды по пространственно-временному распределению техногенного сейсмического процесса позволяет проследить формирование кластеров во времени и проводить качественную оценку параметров наведенной сейсмичности высоконапряженного массива горных пород при воздействии на него динамических нагрузок от массовых и технологических взрывов.

За рассматриваемый период времени произошло 24257 сейсмических событий. Столь значительное число сейсмических событий за пятнадцатилетний интервал времени не свойственно даже самым сейсмоактивным регионам, что указывает на их техногенное происхождение. Возможно, что постоянные взрывные работы на руднике снимают напряжения в горном массиве и приводят к уменьшению вероятности возникновения разрушительных сильных сейсмических явлений. Это проявляется в множестве малых сейсмических событий на месторождении, что позволяет постоянно разгружать накапливающиеся напряженные состояния в потенциальных очагах горно-тектонических ударов и техногенных землетрясений и не допускать события высокого энергетического класса.

На основе анализа пространственно-временной динамики сейсмичности, выявлена миграция кластеров событий от северо-восточного на юго-западный фланг рассматриваемого участка. В качестве критерия кластеризации использовались меры пространственной концентрации геодинамических проявлений на Юкспорском крыле ОКР, которое рассматривалось как открытая динамическая система. Приближение динамической системы к

критической точке характеризуется появлением ряда предвестниковых симптомов таких, например, как:

1. Возрастание сейсмической активности;
2. Возрастание кластеризации во времени и пространстве;
3. Возрастание пространственной и временной иррегулярности;
4. Изменение в энергетическом распределении событий.

Все рои сейсмических событий, за рассмотренный период времени, аномальными сейсмическими событиями не сопровождалась. Изменение параметров сейсмического режима свидетельствует о перераспределении во времени процесса разрушения по масштабам: от младших к старшим на стадии активизации сейсмичности и от старших к младшим на стадии ее спада.

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ «СЛАНЦЕВОЙ РЕВОЛЮЦИИ»

Репина А.Э.

Кольский филиал Петрозаводского Государственного университета

Значительные запасы горючих сланцев сосредоточены в Бразилии и Китае. Россия также располагает обширными запасами горючих сланцев (порядка 7% от мировых запасов).

Наиболее удачным примером успешного применения технологий добычи сланцевой нефти считается месторождение Баккен (Bakken) в Северной и Южной Дакоте. Разработка этого месторождения породила своего рода эйфорию на рынке нефти Северной Америки. Если 15 лет назад добыча сланцевой нефти на этом месторождении составляла 60 тыс. баррелей в сутки, то сегодня более 500 тысяч. По мере проведения разведочных работ запасы нефти этого месторождения увеличились со 150 млн баррелей до 11 млрд баррелей нефти.

Наряду с месторождением Баккен добыча сланцевой нефти ведется также на месторождениях в штатах Техас и Нью-Мексико. США планируют к 2035 году увеличить добычу нефти из плотных сланцевых пород вдвое.

В России начальной точкой отсчета в развитии сланцевой промышленности можно считать 1918 год, когда было принято постановление о добыче и переработке горючих сланцев, организованы систематическое изучение, разведка запасов и их промышленная разработка. Разработка месторождений велась посредством добычи горючего сланца с последующей его переработкой. Пиковый уровень добычи в СССР достигал 36 млн. тонн в год. Значительная часть приходилась на Эстонию, где добыча и переработка горючего сланца продолжается и по сей день.

Горючий сланец — полезное ископаемое из группы твёрдых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы (близкой по составу к нефти). Сланец образуется на дне моря из растительных и животных остатков, состоит из преобладающих минеральных (кальциты, доломит, гидрослюда, монтмориллонит, каолинит, полевые шпаты, кварц, пирит и др.) и органических частей (кероген), последняя составляет 10-30 процентов от массы породы и только в сланцах самого высокого качества достигает 50-70 процентов.

Используют сланцы как местное топливо, сырьё для получения жидкого топлива, вяжущих строительных материалов, сырьё для получения битумов, масел, фенолов, бензола, толуола, ксилолов, нафтолов, ихтиола и др.

Но иметь залежи горючего сланца мало, надо его, во-первых, добыть, во-вторых, переработать. Существует два основных способа получения необходимого сырья из горючих сланцев. Первый — это добыча сланцевой породы открытым или шахтным способом с ее последующей переработкой на специальных установках-реакторах, где сланцы подвергают пиролизу без доступа воздуха, в результате чего из породы выделяется сланцевая смола. Второй способ — добыча сланцевой нефти непосредственно из пласта. Метод предполагает бурение горизонтальных скважин с последующими множественными гидроразрывами пласта. При этом часто необходимо проводить термический или химический разогрев пласта. Очевидно, что такого рода добыча существенно сложнее и дороже добычи традиционной нефти, т.е. является весьма затратным способом с высокой себестоимостью конечной

продукции. Себестоимость барреля нефти на выходе оказывается 75-90 долл. (в ценах 2005 года).

Оба способа страдают теми или иными существенными недостатками. Развитие добычи горючих сланцев с их последующей переработкой в значительной степени сдерживается проблемой утилизации большого количества углекислого газа (CO₂), выделяющегося в процессе извлечения из него сланцевой смолы. Проблема утилизации CO₂ до сих пор не решена, а его выпуск в атмосферу грозит масштабными экологическими катастрофами.

Таким образом, шахтовый метод для сегодняшней ситуации не реален, а открытым способом сланцы лучше не добывать. Здесь сразу возникает много вопросов. Во-первых, куда девать вскрышные породы, а во-вторых - куда девать подземные солёные воды? Ведь спуская их в открытые водоёмы, мы можем остаться без питьевой воды.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БОРТА КАРЬЕРА РУДНИКА «ЖЕЛЕЗНЫЙ» ОАО «КОВДОРСКИЙ ГОК» ПО ДАННЫМ МЕТОДА КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ

Розанов И.Ю, Достовалов Р.Н

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Горный институт КНЦ РАН**

Ведение крупномасштабных горных работ оказывает значительное влияние не только на обрабатываемое месторождение, но и на вмещающий их массив. При современных масштабах добычи полезных ископаемых нарушения устойчивости массива горных пород могут проявиться на значительных площадях, многократно превышающих размеры горных отводов, в том числе в виде динамических форм проявления горного давления (например, техногенных землетрясений).

Одним из основных факторов, определяющим закономерности развития процесса сдвижения и деформирования горных пород и земной поверхности в области влияния разработки месторождений, является изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород, поскольку при достижении критических уровней деформаций в массиве создаются условия неустойчивого равновесия системы. В связи с этим, на месторождениях полезных ископаемых разрабатываемых открытым способом обостряется проблема обеспечения устойчивости уступов и бортов карьеров.

Для высокопрочных и высоконапряженных массивов горных пород, при углублении горных работ и усложнении условий отработки месторождений, необходимо проведение геодинамического мониторинга НДС массива горных пород, позволяющего оценивать устойчивость борта карьера, при этом одним из наиболее перспективных методов мониторинга является метод космической геодезии. В отличие от геодезических наблюдений по традиционным методикам, использование комплексов спутниковой геодезии позволяет произвести одновременно измерение смещений реперов наблюдательных станций во всех трех плоскостях в любую погоду и независимо от времени суток.

Горный институт КНЦ РАН с 2007 года проводит регулярные измерения методом космической геодезии в карьере рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК». В результате проведенного анализа данных измерений были определены значения перемещений различных участков борта карьера, а также направления и величины скоростей этих перемещений, как для всего периода наблюдений, так и по годам. Выдвинуты предположения о влиянии на состояние приконтурного массива объемов очистных работ в процессе отработки месторождения.

ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДСЧЕТА ПЛОЩАДИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В СИСТЕМЕ MINEFRAME

Савин Е.М.

Горный институт КНЦ РАН

Несмотря на большие достижения в области математического моделирования производственных систем, стремительное развитие вычислительной техники, значительные капитальные вложения в информационные технологии, на многих предприятиях уровень планирования горных работ по-прежнему остается крайне низким. Таким образом, повышение качества планирования – задача, актуальная для большинства горных предприятий.

Для решения задачи повышения производительности труда и качества планирования горных работ в программном комплексе MINEFRAME разработан модуль планирования горно-проходческих работ, в состав которого входят 5 блоков. С помощью инструментальных средств модуля пользователь может осуществлять автоматизированные подсчет объемов выемки горной массы при проходке горных выработок, планирование объемов выемки в течении заданного периода времени (квартала, год), подбор комплекса проходческого оборудования для каждой горной выработки, планирование расхода материалов и взрывчатых веществ, а также составление сметной стоимости планируемых к проходке горных выработок.

Каждый блок планирования выполняет свою строго определенную задачу и является вместе с тем органической частью всей системы, осуществляя последовательную детализацию производственного процесса горнопроходческих работ. Модуль позволяет строить модели годового, квартального и месячного планирования с последовательным увеличением детализации параметров и показателей вариантов ведения горных работ, полноты учета особенностей применяемой технологии, степени формализации объекта моделирования. Модель каждого последующего этапа включает в себя в качестве исходной информации результаты, полученные на предыдущем этапе.

Структура и возможности модуля текущего планирования горнопроходческих работ постоянно совершенствуется, чтобы повысить оперативность и достоверность принятия правильных решений на начальном этапе ведения горных работ.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на соответствие планируемых объемов горных выработок их фактическим значениям, является точность цифрового представления геометрии поперечного сечения выработок. В программном комплексе MINEFRAME разработан модуль построения сечения позволяющий получать наиболее точные значения площади поперечного сечения выработки.

МОРСКАЯ НЕФТЬ – НОВЫЙ ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ

Смирнова Т.И.

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

В ближайшем будущем нефть в мире будет оставаться важнейшим видом топлива и сырья. Этот источник энергии питает мировую экономику на протяжении почти двух столетий. На начало столетия на нефть приходилось 38 % всей выработанной энергии (в нефтяном эквиваленте). Второе место занял природный газ (29 %), затем – уголь (22 %). На долю атомных и гидроэлектростанций пришлось всего по 6 %.

В последней четверти XX столетия отмечалось бурное развитие морской нефтедобычи. Оказалось, что шельфы, а также глубоководная часть многих морей и океанов, являются высокоперспективными территориями. Морская нефть в общем объеме добываемой нефти в мире составляет уже более 40 %. Продуктивность скважин на месторождениях шельфа значительно выше, чем на суше. Открыт ряд нетрадиционных нефтегазоносных бассейнов. Так, в пределах Зондского шельфа (Вьетнам) были выявлены крупные залежи нефти в гранитах. Есть и другие неординарные, неклассические открытия.

Месторождения, разрабатываемые в море, стали в наши дни важнейшей частью нефтегазового комплекса мира. Добыча нефти и газа ведется в акваториях 35 стран, с акваторией Мирового океана связаны основные перспективы дальнейшего развития добычи.

По прогнозу Международного энергетического агентства, к 2030 г. ожидается увеличение мирового потребления нефти по сравнению с 2000 г. в 2 - 2,2 раза, а газа – в 3 - 3,2 раза.

Предполагается, что основные открытия и приросты запасов и добычи углеводородов в мире, будут происходить в шельфовых и глубоководных зонах акваторий. По оценкам ученых и специалистов, площадь распространения нефтеперспективных отложений составляет свыше 15 млн. км². При этом наиболее перспективной является мелководная часть акватории Мирового океана – континентальный шельф, наиболее доступный для освоения углеводородных ресурсов. Именно на акваториях в последние десятилетия отмечается наибольший прирост запасов, и открываются крупные и уникальные месторождения (шельфы Бразилии, Анголы, Нигерии, Вьетнама и других стран, в России – шельфы морей Баренцева, Карского, о-в Сахалин). При этом важнейшей мировой тенденцией последних лет является смещение поисковых работ и добычи нефти в глубоководные области морей и океанов на континентальный склон (Бразилия, Мексиканский залив, страны Западной Африки). В Бразилии около 70 % общей добычи нефти обеспечивается глубоководными (400 – 2 000 м) морскими месторождениями Марлин, Ронкадор и другими с суммарными запасами более 1 млрд т. Объектами поисковых работ становятся районы с глубинами моря до 3 000 м. За счет высоких дебитов и качества нефти себестоимость добычи на глубоководных месторождениях в отдельных районах составляет 6–8 долларов за баррель.

Согласно целому ряду исследований, общие потенциальные ресурсы нефти и газа дна Мирового океана оцениваются в 1,8–2,1 млн. т условного топлива, что намного превышает разведанные запасы углеводородного сырья на суше. К настоящему времени в мире известно более 1 000 достаточно крупных морских месторождений нефти и газа.

В мире пробурено уже более 5 000 глубоководных разведочных и добывающих скважин. Первое место по числу пробуренных глубоководных скважин занимают США, на долю которых приходится 40 % общего числа пробуренных в мире скважин (все они расположены в Мексиканском заливе), за ними следуют Европа – 18 %, Африка – 12 %, Латинская Америка – 10 %, Дальний Восток – 9 %, Австралия – 5 %, приграничная Канада – 2 %. На Ближний Восток и Россию приходится менее 1 %.

В среднем коэффициент успешности пробуренных глубоководных разведочных скважин в мире составляет 28 %, причем наибольший коэффициент (39 %) достигнут в Африке за счет работ на шельфе в дельте Нила (с 1999 г. он достиг 80 %).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУД КОМПЛЕКСНОГО КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Смольняков А.А., Марчевская В.В.
Горный институт КНЦ РАН**

Комплексное месторождение апатит-магнетитовых руд находится на юго-западе Ковдорского массива и до настоящего времени разрабатывается открытым способом ОАО «Ковдорский ГОК». Месторождение представляет собой крутопадающий штотверк жил, в расположении которых выявлена определённая концентрическая зональность.

Породно-рудный комплекс месторождения является неслоистым. Границы между смежно залегающими породами, как правило, нечёткие, устанавливаются только по смене минерального состава, исключением являются ярко выраженные контакты линейных даек карбонатитов.

Внешние контуры рудной залежи сложные, извилистые. Морфология залежи осложнена многочисленными жильными ответвлениями во вмещающие породы, наличием среди руд останцев вмещающих пород и секущих тел карбонатитов. Границы с вмещающими породами определяются только по результатам опробования.

В геологическом строении продуктивной толщи принимает участие сложный комплекс пород. Комплексные руды подразделяются на два геолого-промышленных типа: бадделеит-апатит-магнетитовые и маложелезистые апатитовые руды. В целом оба типа руд представляют геологически единый вид комплексных руд, которые в основном слагают ядро залежи, где тесно переплетаются друг с другом и с вмещающими породами. Рудовмещающими породами месторождения являются фениты, ийолиты, гипербазиты.

Обогащительный комплекс Ковдорского ГОКа в его нынешней структуре осуществляет переработку комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд с производством из них железорудного, апатитового и бадделеитового товарных концентратов.

Таким образом, сложное строение Ковдорского месторождения комплексных руд определяет предпосылки целесообразности предварительного кускового обогащения руд, поступающих на обогащательную фабрику.

Исследования проведены на материалах геолого-геофизического опробования разведочных скважин, пробуренных на месторождении в 2011 году. Анализ этих данных подтвердил факт перемежения различных типов руд и пород друг с другом в рудном теле.

По данным каротажа магнитной восприимчивости с учетом геологического поинтервального опробования скважин изучены распределения содержаний железа общего и железа магнетитового, рассчитаны фракционный состав и теоретические показатели предварительного обогащения руд крупностью 400 мм.

Установлено, что из руд Ковдорского месторождения такой крупности при разделении по величине магнитной восприимчивости горных пород может быть выделено в кусковые хвосты до 40 % пород с содержанием железа общего 8,4 % и железа магнетитового 6,0 %. При этом содержание железа магнетитового в обогащенном продукте повысится на 30 %, а содержание железа общего - на 25 %.

В дальнейшем будут проведены экспериментальные исследования по эффективности применения предконцентрации комплексных руд Ковдорского месторождения с использованием различных физических методов: выделение из исходной рудной массы кусков с повышенным содержанием магнетита, а из отсортированных в крупнокусковые хвосты пород - руд, обогащенных апатитом.

Процесс предварительного обогащения будет способствовать снижению нагрузки на дробильно-измельчительный комплекс, переделы глубокого обогащения и уменьшению эксплуатационных затрат на транспортировку хвостов и обслуживание хвостохранилищ, а также позволит улучшить экологическую обстановку в районе горно-обогащительного комбината.

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФЕЛИНОВОГО КОНЦЕНТРАТА

**Степанникова А.С., Иванова Е.В.
Апатиты, Горный институт КНЦ РАН**

Проблема комплексного использования минерального сырья при его добыче и переработке, а также проблема уменьшения трудозатрат на производство единицы получаемой продукции становятся в настоящее время наиболее актуальными. Это связано с рядом причин, в числе которых обеднение рудных массивов по содержанию ценных компонентов, накопление значительных объемов отходов горнорудного производства, нарушение экологической обстановки в регионах интенсивной добычи и переработки полезных ископаемых. В этой связи остро встает вопрос модернизации технологии обогащения апатит-нефелиновых руд, направленной на комплексность и глубину их переработки.

Технологическая схема получения нефелинового концентрата на АНОФ-2 ОАО «Апатит» из хвостов апатитового производства включает последовательные операции классификации, магнитной сепарации в слабом магнитном поле, основную и контрольную флотацию и полиградиентную сепарацию, эффективность которой очень низкая в связи с большим содержанием инородных примесей, в основном щепы. Назначение операции классификации

заключается в выведении из дальнейшего процесса материала крупностью $-0,040\text{мм}$ и $+0,2\text{мм}$. Реализация данной схемы позволяет получать нефелиновый концентрат с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{общ}}$ 28,38% и извлечением 64%.

В лабораторных условиях разработана технология получения нефелинового концентрата с применением магнитной сепарации до и после флотации в активированных водных дисперсиях воздуха (АВДВ).

Питанием предлагаемой технологической схемы являлись классифицированные хвосты апатитового цикла. Немагнитная фракция первого приема магнитной сепарации направлялась на основную нефелиновую флотацию в АВДВ. Камерный продукт флотационного разделения служил питанием магнитной сепарации второго приема.

Исходное питание нового варианта технологической схемы и продукты разделения подвергались минеральному и химическому анализу. Установлено, что в питании нефелинового цикла содержание $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{общ}}$ изменялось от 20,94% до 22,11%. Целью исследований являлось получение кондиционного нефелинового концентрата при увеличении извлечения полезного компонента.

Полученные результаты позволяют констатировать возможность получения нефелинового концентрата с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{общ}}$ около 29% при извлечении свыше 83%. При этом следует отметить снижение эксплуатационных затрат за счет исключения из технологии операции высокоградиентной магнитной сепарации, являющейся энерго- и материалоемкой.

ИНСТРУМЕНТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MINEFRAME НА УГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КУЗБАССА

Д.А. Торопов, К.П. Гурин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт КНЦ РАН

Современные информационные технологии за последние годы стремительно развились и внедрились почти во все сферы производственных процессов. Горное дело также не остается в стороне. Появилось множество программных продуктов, которые ускоряют процесс обработки информации и принятия решения по развитию горных работ. Одним из таких продуктов является программный комплекс MINEFRAME, который в настоящее время внедряет на угольных разрезах «Кузбасской топливной компании» (КТК) – одно из крупнейших производителей энергетического угля в Западной Сибири. Стремясь стать лидером среди угольных компаний, КТК ориентируется на применение современных технологий горного производства, одним из таких направлений стало использование компьютерных технологий моделирования в планировании и геолого-маркшейдерском обеспечении горных работ.

В рамках работ по внедрению в подразделения КТК разработанной Горным институтом КНЦ РАН горно-геологической информационной системы MINEFRAME были созданы трехмерные модели ряда угольных месторождений. Модели необходимы для моделирования запасов месторождения и работы на их основе инструментов автоматизированного планирования.

В основу инструментов планирования открытых горных работ на пластообразных месторождениях в программном комплексе MineFrame положен принцип последовательной обработки разрезов (сечений) построенных по геологической модели и поверхности карьера. Он позволяет в интерактивном режиме формировать прирезки в карьере, рассчитывать их объемы и корректировать текущее положение карьера с учетом выемки этих прирезок. Инструменты реализуют шаблон рабочей зоны с заданными параметрами по каждому уступу: линии почвы и кровли уступа, угол откоса уступа, ширина площадки. Пользователь, интерактивно перемещая этот шаблон в каждом из разрезов на участке борта карьера, контролирует объемы ПИ и вскрышных пород, которые будут отработаны в текущем положении шаблона по уступам, на разрезе и в целом по карьере, достигает требуемых показателей плана.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДАМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ СТЕСНЕННОГО ПАДЕНИЯ ЧАСТИЦ ПЛАСТИНЧАТОЙ ФОРМЫ

Фомин А.В., Хохуля М.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Горный институт КНЦ РАН

Определение скорости стесненного движения частиц пластинчатой формы играет важную роль при выборе и обосновании оптимальных параметров гравитационного обогащения мелкоразмерных слюдяных руд.

В настоящее время для вычисления скорости стесненного движения предложено множество формул. Многие исследователи считают, что скорость стесненного перемещения частиц v_{cm} может быть определена по формуле:

$$v_{cm} = v_o m^n \quad (1)$$

где v_o – скорость свободного движения частицы, см/с; m – коэффициент разрыхления; n – показатель степени, зависящий от многих переменных, в том числе и формы частиц.

Выбор значения показателя n в каждом конкретном случае затруднителен. По различным данным показатель n рекомендуется в пределах от 0,75 до 3. Строгость обоснования значения показателя n отсутствует, что не позволяет адекватно оценивать технологические возможности гравитационного процесса обогащения слюдяных руд.

Для расчета объема гравитационного аппарата работающего с взвешенным слоем, важно знать зависимость между высотой взвешенного слоя и всеми гидродинамическими, физическими и геометрическими характеристиками процесса.

В качестве исходного материала для опытов использовались диски различного диаметра и толщины из листового алюминия и слюды (мусковита), экспериментальное определение скорости стесненного движения которых в водной среде проводилось по высоте столба, взвешенного в стеклянной трубке материала.

Скорость восходящего потока воды, а, следовательно, и скорость стесненного движения определялась при разном коэффициенте m , т.е. при разной высоте взвешенного слоя. Это позволило с достаточной точностью рассчитать показатель n в формуле (1).

Разработка модели стесненного падения частиц производилась с использованием программного комплекса ANSYS, с привлечением методов вычислительной гидродинамики. Адекватность модели оценивалась по экспериментальным данным, полученным ранее. В таблице представлены результаты численного моделирования и эксперимента по определению скоростей стесненного падения частиц пластинчатой формы.

Таблица. Результаты измерения скорости стесненного падения дисков при различном коэффициенте разрыхления

d	h	Q	S	v_{cm}	$V_{тв.}$	$H_{экс.}$	$H_{мод.}$	$m_{экс.}$	$m_{мод.}$	$ H_{мод.} - H_{экс.}/H_{экс.} * 100$
0.6	0.08	90.9	10.75	8.46	5.5	3.5	3.41	0.85	0.85	2.6
0.4	0.05	87.7	10.75	8.16	7.4	5.5	5.46	0.87	0.87	0.7
0.2	0.05	20.4	3.80	5.37	3.7	3.5	3.37	0.72	0.71	3.7
0.3	0.08	37.0	3.80	9.74	2.8	3.5	3.56	0.79	0.79	1.7
0.3	0.05	82.6	10.75	7.68	11.1	5.0	5.51	0.79	0.81	10.2
0.2	0.02	19.8	3.80	5.21	3.7	7.5	7.47	0.87	0.87	0.4

Использованы следующие обозначения: d - диаметр частиц, см; h - толщина частиц, см; Q - расход жидкости в единицу времени, см³/сек; S - площадь поперечного сечения трубы, см²; v_{cm} - скорость стесненного падения, см/сек; $V_{тв.}$ - объем твердого во взвеси, см³; $H_{экс.}$ - экспериментальная высота взвеси, см; $H_{мод.}$ - высота взвеси при моделировании, см; $\lambda_{экс.}$ - экспериментальный коэффициент разрыхления; $\lambda_{мод.}$ - коэффициент разрыхления при моделировании; $|H_{мод.} - H_{экс.}/H_{экс.}| * 100$ - относительное отклонение высоты взвешенного слоя при моделировании от ее экспериментального значения, %.

В ходе моделирования были получены результаты, согласующиеся с экспериментальными данными и соответствующие допустимым погрешностям при расчетах скоростей стесненного

падения. Таким образом, методы вычислительной гидродинамики позволили точно определить скорость стесненного движения частиц пластинчатой формы в водной среде, что способствовало обоснованному выбору оптимальных режимов гравитационного обогащения слюдяных руд.

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ В СИСТЕМЕ MINEFRAME

**Гурин К.П., Шишкин А.С.
Горный институт КНЦ РАН**

Подготовка массива горных пород (ГП) взрывным способом к выемке является важным элементом технологии подземной добычи руды в массивах, сложенных скальными и полускальными породами. При этом главными задачами взрывной подготовки являются обеспечение оптимального гранулометрического состава раздробленной горной массы и достижение минимальных показателей потерь и разубоживания при последующей выемке полезного ископаемого (ПИ).

На сегодня существует достаточно много программных средств автоматизированного проектирования подземных массовых взрывов (МВ), которые предоставляют возможность размещения скважинных зарядов в границах отбиваемого массива. Однако эти программные средства не решают задачу моделирования границ отрыва горной массы от массива.

Целью работы, материалы которой представлены в докладе, является разработка программных средств проектирования и моделирования подземного МВ, а именно:

- Проектирование размещения скважин,
- Формирование конструкций зарядов скважин,
- Моделирование поверхности отрыва,
- Расчет показателя разубоживания руды,
- Формирование отчетной документации.

В ходе работы были решены следующие задачи:

- Разработан инструмент проектирования подземных МВ, который позволяет размещать скважинные заряды в границах отбиваемого массива с учётом горногеологических условий и параметров бурового оборудования. Инструмент также предоставляет возможность автоматизированного формирования технологической документации.
- Реализован алгоритм моделирования границы отрыва горной массы от массива ГП. Алгоритм основан на расчёте зон регулируемого дробления и позволяет на основе моделей скважинных зарядов, характеристик массива ГП, расположению и форме свободной поверхности рассчитать параметры отрыва при взрыве вееров зарядов вблизи свободной поверхности.

Разработанные инструменты проходят проверку в режиме опытно-промышленной эксплуатации.