

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПЛЕКСА ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ПАРАМЕТРОВ МАЛЫХ КАРЬЕРОВ

ТЕРЕХИНА Ю. В.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

Среди объектов проектирования горных работ значительную долю в последнее время занимают малые и средние по запасам месторождения. Такое положение, вероятно, сохранится и на ближайшую перспективу. Главные параметры малых карьеров обычно находятся в пределах: глубина до 80-120 м, производственная мощность по полезному ископаемому 50-500 тыс. т в год, срок отработки от одного года до 5 лет.

Для крутопадающих и наклонных месторождений основным определяющим параметром является глубина карьера (конечного или определенного этапа), а для горизонтальных и пологопадающих, как правило, определяют размеры и форму в итоге.

К числу параметров относятся также размеры запасов полезного ископаемого в контуре карьера, срок и интенсивность отработки, производственная мощность и др.

Все основные параметры взаимосвязаны известными технологическими соотношениями:

$$T = \frac{H_k}{h_y} = \frac{Z}{A}, \quad Z = H_k \cdot L_{cp} \cdot B_{cp}, \quad A = h_y \cdot L_{cp} \cdot B_{cp},$$

где  $T$  – срок отработки карьера с глубиной  $H_k$ ;  $h_y$  – среднегодовая скорость понижения горных работ;  $Z$  – запасы в контуре карьера;  $A$  – производственная мощность по полезному ископаемому;  $L_{cp}, B_{cp}$  – средние длина и горизонтальная мощность залежи.

При работах технико-экономических обоснований часть параметров может быть задана, а другая подлежит определению.

Что касается экономических факторов, участвующих в решении задач, то часть из них являются заданными (например, цена товарной продукции), другие рассматриваются как ограничения.

Для малых карьеров в современных экономических условиях большую роль имеет предпроектная стадия технико-экономических обоснований. Она является первоначальным этапом освоения месторождения и предназначается для проведения приближенных экономических расчетов, позволяющих оперативно определять основные параметры будущего карьера, предварительно оценить целесообразность вложения средств, в т. ч. на приобретение права собственности, на проведение дополнительной геологической разведки, на проведение технологических испытаний с целью определения качества товарной продукции и цены будущего объекта, др.

На предпроектной стадии к методике технико-экономических обоснований и оптимизации параметров карьеров предъявляются следующие требования:

1. Расчеты, в отличие от обычного сметно-технологического проектирования, должны, как правило, по требованию инвестора выполняться в кратчайшие сроки (дни, а не месяцы). Время на принятие решений по многим вопросам, связанным с необходимостью вложения больших затрат, например на приобретение лицензий, доразведку месторождения, приобретение нового оборудования, оказывается сильно ограниченным. Если раньше подобные вопросы решались на основе проектных проработок, выполнение которых занимало несколько месяцев, то сейчас, особенно в условиях конкурентной ситуации, обоснование требуется выполнить быстро, иногда в течение нескольких дней.

2. Оценке должно подвергаться достаточно большое количество возможных вариантов для расширения диапазона разных значений исходных данных, что позволяет при отсутствии достаточно достоверных исходных данных повысить обоснованность выводов и рекомендаций.

3. Экономические расчеты могут быть хотя и приближенными, но достоверными, т. е. опираться на реальные цены, нормативы платежей, учитывать правовые требования и, кроме того, должны учитывать динамическую картину процесса реализации с указанием ежегодных расходов и доходов по всем видам затрат за длительный период времени или за весь срок. Все расчеты требуется выполнить, как правило, в нескольких вариантах для разных значений исходных данных.

4. В качестве экономических критериев должны применяться показатели в соответствии с требованиями действующих СНиПов, определяемые на основе расчетных потоков денег по каждому оцениваемому варианту (например, предельный размер капиталовложений), а часть подлежат определению.

Технико-экономические задачи, решаемые на предпроектной стадии применительно к малым карьерам, разнообразны, и часть задач отличаются от тех, которые рассматривались ранее в технической литературе и учебниках.

Это отличие заключается не только в малых размерах месторождений, о чем сказано выше, но и, прежде всего, в изменившихся организационно-экономических условиях и требованиях. Заказчиками часто вы-

ступают не государственные органы или крупные объединения, а частные предприниматели или акционерные общества с ограниченными размерами инвестиций и специфическими требованиями к качеству товарной продукции, к показателям проекта, срокам и т. п. К числу основных условий объекта обычно относится получение максимальной прибыли, минимального срока окупаемости.

Если ранее типичной задачей была задача определения только конечной глубины при прочих заданных и постоянных параметрах (как это выражено в известных формулах П. И. Городецкого, В. В. Ржевского и др.), то в настоящее время задачи в методическом отношении становятся сложнее, так как ставится цель определить такой комплекс параметров, включая глубину карьера, при котором могут быть достигнуты наилучшие экономические показатели, рассматриваемые не только как конечный результат, но и в динамике, за каждый год оцениваемого срока.

В качестве примера для условий крутопадающих месторождений приведены следующие задачи:

1. Определить производственную мощность ( $A$ ), глубину ( $H_k$ ), и длину карьера ( $L$ ), обеспечивающие в комплексе достижение максимального дохода, если запасы месторождения ( $Z$ ) условно неограниченны, а заданными являются срок эксплуатации карьера ( $T$ ), величина капиталовложения ( $K$ ) и срок их окупаемости ( $t_{ок}$ ). В общем виде эта задача может быть записана в следующем виде:

$$(H_k, A, L, T, K, t_{ок})_{опт} \rightarrow ЧДД_{max}$$

2. Определить требуемый объем капитальных вложений ( $K$ ) и глубину карьера ( $H_k$ ), если заданы производственная мощность ( $A$ ), срок окупаемости ( $t_{ок}$ ):

$$(K, H_k, A, T)_{опт} \rightarrow ЧДД_{max}$$

3. Определить производственную мощность ( $A$ ), срок эксплуатации карьера ( $T$ ), если заданы глубина карьера ( $H_k$ ), запасы в контуре карьера ( $Z$ ), предельно допустимые капиталовложения ( $K$ ) и срок их окупаемости  $t_{ок}$ :

$$(A, T, H_k, Z, K, t_{ок})_{опт} \rightarrow ЧДД_{max}$$

Приведенные примеры указывают на то, что в зависимости от горно-технических и экономических условий, а также требований инвестора, в практике предпроектных работ могут оказаться востребованными задачи с различными сочетаниями параметров, подлежащих определению, и с разными показателями исходных данных.

В общем случае они могут быть представлены в следующем виде:

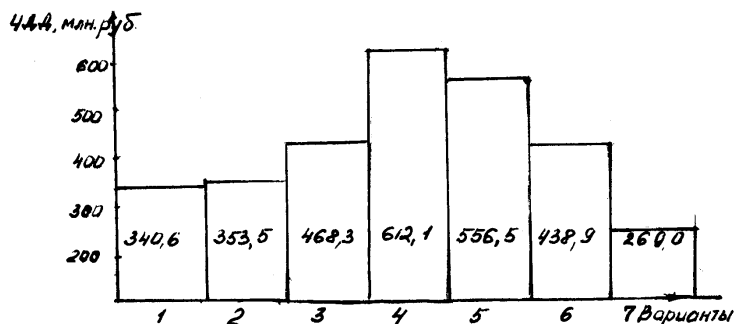
$$(H_i, A_i, T_i, Z_i, K_i, t_{окi} \dots)_{опт} \rightarrow ЧДД_{max}$$

В этом комплексе вариантов определяемые параметры не могут быть приняты произвольно, а могут быть назначены лишь в итоге технологического анализа.

Варианты комплексов подвергаются, в соответствии с методикой технико-экономического обоснования, расчетам, в результате которых в качестве оптимального принимается оптимальный вариант, т. е. соответствующий принятым экономическим критериям.

Таким образом, определяется рациональное сочетание главных параметров карьера, обеспечивающих наилучшие экономические результаты.

Результаты технико-экономических расчетов могут быть представлены в виде диаграмм и таблиц (см. таблицу и рисунок).



Влияние вариантов комплекса значений главных параметров карьера на ЧДД

Варианты комплексного изменения главных параметров карьера

Показатели	1	2	3	4	5	6	7
$H_k$ , м	170	190	210	190	210	170	170
$A$ , млн т/год	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,3	1,2
$T$ , лет	19	20	21	19	19	20	21
$Z$ , млн т	26,6	28	29,4	28,5	30,4	26	25,2
ЧДД, млн руб.	340,6	353,5	468,3	612,1	556,5	438,9	269,0

Из диаграммы и таблицы следует, что оптимальным вариантом, при котором величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД) наибольшая, является 4-й, который представляет следующее сочетание параметров (глубина карьера  $H = 190$  м, производственная мощность  $A = 1,5$  млн т/год, срок отработки  $T = 19$  лет, размер запасов в контуре карьера  $Z = 28,5$  млн т).

Мало отличается от оптимального (всего лишь на 11 %) 5-й вариант, который также может быть принят. Остальные варианты (1, 2, 3, 6 и 7-й) хотя и могут быть реализованы технологически, но по экономическим показателям исключаются из дальнейшего рассмотрения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Арсентьев А. И.* Определение производительности и границ карьера. М.: Госгортехиздат, 1961.
2. *Хохряков В. С., Саканцев Г. Г., Яшкин А. З. и др.* Экономико-математическое моделирование и проектирование карьеров. М.: Недра, 1977.
3. *Шестаков В. А., Дулин А. Н.* Методы оптимизации производственной мощности рудников: Учебное пособие. Новочеркасск: Изд-во Н. Т. П. 1984.
3. *Методика геолого-экономической переоценки запасов месторождения твердых полезных ископаемых.* М., 1996.

### ПОДГОТОВКА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*РЕННЕР В. В.,*

Уральская государственная горно-геологическая академия

Топографические карты и планы со временем постепенно перестают соответствовать местности вследствие ее изменений, возникающих под влиянием природных факторов и, главным образом, под влиянием деятельности человека.

Задачей обновления топографических карт и планов является приведение их содержания в соответствие с современным состоянием местности.

Карты и планы необходимо обновлять, если возникают затруднения в применении их для решения хозяйственных, инженерных и научно-технических задач. Обновление карт и планов следует производить:

- если построены новые или значительно расширены имеющиеся промышленные предприятия или промыслы полезных ископаемых;
- построены новые железные или шоссейные дороги и др.

#### Обновление топографических карт

Для обновления топографических карт, как правило, производится аэрофотосъемка местности. На участках, где недавно выполнены топографические съемки в более крупных масштабах, обновление производится по материалам этих съемок.

При обновлении карт по материалам аэрофотосъемки используют имеющуюся геодезическую основу, а также съемочное обоснование (опознаки), полученные при создании обновляемой карты.

В зависимости от рельефа местности, насыщенности контуров, количества и характера изменений местности применяются следующие способы обновления и исправления топографических карт по материалам аэрофотосъемки:

- обновление карты на основе нового фотоплана;
- исправление по аэроснимкам, приведенным к масштабу карты, копии оригинала карты на прозрачном пластике;
- исправление копии оригинала карты по модели местности, построенной на универсальном топографическом проекторе (УТП-2).

Решение об обновлении топографических карт того или иного участка принимается на основе имеющихся данных об изменениях местности. Эти сведения получают по дежурным картам, по сведениям о работах разных организаций в данном районе и выполненным ими съемкам, по мелкомасштабным фотоснимкам (не мельче 1:1000000).

Если этих сведений недостаточно, то производится аэрофотосъемка. Из сравнения карты с аэроснимками определяются объем и характер изменений местности.

#### *Составление технического проекта работ*

Для проведения работ составляется технический проект, в котором определяются объем и технология работ, необходимые технические средства, трудовые и денежные затраты.

## *Аэрофотосъемка*

Аэрофотосъемка производится в соответствии с действующими Основными положениями по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов, 1982 и выполняется не более чем за 1 год до начала камеральных работ по обновлению карт.

### *Подготовительные работы*

Подготовительные работы включают сбор и систематизацию материалов картографического значения на данный район, полученных после создания обновляемой карты, анализ изменений местности и качества обновляемой карты, разработку рабочего проекта камеральных работ, составление редакционных указаний.

Сбор материалов картографического значения следует производить наиболее полно. Это имеет большое значение для обеспечения камерального дешифрирования, нанесения многих объектов, не изобразившихся на аэроснимках, сокращения объема работ по полевому обследованию.

Анализ точности обновляемой карты производят путем ее сравнения с более поздними ведомственными съемками, удовлетворяющими точности обновляемой карты; путем нанесения на карту геодезических пунктов, опознаков и реперов нивелирования, полученных после составления карты, и проверки согласования их положения с окружающими контурами (по абрисам пунктов) и высотами горизонталей. Анализ точности проводят также по материалам отчетов о геодезических и топографических работах, выполненных при создании карты (по формулярам карты с данными о методике составления, по невязкам, полученным при контроле различных процессов работ, и др.).

Качество обновляемой карты проверяют также в части соответствия ее современным требованиям к содержанию, принятым условным знакам и системе координат.

Карта считается удовлетворяющей требованиям точности, если средние расхождения в плановом положении точек фотограмметрической сети и соответствующих точек карты не превышают 0,6 мм для равнинных и всхолмленных районов и 1,0 мм – для горных, высокогорных и пустынных районов.

### *Дешифрирование аэроснимков при обновлении карт*

Дешифрирование аэроснимков при обновлении топографических карт выполняется, как правило, камерально с последующим полевым обследованием. Имеющиеся материалы о местности (карты, аэроснимки, эталоны полевого дешифрирования, полученные при создании обновляемой карты, ведомственные материалы картографического значения) обеспечивают возможность камерального дешифрирования большинства топографических объектов. Полевое обследование проводится для уточнения и контроля дешифрирования, съемки объектов, не изобразившихся на аэроснимках, определения характеристик и названий.

Камеральное дешифрирование при обновлении карт включает следующие этапы:

а) выявление изменений местности путем сличения карты с новыми аэроснимками; при этом используются ведомственные материалы картографического значения. Элементы содержания карты, исчезнувшие в натуре, зачеркивают или сразу удаляют на копии оригинала карты;

б) дешифрирование изменений по аэроснимкам (с применением лупы, стереоскопа, а в необходимых случаях – интерпретоскопа). При этом используют старые эталоны полевого дешифрирования (если они сохранились) или оттиск обновляемой карты, все ведомственные материалы и редакционные указания. Результаты дешифрирования фиксируют на аэроснимках упрощенными условными знаками и пояснительными надписями или полностью вычерчивают на новом фотоплане;

в) перенос требуемых характеристик, пояснительных надписей и названий с ведомственных материалов, а также измерение характеристик по аэроснимкам;

г) фиксация на восковке (накладываемой на фотоплан или карту) положения объектов, не поддающихся дешифрированию, или отдешифрированных неуверенно; не изобразившихся на аэроснимках, но имеющих на ведомственных материалах; а также объектов, для которых требуется установление характеристик и названий. Эта восковка используется при составлении проекта и выполнении полевого обследования.

Выявление изменений ситуаций и их дешифрирование производят по частям аэроснимка, ограниченными четкими контурами или формами рельефа. Сначала проверяют соответствие карты аэроснимку по населенным пунктам, затем по дорожной сети, линиям связи и электропередачи, гидрографии. Далее проверяют правильность, полноту и детальность изображения контуров и местных предметов, полноту характеристик, правильность применения условных знаков. В процессе выявления изменений ситуации, рассматривая аэроснимки стереоскопически, следует проверять рельеф (соответствие стереомодели изображению рельефа на карте). При наличии изменений эти места отмечают для последующего исправления.

Выявив изменившиеся или вновь появившиеся объекты, определяют их контуры и содержание на основании прямых и косвенных дешифровочных признаков с учетом природных взаимосвязей и взаимообу-

словленностей. При этом руководствуются эталонами и образцами дешифрирования (а при их отсутствии – оттиском карты) и данными ведомственных материалов.

### ***Геодезическая основа***

Плановым обоснованием при обновлении карт служат геодезические пункты и точки съемочной сети (опознаки), полученные при съемке обновляемой карты.

Высотным обоснованием служат геодезические пункты, реперы нивелирования, точки съемочной сети (высотные и плано-высотные опознаки) старой съемки, а также точки с высотными отметками, подписанными на карте. Точки высотного обоснования выбираются на участках, где рельеф сохранился неизменным.

Плановое и высотное обоснования являются необходимой опорой для сетей фотограмметрического сгущения, обеспечивающих каждый аэроснимок опорными точками для трансформирования и ориентирования на карте.

Точки съемочной сети (плановые) опознают на аэроснимках, при этом средняя погрешность не должна превосходить 0,1 мм.

### ***Исправление копии оригинала карты на прозрачной или непрозрачной основе***

Исправление копии оригинала карты на прозрачной или непрозрачной основе можно выполнять на универсальном топографическом проекторе УТП-2 по аэроснимкам (контактным отпечаткам, аэронегативам, ортофотоснимкам), по фотопланам (на жесткой основе или светокопиях на пленке) или по другим картографическим материалам.

Проектор позволяет получить изображение указанных картографических материалов на копии оригинала карты на просвет или на отражение (в затемненном помещении), приводить изображение к масштабу карты и, если необходимо, трансформировать по точкам фотограмметрического сгущения. После ориентирования изображения по общим контурам на карте или по точкам сгущения выявляют изменения контуров путем сравнения карты и изображения, а затем дешифрируют эти изменения, переносят их на копию карты и вычерчивают.

### ***Оформление оригинала, сводки по рамкам, контроль и приемка работ***

Оформление обновляемого оригинала карты производят после ее камерального исправления и дополнительно после полевого обследования.

Оригинал обновленной карты должен быть проверен, откорректирован и принят начальником отдела, после чего производится редакционный просмотр. Точность обновленной карты должна удовлетворять требованиям к вновь создаваемой карте.

### **Обновление топографических планов**

Обновление топографических планов производится для приведения их содержания и соответствия с современным состоянием местности. Планы масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 поддерживаются на уровне современного состояния местности путем исправления содержания их по материалам съемок текущих изменений, исполнительных съемок вновь выстроенных зданий и сооружений, а также материалов полевых обследований и материалов аэрофотосъемки.

Точность и полнота содержания обновленных планов должны удовлетворять требованиям Основных положений, Условных знаков и Инструкции по топографической съемке.

В зависимости от характера и интенсивности изменений на местности, назначения и масштаба обновляемых планов, а также от постановки учета изменений осуществляется непрерывное или периодическое обновление топографических планов.

План считается пригодным для обновления, если средние расхождения в плановом положении точек фотограмметрической сети и соответствующих точек плана не превышают 0,6 мм для застроенной территории и равнинных районов и 1,0 мм – для всхолмленных, горных и пустынных районов, а расхождения высот точек фотограмметрической сети и соответствующих высот, подписанных на плане, не должны превышать  $\frac{1}{2}$  принятого сечения рельефа.

Правильность изображения рельефа проверяется путем сопоставления его форм, рассматриваемых стереоскопически по аэрофотоснимкам, с формами рельефа, изображенными на обновляемом плане.

Участки планов, в пределах которых расхождения в плане и по высоте превышают указанные допуски, подлежат повторной съемке.

Плановым обоснованием при обновлении планов служат пункты геодезических сетей, точки съемочного обоснования, четкие контуры и местные предметы, а высотным – нивелирные знаки, пункты геодезиче-

ских сетей, точки съемочного обоснования и характерные точки с подписанными на плане высотами (если они не изменились).

В равнинных районах со значительными изменениями на местности для обновления контурной части плана используется фотоплан, изготовленный по материалам новой аэрофотосъемки. На фотоплане производится вычерчивание всех элементов ситуации, подлежащих отображению на плане. Контурные и объекты местности, отдешифрованные неуверенно, требующие проверки и уточнения в поле, оставляют в карандаше и вычерчивают после полевого обследования.

Исправление копии оригинала плана на прозрачном пластике можно выполнять также по прозрачной полутонной копии фотоплана, совмещая их рамки, координатные сетки и общие контуры.

Обновление планов на универсальных стереофотограмметрических приборах выполняется для всхолмленных и горных районов и территорий с многоэтажной застройкой, когда изменения в контурах значительны, а также когда необходимо исправить или пересоставить отдельные участки плана. Обновление производится на копиях оригиналов планов, изготовленных на жесткой основе с точностью, установленной для планов соответствующего масштаба. На основе вычерчивают изменения и новые контуры.

Постоянное поддержание топографических планов на уровне современности производится на основе внедрения системы картографического учета, при которой обеспечивается постоянное и непрерывное поступление полноценной информации обо всех происходящих изменениях.

В результате выполнения работ по обновлению планов (карт) должны быть представлены:

- оригиналы обновленных планов;
- формуляры планов, отражающие работы по обновлению;
- комплект аэрофотоснимков, которые использовались при исправлении планов в поле;
- полевые журналы;
- калька высот (если она составлялась);
- ведомости вычислений координат и высот;
- акты контроля и приемки полевых работ.

С целью проведения инвентаризации земель комбината ОАО «Ураласбест» был выполнен анализ имеющегося на предприятии планово-картографического материала.

Согласно Единой технологии кадастровых и топографо-геодезических съемок для целей инвентаризации и ведения кадастра в городах и других поселениях в 1994-1995 гг. (Приказ Роскомзема № 26 от 20.04.94), для городов и поселений рекомендуются следующие масштабы топографической основы: 1:500, 1:1000, 1:2000.

В результате анализа выявлено:

1. Топографических планов указанных масштабов на всю территорию ОАО «Ураласбест» не имеется.
2. На отдельные участки территории комбината имеются топографические планы, а именно:
  - планы масштаба 1:500 – на территории станции Центральной, асфальтового завода, фабрик № 4, 5, 6, 7, АТП-1, АТП-2, завода РМЗ, свинарника, складов ОРСа, пос. Черемша, пос. «101 квартал». Даты съемок – 1984, 1988, 1991, 1997, 2000 гг.;
  - планы масштабов 1:1000 - на взрывоопасную полосу шириной 300 метров вокруг карьера, территории фабрик № 4, 6, завода ПОРЭМИТ, города Асбеста, свинофермы, восточных отвалов ЮОРУ. Дата съемки – 1988 год;
  - планы масштаба 1:2000 - на территории фабрик № 4, 5, 6, завода РМЗ, Северо-пролетарского отвала, отвалов № 1, 2, 3, 4-ю, города Асбеста, станции Асбест. Даты съемок – 1961, 1969, 1976 гг.

Поставленной целью является корректура границ земельных участков как собственно комбината ОАО «Ураласбест», так и других землепользователей, земельные участки которых расположены внутри земель ОАО «Ураласбест» (например, земли МПС РФ, лесного фонда и др.) или являются смежными с землями ОАО «Ураласбест».

На данные территории топографических планов поименованных масштабов либо нет, либо они требуют значительной корректуры, так как топографическая съемка была выполнена давно (15-20 лет назад). Выполнение топографических съемок для этих целей требует значительных затрат.

С другой стороны, значительные территории, по которым проходят границы земельных участков, заняты отвалами, транспортными коммуникациями, объектами незаконченного строительства и не требуют высокой точности определения координат точек поворота границ земельных участков.

Требования к точности определены в техническом проекте на межевание земель для восстановления (установления) границ землепользования объектов ОАО «Ураласбест» по согласованию с Комитетом по земельным ресурсам и землеустройству МО г. Асбест. За базовый масштаб картографического материала для инвентаризации земель был выбран масштаб 1:10000 с условием нанесения границ земельных участков на территории населенных пунктов на плане в масштабе не менее 1:2000.

На территорию горнопромышленного комплекса имеются карты масштаба 1:10000, созданные по материалам стереотопографической съемки 1982 года.

Учитывая, что на территории ОАО «Ураласбест» с технологическими целями ежегодно выполняется аэрофотосъемка, с целью корректуры топографической съемки были проанализированы материалы залетов и выбран залет 1996 года.

Аэрофотоснимки этого залета покрывают практически полностью территорию комбината. Характеристики залета следующие:

- фотографическое качество хорошее;
- отсутствие изображения облаков, теней от них, царапин, посторонних пятен, бликов, полос;
- детали проработаны четко;
- отсутствие вуали;
- продольное перекрытие – не менее 60 %;
- поперечное перекрытие – не менее 32 %;
- непрямолинейность маршрутов – 2 %;
- непараллельность базиса фотографирования стороне аэроснимка – 2°;
- выравнивание пленки допустимое.

В результате можно сделать вывод, что залет может быть использован для целей корректуры топографической съемки 1982 года.

Учитывая, что для целей инвентаризации земель необходимо корректировать только участки с границами земель, был выполнен анализ, задачами которого являются:

1. Определение положения предварительных границ земельных участков комбината ОАО «Ураласбест» на существующей карте 1:10000.
2. Подборка маршрутов для корректуры границ земельных участков на местности.
3. Выбор соответствующих стереопар для полевого дешифрирования.
4. Разработка порядка и условных знаков для отображения на аэрофотоснимках и другом картографическом материале:

- а) изменений, произошедших на местности с момента съемки (1996 год);
- б) важных, но не отобразившихся на аэроснимках деталей ситуации местности.

После предварительного камерального дешифрирования аэроснимков, выноса предварительных границ земельных участков на картографический материал (карты масштаба 1:10000) в районе изысканий в июле-августе 2002 года было выполнено полевое дешифрирование по следующим участкам территории и маршрутам:

- южная выездная траншея и отвал бедных руд;
- автомобильная и железная дороги на фабрику № 7;
- район склада взрывчатых веществ;
- отвал фабрики № 5;
- железнодорожные пути на станцию «Центральная»;
- северная граница фабрики № 6;
- станция «Асбест»;
- южная часть центрального отвала;
- жилой массив «Северный»;
- территория в юго-восточной части завода РМЗ;
- станция «Центральная»;
- станция «Каменская».

В результате полевого дешифрирования установлено:

1. Действительное положение границ земельных участков с корректурой в поле на копиях карты 1:10000.
2. Границы и расположение вновь появившихся объектов, имеющих важное значение для инвентаризации земель, но не отобразившихся на снимках залета 1996 года.
3. Землепользователи, не являющиеся структурными подразделениями ОАО «Ураласбест».

Полученные материалы использованы для обновления топографической карты масштаба 1:10000.

Для обновления карт использовался универсальный метод. В этом методе широкое применение при обновлении карт получил универсальный топографический проектор УТП-2. Прибор является многоцелевым и применяется для фотограмметрических, картосоставительских и фоторепродукционных работ. По устройству – это фототрансформатор II рода, у которого экран с помощью двух длинных ручек наклоняется вокруг двух осей на продольный и поперечный углы наклона. Проектор с помощью ножного диска перемещается по высоте для изменения масштаба изображения. Размер кассеты – 30х30 см, экрана – 62х55 см, увеличение от 0,25 до 1 и от 1 до 4. Проектор позволяет получать трансформированное изображение на экране (на копии оригинала карты) с прозрачного и непрозрачного аэрофотоснимков (на просвет или на отражение). После ориентирования изображения по общим контурам на карте или по точкам сгущения дешифрируют изменения, переносят на копию карты и вычерчивают.

В кассету УТП-2 закладывают подготовленный фотоснимок и включают освещение на отражение. На экран кладут основу (планшет) с нанесенными плановыми опорными точками, полученными после фотограмметрического сгущения. Опуская и поднимая проектор, наклоняя экран и перемещая основу, добиваются совмещения проектирующихся опорных и центральных точек фотоснимка с соответствующими точками планшета. После того как точки совместились с точностью 0,4 мм, обводят карандашом по планшету все вновь появившиеся контуры. Таким образом, получают обновленную карту.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*БУЛЫГИНА Т. А.,*

Уральская государственная горно-геологическая академия

Кадастр горнопромышленного комплекса – систематизированный свод сведений о техническом и ином назначении, природном, техническом, экономическом, экологическом и правовом состоянии и пространственном положении объектов горнопромышленного комплекса.

Под горнопромышленным комплексом (ГПК) будем понимать совокупность объектов производственного назначения, обеспечивающих добычу и переработку полезного ископаемого. Функционально ГПК подразделяется на горное предприятие, добывающее полезное ископаемое, и обогатительную фабрику, изготавливающую обогащенный концентрат или готовый продукт. Территориально ГПК реализуется: на поверхности – в пределах земельного отвода, в недрах – в пределах горного отвода.

При любом способе добычи полезного ископаемого имеем инженерное сооружение, располагающееся в недрах, промплощадку с основными и вспомогательными сооружениями, отвальное хозяйство, транспортные и инженерные коммуникации, располагающиеся в основном на поверхности. На территории обогатительной фабрики (металлургического комбината), как правило, размещаются технологические основные и вспомогательные здания и сооружения, отвальное и водошланное хозяйства, склад сырья и/или готовой продукции, инженерная инфраструктура.

С точки зрения создания и ведения кадастра ГПК комплекс, как сложный объект, можно рассматривать также в совокупности других групп объектов и явлений: недр, земной поверхности, инженерной инфраструктуры и социально-экономических явлений. Эти объекты в группах объединены общностью свойств и признаков, однородностью сведений и наличием тесных связей между ними.

В целом современный горнопромышленный комплекс – это сложная высокоорганизованная многоаспектная система, требующая для решения своих проблем обработки огромного потока информации. Правильно подготовленный и выполненный анализ полной и реальной информации обо всех сторонах деятельности такой системы, своевременное изменение и пополнение информации позволят принимать объективные управленческие решения, осуществлять перспективное планирование и прогнозировать развитие комплекса в будущем.

Обоснованность таких решений полностью зависит от координации усилий всех служб, участвующих в управлении ГПК, поставляющих и потребляющих информацию, от создания и внедрения взаимосвязанной и органично действующей системы накопления, обработки, анализа и выдачи информации – информационной системы ГПК. Одной из основных частей информационной системы ГПК является кадастр ГПК, задачей которого является накопление упорядоченной информации, создание полной, представительной и реальной базы данных об объектах и явлениях, составляющих и характеризующих ГПК.

Создание кадастра ГПК предусматривает:

- расширение и систематизацию информационной базы о территории и объектах ГПК;
- централизацию управления сбором, обработкой, хранением и выдачей разнообразной информации;
- многократное использование информации при разовом ее получении;
- оперативность предоставления информации;
- пространственно-временную привязку информации.

Все эти факторы вызывают необходимость автоматизации основных процессов обработки информации кадастра ГПК с использованием современных технологий.

Готовность перехода от традиционной формы учета (сбора, анализа и хранения информации в графическом и табличном виде) к сложной информационной системе обусловлена также изменением производственных и имущественных отношений в обществе, необходимостью перебора большого количества вариантов и учета влияния всех внутренних и внешних факторов на выработку и получение оптимальных технологических и управленческих решений для успешного функционирования предприятия.



Автоматизированная информационная система (АИС) кадастра ГПК относится к пространственно-ориентированной информационной системе, т. е. к такой системе, которая занимается обработкой, хранением и выдачей информации, связанной с пространственным положением объектов.

Такие системы содержат следующие типы данных:

- метрические (пространственное положение объекта);
- семантические (описание объектов и их характеристик);
- топологические (положение объектов или их элементов относительно друг от друга).

В соответствии с этим можно определить главные требования к АИС кадастра ГПК:

♦ обеспечение управления большим неоднородным множеством пространственно-ориентированных данных;

♦ возможность поступления различных данных об объектах ГПК, характеризующих их состояние и изменение во времени;

♦ использование вычислительных комплексов на базе персональных ЭВМ – в качестве технической базы и СУБД – в качестве программной;

♦ сбор исходной информации для формирования банка данных с помощью сканирования графического и планово-картографического материала (топографических планов и карт различных масштабов, геологических разрезов, вертикальных и наклонных проекций, технологических схем и т. п.), методов обработки аэро- и наземной фотосъемки, обследования и инвентаризации объектов, изучения табличных технологических и учетно-справочных материалов;

♦ возможность применения АИС как для решения определенных задач, так и для обработки нерегламентированных запросов, расширения существующих баз данных, а также включения новых;

♦ обеспечение оперативной выдачи достоверных данных;

♦ децентрализованный доступ к информации с соблюдением защиты от несанкционированного доступа.

Децентрализованный банк данных создается путем установки системы станций на базе персональных ЭВМ (локальная вычислительная сеть), в которой все станции имеют одинаковое право на использование сетевых каналов и управляются по единым правилам.

Основу автоматизированной информационной системы составляет автоматизация информационных процессов сбора, обработки, хранения и выдачи информации. Система создается в виде функциональных подсистем, выделяемых условно для детального рассмотрения процессов. Таких подсистем выделяют три:

- подсистема сбора, обработки и формирования первичной модели объектов кадастра;
- банк данных;
- подсистема подготовки информации для выдачи по запросам.

Сбор информации в автоматизированную информационную систему осуществляется путем:

- \* обработки существующих планово-картографических материалов;
- \* выполнения аэро- и наземной съемки;
- \* обработки полевых инструментальных измерений;
- \* получения и обработки учетно-справочных данных;
- \* передачи информации из банков данных других организаций.

База данных кадастра ГПК обеспечивает хранение информации, возможность работы с прикладными программами и запросами пользователей как для решения частных задач, так и задач общего плана. База данных не привязывается к конкретному масштабу, в ней должен быть предусмотрен отбор (генерализация) необходимой информации для решения конкретной задачи.

Информацию потребителям выдают в виде графического материала и текстовой распечатки.

Проектирование информационной системы начинается с предварительной структуризации предметной области – определения основных составляющих: объекта, свойств, связей, времени.

Учитывая особенности ГПК, к программному продукту, непосредственно реализующему создание и ведение кадастра ГПК, можно предъявить следующие требования:

1. Продукт должен быть направлен на создание и ведение кадастра, т. е. на сбор, систематизацию и выдачу информации.

2. Должна формироваться своя лексика, т. е. своя библиотека условных знаков, отличная от топографической (например, горно-графические условные знаки, условные знаки БТИ, схем энергетики, связи, автоматизации, первичной переработки (обогащения и передела), строительные – крепь в выработке и т. д.). Эта библиотека должна иметь возможность дополняться и видоизменяться.

3. Продукт должен формировать трехмерную графику, проецировать объект на любую заданную плоскость (для отдельных частей сооружений), а также выдавать любой профиль, в том числе по ломаной линии (по маршруту) и т. п.

4. В проекте должен быть учтен временной фактор, так как объекты ГПК все время в движении: горные выработки, отвалы, шламо- и хвостохранилища, склады руды и готового продукта, в том числе и оборуду-

дование (шагающий экскаватор, комплекс на угле – транспортно-отвальный мост, буровой станок (забой в скважине), драга и т. п.); возможность анализировать информацию в динамике, т. е. сопровождать информацию датой ее получения.

5. Кадастр ГПК должен содержать также социально-экономические показатели (охрана труда, безопасность, экология, экономические показатели, правовые вопросы и т. п.).

С целью анализа практической возможности и обоснования полезности в условиях ГПК была опробована геоинформационная система «ИнГео». Основной задачей, решаемой для достижения поставленной цели, явилось создание начального ГИС-проекта – пилотного проекта, т. е. усеченного варианта реализации системы на территории ГПК в среде «ИнГео».

«ИнГео» – инструментальная многоцелевая ГИС для решения муниципальных и локальных задач с использованием крупномасштабных топографических планов. «ИнГео» позволяет формировать векторные топографические планы с корректной топологической структурой по результатам инвентаризации земель, топографическим планам населенных пунктов, генеральным планам предприятий, схемам инженерных сетей и коммуникаций и т. д. и осуществлять дежурство по ним. Также система позволяет решать комплексные задачи градостроительного и земельного кадастров, проводить инвентаризацию земель.

Так как территория горнопромышленного комплекса является застроенной территорией промышленного назначения, то к ней можно применить методы создания кадастра, используемые на застроенных территориях, которые геоинформационная система «ИнГео» позволяет осуществить.

Поэтому создание пробного ГИС-проекта на горнопромышленной территории в среде «ИнГео» дает возможность наглядно продемонстрировать особенности данной программы, оценить ее функциональные возможности с учетом требований, предъявляемых к программному продукту.

В качестве исходного картографического материала для создания ГИС-проекта на территории горнопромышленного комплекса ОАО «Уралнеруд» послужил план горных работ Курманского каменно-щебеночного карьера, выполненный в масштабе 1:5000.

Сканирование производилось в разрешении 300 точек на дюйм в режиме градации серого. В результате сканирования было получено 6 фрагментов растра с произвольными углами разворота. Полученные растровые файлы были переведены в однобитовый формат в графическом редакторе Corel PHOTO-PAINT 11. Этот же редактор позволил устранить лишние шумы и ореолы и получить более качественное изображение картографического материала, необходимое для последующей векторизации растра. Трансформация растровых фрагментов была проведена в программе TRANSFORM 2.0 программного комплекса CREDO.

В процессе создания растровой топографической основы возникли трудности с ее подготовкой, так как исходным материалом являлся нестандартный планшет плана территории Курманского карьера, и особенности ГИС «ИнГео» не позволили импортировать его целиком без искажения масштаба.

Решением явилось импортирование по одному подпланшету (квадрату координатной сетки). Крайние нестандартные фрагменты были увеличены в графическом редакторе Corel PHOTO-PAINT до необходимого размера.

Создание ГИС-проекта включает в себя цепочку технологических процессов, которую поддерживает геоинформационная система «ИнГео»:

- создание территории, для которой создается электронная карта;
- создание растровой карты;
- создание базы данных с выделением карт, слоев, стилей, методов отображения;
- создание семантических таблиц объектов;
- векторизация объектов по растру.

После таких подготовительных процессов, когда электронная карта создана и с объектами связаны табличные данные, начинается собственно работа с программой как с полноценной геоинформационной системой. Теперь ГИС можно «спрашивать» с целью получения данных о пространственно распределенных объектах и проводить анализ этих данных.

После подготовки и импортирования растровой основы в «ИнГео» было выполнено формирование тематических слоев по определенным классификационным признакам, характерным для горнопромышленных территорий.

Для этого было проведено зонирование территории ГПК с учетом производственных процессов на карьере и разделения в соответствии с этим земельного фонда ГПК на различные группы. Выделенные группы земель можно оформить средствами ГИС в карты различной тематики в пределах одной территории.

В данном случае для демонстрации возможностей ГИС «ИнГео» в качестве тематических карт были выбраны следующие:

- Карта функционального зонирования территории горнопромышленного комплекса по целевому назначению (содержит группы земель, разделенных по целевому назначению). Пространственные и атрибутивные данные одного объекта связаны между собой напрямую через семантические таблицы, где заданы его различные характеристики, а также в «ИнГео» автоматически вычисляются площади и периметры замкнутых и линейных объектов.

– Карта зонирования территории производства горных работ является иерархически подчиненной составной частью карты функционального зонирования. Она выполнена более подробно, с выделением территорий, занятых различными технологическими объектами, и отрисовывается в специально созданных условных знаках для отображения ситуации земной поверхности, горных выработок и вредного влияния горных работ в соответствии с ГОСТ 2.854 – 75, 2.856 – 75. ГИС «ИнГео» позволяет создавать условные знаки любой сложности: в нашем случае, условные обозначения были созданы только для одной тематической карты, наиболее характерной для горнопромышленных территорий.

– Карта зон специального режима использования земель предназначена для определения и визуализации зон воздействия, формируемых различными источниками. Формирование и отображение этих зон в электронном виде позволяет иметь четкое представление о расположении той или иной зоны относительно объектов местности. Зоны специального режима использования земель являются буферными зонами, построенными на определенном расстоянии от источника влияния.

Схема зон специального режима использования территории определяет размеры и степень негативно-го воздействия технологических объектов производства на окружающую среду, в том числе на земельные ресурсы, т. е. при помощи такого зонирования можно осуществлять рациональное использование земельных ресурсов горнопромышленного комплекса и их охрану.

С применением программного комплекса «ИнГео» можно создавать не только различные карты зонирования, используемые в кадастре горнопромышленных территорий, но и другие карты, связанные с расположением, правовым статусом земель ГПК и т. д. Для примера была создана карта землепользователей, отражающая расположение смежных с Курманским каменно-щебеночным карьером землепользователей, с выделением их границ, определением протяженности по границе с карьером.

Данные карты различны по специфике и отражают практические возможности «ИнГео» при создании тематических карт разной направленности.

Все созданные карты позволяют проводить анализ по данной территории, обрабатывать большие массивы информации, связанные с объектами горнопромышленного комплекса, оперативно выводить пространственные и семантические данные на экран и печать.

## УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОБЪЁМНОМ И ОДНООСНОМ ИСПЫТАНИЯХ

*ЖАБКО А. В.,*

Уральская государственная горно-геологическая академия

Эффективность разработки месторождений полезных ископаемых зависит от уровня развития горной геомеханики, являющейся фундаментальной частью горной науки, которая изучает физические свойства горных пород и массивов, их напряжённо-деформированное состояние и разрушение, развивающиеся под влиянием природных и горно-технологических факторов [1].

Фундаментом горной геомеханики являются физические свойства горных пород и массивов. В процессе инженерной деятельности человека при разработке месторождений полезных ископаемых (проведение выработок, взрывных работ, осушения и др.) в горном массиве происходит изменение его естественного состояния, поэтому обязательным условием горно-геомеханических исследований является получение данных о физических свойствах горных пород. Из большого количества физических свойств горных пород основными в практике горного дела являются: коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова  $f$ , объёмный вес  $\gamma$  и параметры паспорта прочности – пределы прочности на сжатие  $\sigma_{сж}$  и растяжение  $\sigma_r$ , сцепление  $C$  и угол внутреннего трения  $\varphi$ .

Прочностные параметры определяются испытаниями на сжатие, растяжение и срез горных пород при одноосном и объёмном напряжённом состояниях. Поэтому целью настоящей работы является установление зависимости прочности горных пород при объёмном и одноосном испытаниях.

Исследованиями, проведёнными институтами ВНИМИ, «Унипромедь» и др., установлено, что показатели прочности при линейном напряжённом состоянии и объёмном отличаются друг от друга, однако количественной зависимости между этими показателями в литературе не приводится.

В таблице и на рис. 1 приведены отношения  $\varphi_{об}/\varphi_{оо}$  и  $C_{об}/C_{оо}$  для различных крепостей горных пород [2].  $\varphi_{об}/\varphi_{оо}$  – отношение угла внутреннего трения при объёмном напряжённом состоянии к углу внутреннего трения при одноосном напряжённом состоянии.

$C_{об}/C_{оо}$  – отношения сцепления при объёмном напряжённом состоянии к сцеплению при одноосном напряжённом состоянии.

**Отношения показателей прочности**

№ п/п	$\Phi_{об}/\Phi_{оо}$	$C_{об}/C_{оо}$
1	0,57	2,67; 2,67; 2,67
2	0,67	2,50; 2,73; 2,75
3	0,68	2,25; 2,12; 2,06
4	0,76	2,06; 2,06; 2,07
5	0,67	2,00; 2,00; 2,00
6	—	2,00; 2,00; 2,00
7	0,67	1,89; 1,96; 2,00
8	0,67	2,00
9	0,62	1,88; 1,96; 2,00
10	0,67	2,71; 2,69; 2,68
11	0,68	2,83; 2,83; 2,83
12	0,67	2,27; 2,29; 2,31
13	0,68	2,00; 2,29; 2,50
14	—	2,50; 2,50; 2,50
15	0,67	2,08; 2,21; 2,25
16	—	2,00; 2,00; 2,00

№ п/п	$\Phi_{об}/\Phi_{оо}$	$C_{об}/C_{оо}$
17	0,67	3,33
18	0,67	2,69; 2,63; 2,60
19	0,67	1,86
20	0,67	1,50; 1,85; 1,86
21	0,67	—
22	0,67	3,00
23	0,67	2,71; 2,88; 3,00
24	0,68	2,80
25	0,67	3,26; 3,22; 3,19
26	0,67	2,92
27	0,68	3,30
28	0,67	—
29	0,67	—
30	0,67	2,64
31	0,67	2,95; 2,94; 2,93
32	0,68	2,36; 2,44; 2,50
33	0,67	3,44

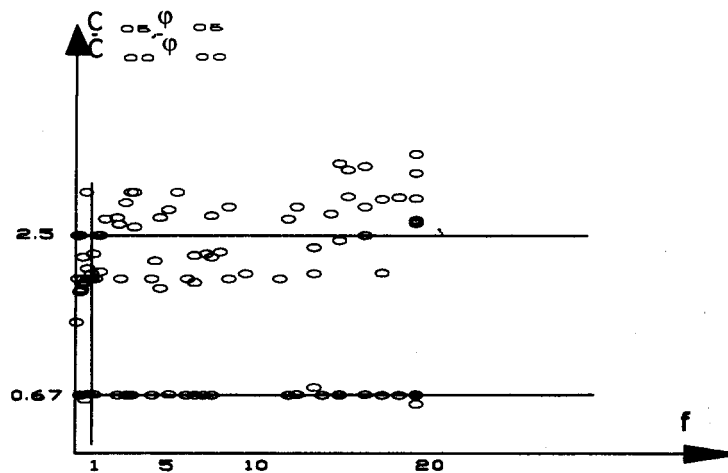


Рис.1. Сравнение механических характеристик одноосного и объёмного напряжённого состояния

На рис. 1 видно, что отношения имеют прямолинейную зависимость, которая несколько отличается для пород с коэффициентом прочности  $f < 1$  и  $f = 1—20$ . Обработка результатов методами математической статистики табл. 1 показала, что эти отношения можно представить в виде:  
 для пород  $f < 1$ :

$$(\Phi_{об}/\Phi_{оо})_{ср} = 0,60 ; (C_{об}/C_{оо})_{ср} = 2,10 ;$$

$$V^{\Phi} = 18,3 \% ; V^C = 9,7 \% ;$$

для пород с  $f = 1—20$ :

$$(\Phi_{об}/\Phi_{оо})_{ср} = 0,66 ; (C_{об}/C_{од})_{ср} = 2,58 ;$$

$$V^{\Phi} = 2,9 \% ; V^C = 16,4 \% ;$$

$V$  — коэффициент вариации.

На рис. 2 приведены некоторые прочности горной породы при одноосном и объёмном напряжённых состояниях.

Таким образом, если горная порода в реальных условиях находится в объёмном напряжённом состоянии, то испытания образцов также необходимо производить при объёмном напряжённом состоянии или вводить соответствующие поправки.

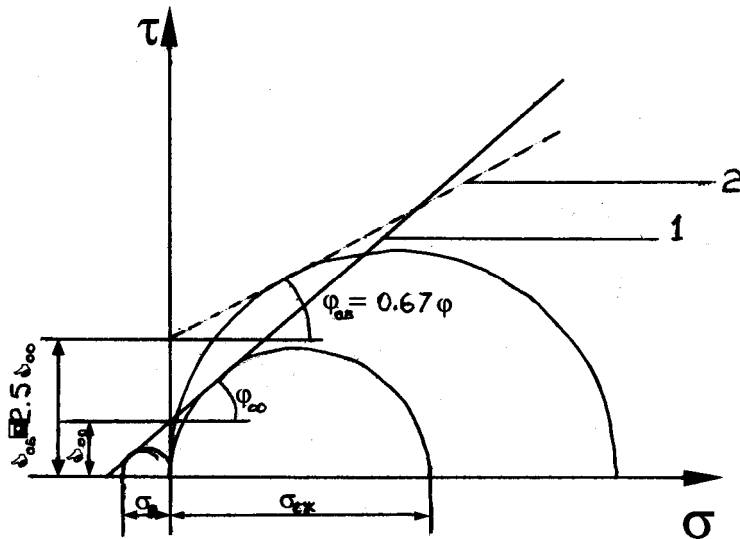


Рис. 2. Паспорта прочности горной породы при одноосном и объёмном напряжённых состояниях:  
1 – одноосные испытания; 2 – объёмные испытания

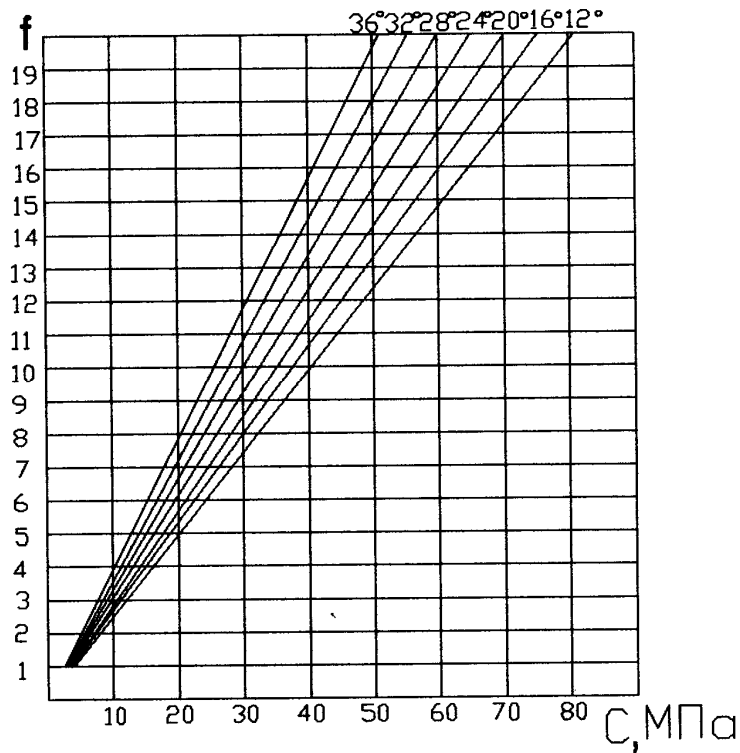


Рис. 3. График зависимости коэффициента крепости пород от величины сцепления и угла внутреннего трения

В практике горного дела широко применяются показатели сопротивляемости горных пород разрушению: буримость, дробимость, взрываемость, абразивность и другие, которые, в свою очередь, связаны с основными параметрами паспорта прочности  $\sigma_{сж}$ ,  $\sigma_p$ ,  $C$ ,  $\varphi$ . Анализ показателей сопротивляемости горных пород различным механическим воздействиям показывает, что в большинстве случаев между отдельными показателями и коэффициентом крепости проф. М. М. Протодяконова наблюдается корреляционная связь.

Большое количество фактического материала из практики разведки и разработки месторождений позволяет рекомендовать коэффициент крепости при решении горно-геомеханических задач.

Коэффициент крепости  $f$  обычно рассматривается как:

$$f = 0,1\sigma_{сж}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности горной породы на одноосное сжатие, МПа.

В свою очередь,  $\sigma_{сж}$  может быть выражен следующим образом:

$$\sigma_{сж} = 2C\text{ctg}(45^\circ - \varphi/2). \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим:

$$f = 0,2C\text{ctg}(45^\circ - \varphi/2). \quad (3)$$

На основании формулы (3) произведён расчёт и построена зависимость  $f = \Phi(C, \varphi)$ , приведённая на рис. 3.

На ранней стадии освоения месторождений, когда знания физических свойств горных пород ограничиваются коэффициентом крепости и справочными материалами, можно рекомендовать применение номограммы (см. рис. 3) для определения сцепления горных пород в образце.

### Выводы

1. Для определения прочностных характеристик образцов в объёмном напряжённом состоянии следует их вычислять по результатам одноосных испытаний, используя соотношения: сцепление при объёмном напряжённом состоянии в 2,5 раза больше, а угол внутреннего трения в 1,5 раза меньше, чем при одноосных испытаниях.

2. При решении горно-геомеханических задач следует использовать горно-технологические характеристики. В частности, для определения сцепления пород использовать приведённые в настоящей работе зависимости и номограмму для различных коэффициентов крепости.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Туринцев Ю. И., Яковлев В. Н. Горная геомеханика. Ч. 2. Горное давление при подземной разработке месторождений: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 192 с.
2. Кузнецов Г. Н., Ардашев К. А., Филатов Н. А. и др. Методы и средства решения задач горной геомеханики. М.: Недра, 1987. 248 с.

## РОЛЬ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ В РАСЧЕТЕ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ЗЕМЛИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

НАФИКОВА Э. Р.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

Кадастровая стоимость земельного участка, имея рыночную природу, может использоваться для целей совершения сделок с земельными участками, в частности, для определения размера арендной платы за государственные и муниципальные земли и определения выкупной цены земельных участков. Кадастровая стоимость земельных участков отражает как ценность конкретного земельного участка, так и уровень экономического развития территории в целом.

Кадастровая стоимость зависит от целого ряда ценообразующих факторов: это и местоположение земельного участка, и развитость инженерной и транспортной инфраструктуры, экология и множество других факторов. Постоянное отслеживание изменений кадастровой стоимости и изменений формирующих её факторов позволяет значительно упростить и информационно обогатить процесс управления территорией. Имея рентную основу, кадастровая стоимость земельного участка позволяет судить о потенциальном доходе, который может быть получен от реализации прав по владению, пользованию и распоряжению земельным участком.

Кадастровая стоимость земель в качестве информационной основы является ключевым фактором для принятия инвестиционных решений. При этом методологический и программный аппарат кадастровой оценки земель позволяют оценить эффективность инвестиционной деятельности и проконтролировать её последствия, что в конечном итоге делает «прозрачными» отношения органов власти и потенциальных инвесторов.

Целью проведения ГКОЗ является установление обоснованной платы за землю.

В настоящее время в Российской Федерации сложилась следующая ситуация в области оценки земли: земельный налог и в значительной степени арендная плата за землю взимается по ставкам, установленным в 1991 г. Эти ставки постоянно индексировались с 1992 г., и, в результате, на земли промышленности ставка

земельного налога выросла более чем в 2500 раз и стала выше в несколько раз относительно ставок земельного налога на земли иных категорий (исключая земли сельскохозяйственного назначения). Если взять два условно одинаковых предприятия, расположенных в разных регионах, то налоговое бремя (отношение действующих ставок земельного налога к величине земельной ренты и нормативной цены земли) может различаться в несколько раз. Дальнейшая индексация действующих ставок земельного налога нецелесообразна из-за увеличения налогового бремени на малоценные земли и невозможности обеспечения необходимой полноты изъятия дохода, присваиваемого при использовании лучших земель.

Согласно Указу Президента № 631 от 14.06.1992 года «Об утверждении порядка продажи земельных участков при приватизации государственных и муниципальных предприятий», обязательным условием продажи приватизированного предприятия являлось право приобретения земельного участка его собственником. В план приватизации включались ситуационный план расположения предприятия, данные о границах и характеристиках земельного участка и его нормативная стоимость. При этом земля не учитывалась при определении первоначальной конкурсной цены акции и не ставилась на баланс. Лишь немногие предприятия выкупили земли, да и то обладатели небольших площадей. В основном территории находились либо в бессрочном пользовании (тогда землепользователь платил земельный налог), либо в аренде. Предпочтение той или иной форме прав определялось, в первую очередь, отношениями с региональными властями, обладавшими широкими возможностями в манипулировании ставками налога и размерами арендных платежей.

25 октября 2001 г. вышел Федеральный закон «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации» № 37-ФЗ и далее Федеральный закон № 160-ФЗ от 08.12.2003 г. «О внесении изменений в ст. 3 ФЗ № 37-ФЗ», согласно которым все предприятия, исключая попадающие под ст. 20 Земельного кодекса Российской Федерации, обязаны переоформить право постоянного (бессрочного) пользования земельными участками на право аренды этих земельных участков или приобрести их в собственность до 1 января 2006 г. в соответствии с правилами, изложенными в Земельном кодексе Российской Федерации.

При приватизации земельных участков предприятие обязано выкупить его по цене в соответствии с п. 2 ст. 2 Федерального закона «О введении в действие Земельного кодекса РФ». Величину выкупной цены устанавливает руководство субъектов Федерации в заданном законом пределах:

- для территории с населением свыше 3 млн человек она устанавливается в пределах 5-30 ставок земельного налога;
- от 500 тыс. до 3 млн человек – 5-17;
- до 500 тыс. – 3-10.

Параллельно с 2002 года была снова вдвое увеличена ставка земельного налога на землю, а в 2003 году – ещё в 1,8 раз. В результате стоимость 1 гектара земель промышленности в разных областях колеблется от 20 тыс. до 3,1 млн рублей. Совершенно очевидно, что многие предприятия не в состоянии изыскать средства на выкуп земельных участков. Негативной стороной приватизации является необходимость крупных одновременных финансовых затрат на выкуп земельных участков.

В соответствии с п. 4 ст. 22 Земельного кодекса РФ «размер арендной платы определяется договором аренды. Общие начала определения арендной платы при аренде земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, могут быть установлены Правительством РФ». Отсутствие специальных нормативно-правовых актов в области принятия величины арендной платы, сроков пересмотра, ограничений на повышение арендной платы, прав арендаторов и арендодателей ставит арендатора в зависимость от арендодателя. Например, при подписании договора на 49 лет арендатор не может разорвать его раньше. Арендодатель произвольно повышает стоимость аренды, если видит, что арендатор ведет успешную деятельность, что лишает арендатора эффективно развиваться. В среднем по стране величина арендной платы в 4 раза выше взимаемого с такого же участка земли земельного налога. И все же в качестве однократных затрат арендная плата ниже стоимости выкупа земельного участка.

Нормативная цена земли в силу различных методических подходов к её исчислению в субъектах Российской Федерации в целом по территории Российской Федерации не сопоставима, кроме того, на данный момент более 90 % земель в России находятся в государственной и муниципальной собственности.

Для установления обоснованной платы за землю проводится государственная кадастровая оценка земель.

Необходимость в получении достоверной оценочной стоимости земельных участков испытывают как государственные и муниципальные органы исполнительной власти при управлении земельными ресурсами, осуществлении перспективного развития территорий, проведении рациональной земельной и налоговой политики, так и частные субъекты земельного права при совершении разного рода сделок с землей, для целей определения наиболее рационального, наиболее эффективного развития того или иного конкретного земельного участка. Реализовать эти цели позволяет кадастровая оценка земель различных категорий, проводимая по единым на всей территории Российской Федерации методикам с использованием компьютерных технологий.

На сегодняшний день методики определения кадастровой стоимости земель горнодобывающей промышленности не существует. Но разработана и утверждена методика для земель промышленности, энерге-

тики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земель для обеспечения космической деятельности, земель обороны, безопасности и земель иного специального назначения (далее земель промышленности), с одной существенной оговоркой, что она не применяется для государственной кадастровой оценки земель недропользования.

Это связано, скорее всего, с главной особенностью горнодобывающей промышленности, с тем, что при разработке полезных ископаемых земля должна рассматриваться не только как операционный базис для размещения объектов горнопромышленного комплекса, но и как кладовая, учитывая, что недра земли содержат полезные ископаемые, необходимые для жизнедеятельности человечества и имеющие соответствующую цену.

При добыче полезного ископаемого и его первичной переработке вкладывается определенный труд, а именно:

- в разведку и оценку запасов полезного ископаемого;
- в разработку месторождения полезного ископаемого;
- в рекультивацию нарушенных земель;
- в ликвидацию (консервацию) горнопромышленного комплекса и ликвидацию последствий от вредного влияния горных работ.

Следовательно, разработанную методику государственной кадастровой оценки земель промышленности для горнодобывающей промышленности в полной мере применить нельзя. Альтернативой может служить учет особенностей земель недропользования и модернизация и/или корректура некоторых принципов существующей методики.

К особенностям горнодобывающей промышленности можно отнести:

- экономико-географическое положение месторождения полезного ископаемого;
- сырьевую или функциональную ценность природного ресурса, как продукта переработки и потребления;
- инженерно-геологические условия залегания полезного ископаемого.

Экономико-географическое положение участка недр характеризуется факторами регионального и местного значения. Региональный фактор определяется различиями в уровнях социально-экономического развития и природными особенностями частей территории. Местный фактор определяется местоположением земельного участка относительно системы расселения, промышленных узлов, уровнем развития инженерно-транспортной инфраструктуры и интенсивности её использования.

Сырьевая или функциональная ценность природного ресурса определяется как рыночная стоимость запасов природного ресурса, стоимость сохранения и поддержания ценности природного потенциала полезного ископаемого, если месторождение полезного ископаемого находится на стадии проектирования, разработки или консервации; цена продукта переработки природного ресурса, и возможности его потребления.

На ценность земельного участка также влияют инженерно-геологические условия залегания полезного ископаемого, затраты на разработку месторождения, комплексность использования, добычи, выемки полезного ископаемого и вмещающих пород.

Учет этих особенностей возможен введением поправочных коэффициентов к базовому показателю кадастровой оценки земель горнопромышленного комплекса, которая должна быть соотнесена с ценностью полезного ископаемого.

В результате проведения государственной кадастровой оценки земель будет получена реальная картина стоимости земель (земельных участков) на территории Российской Федерации, что позволит осуществлять более эффективное управление земельными ресурсами и связанными с ними объектами недвижимости, а также проводить сбалансированное планирование доходной части бюджетов всех уровней (в пределах платежей, поступающих от земельного налога и арендной платы), стимулировать развитие инвестиционных процессов и экономики в целом.



## МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАДАЧ НА КАРЬЕРАХ

*КОЛЬЦОВ П. В.,*

Уральская государственная горно-геологическая академия

В практике маркшейдерских работ находят применение для решения основных задач цифровые математические модели.

На горнопромышленной декаде 2003 г. докладывалась разработанная нами цифровая модель месторождения для решения маркшейдерских задач, основные принципы которой сводятся к следующему:

- 1) модель создаётся по картографической документации либо результатам съёмки;
- 2) каркас модели представляет собой базу данных координат всех необходимых отметок, с возможностью конвертирования для использования различными приложениями;
- 3) модель представляет собой цифровую высоко-детализированную дневную поверхность карьера.

В связи с тем, что горные предприятия находятся на различном уровне комплектации маркшейдерской техникой, необходима разработка универсальной методики применения цифровых моделей для различных горных предприятий, чему и посвящается настоящий доклад.

По результатам проведённых исследований составлена наиболее оптимальная методика (по мнению автора) внедрения современного компьютерного комплекса для эффективного ведения маркшейдерских работ. Комплекс включает в себя аппаратную и программную часть.

Аппаратная часть в наиболее полной комплектации состоит из электронного тахеометра с накопителем данных, компьютера современной конфигурации, а также устройства для вывода на бумажные носители – плоттера, а программная часть – из одного или нескольких приложений для полноценной реализации возможностей цифровой модели.

Разработано три варианта перехода на цифровую технику, притом каждый следующий вариант может использоваться как самостоятельный комплекс работ, так и в виде дальнейшего усовершенствования выбранного ранее метода без дополнительных затрат на переход к более совершенному варианту.

В упрощённом виде весь комплекс, включающий в себя три варианта, выглядит следующим образом:

1. Создание цифровой модели карьера по бумажным носителям.
2. Создание цифровой модели карьера с использованием устаревшей техники для проведения съёмки.
3. Создание цифровой модели карьера с использованием электронного тахеометра для проведения съёмки.

Так как работающее предприятие обязано иметь соответствующую горно-графическую документацию [1], целесообразно начинать работы по созданию цифровой модели карьера [2] с первого перечисленного выше пункта, а затем, руководствуясь своими возможностями, переходить ко второму либо третьему этапу развития.

На рис. 1 приведена основная схема создания цифровой модели местности по бумажным носителям. Данный метод является наиболее экономичным в плане использования имеющегося на большинстве предприятий оборудования и требует только приобретения программного обеспечения. В силу своих особенностей он является наиболее трудоёмким. Так как графическая документация составляется традиционным способом, а затем оцифровывается, т. е. работа по созданию различных планов производится дважды, что также влияет на точность конечной цифровой модели местности.

Следующие варианты предусматривают своевременное развитие цифровой модели карьера для динамичного использования непосредственно данных съёмочных работ и проведения всех вычислений, а также составления графической документации с помощью цифровой модели карьера. Что значительно сокращает время на маркшейдерские работы в целом и делает возможным такие виды расчётов, как вычисление объёма карьера, так как в последнее время из-за высокой стоимости и сложной методики данный вид работ игнорируется многими предприятиями.

Представленная на рис. 2 объёмная модель рассчитана на основе цифровой модели карьера, созданной, в свою очередь, по приведённой выше методике (см. рис. 1).

Данная технология позволяет с успехом решать основные маркшейдерские задачи и может быть интегрирована в другие службы горного предприятия для наиболее полного использования возможностей цифровой модели карьера.

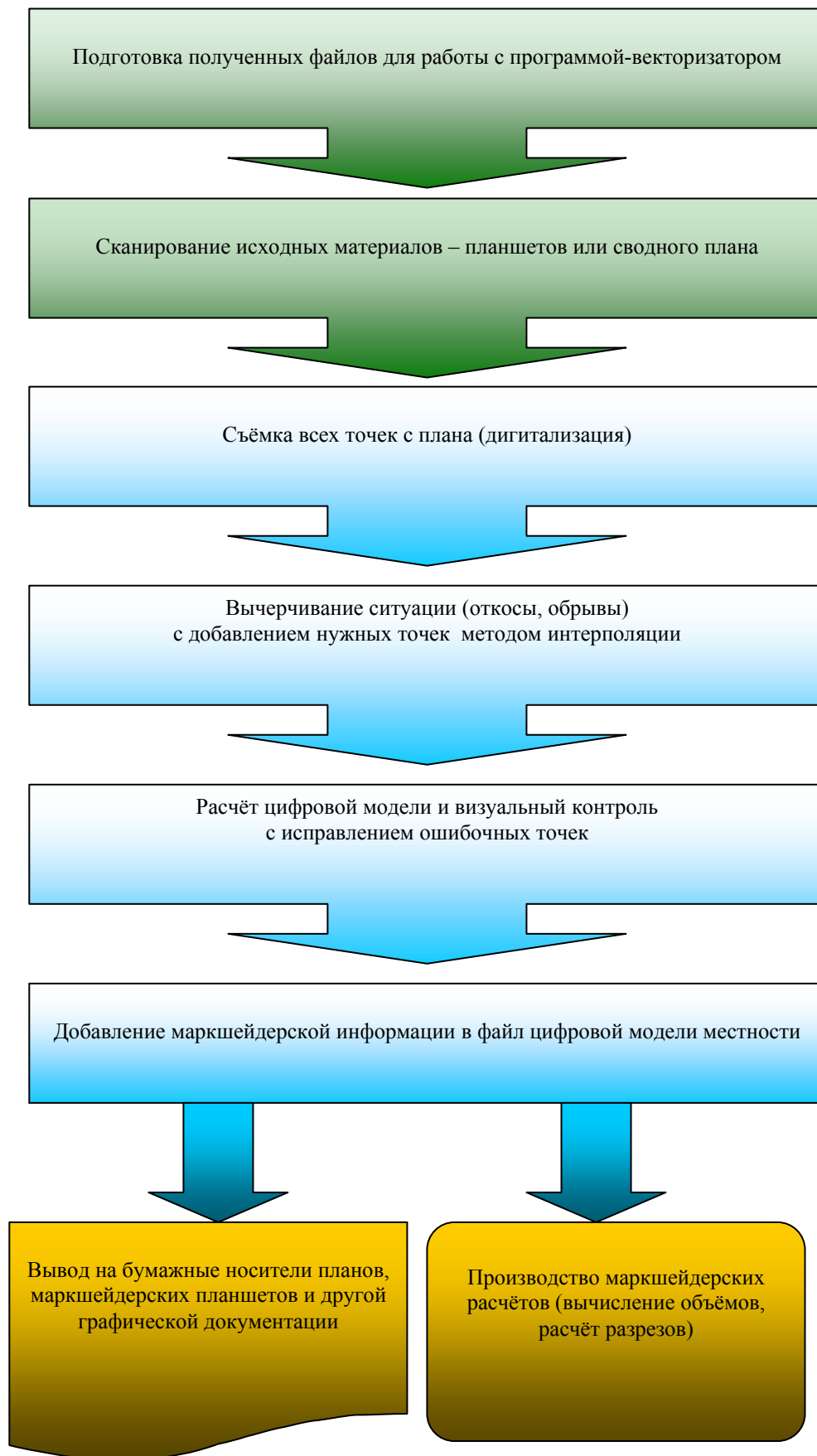


Рис. 1. Создание цифровой модели по бумажным носителям

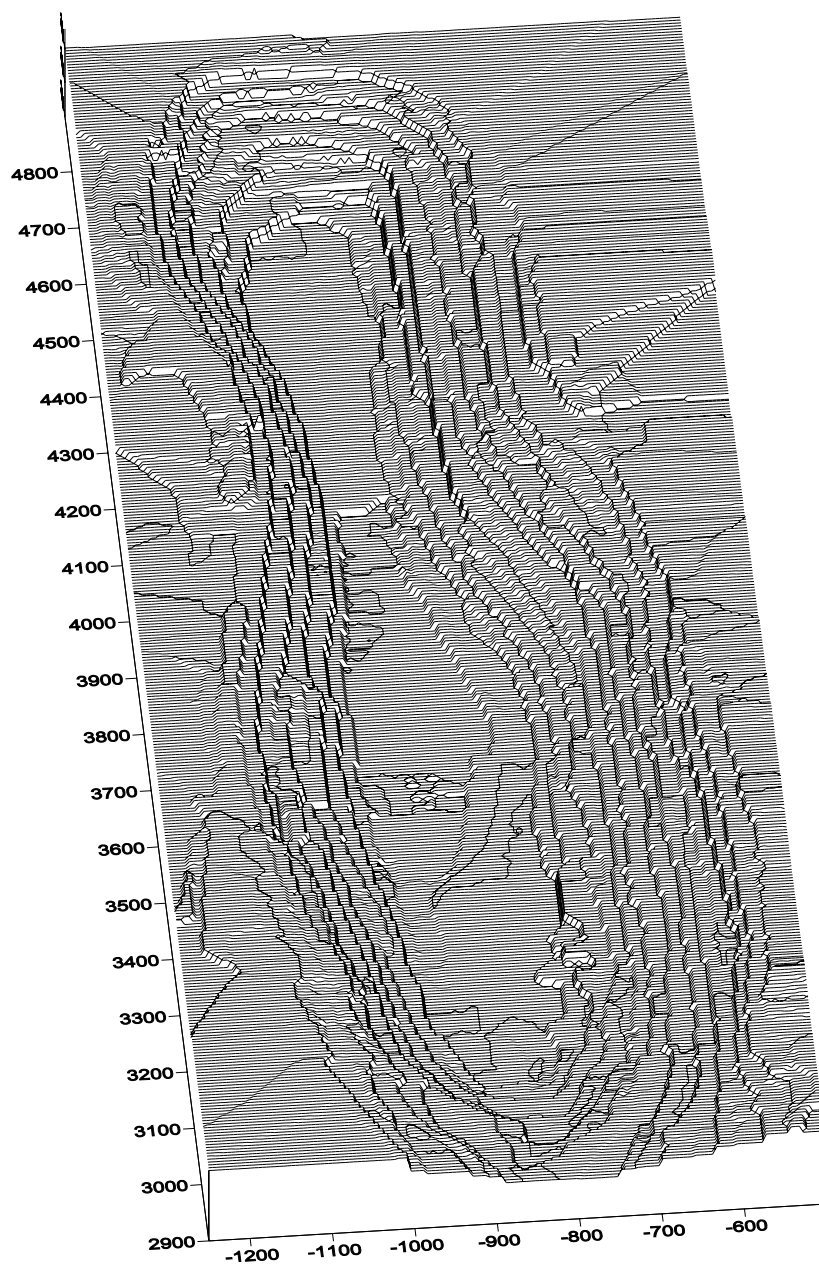


Рис. 2. Объёмная модель Первоуральского рудного карьера

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Инструкция по производству маркшейдерских работ* / Министерство угольной промышленности СССР, Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. М.: Недра, 1987. 240 с.
2. *Введение в геоинформатику горного производства: Учебное пособие для вузов* / Под ред. В. С. Хохрякова. 2-е изд., переработанное и дополненное. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 198 с.

## МОНИТОРИНГ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК

*КАРАКОЦКАЯ И. А.,*

Уральская государственная горно-геологическая академия

Разработка месторождений полезных ископаемых нередко оказывает негативное экологическое воздействие на окружающую среду.

Закрытие горнодобывающих предприятий, с одной стороны, коренным образом меняет характер техногенной нагрузки на окружающую среду, но, с другой стороны, на ликвидируемых шахтах, рудниках, разрезах продолжают горно-механические процессы, связанные с подработкой горного массива, причем их характер существенно изменяется в связи с полным или частичным затоплением шахт, продолжается оседание поверхности. Возможны провалы земной поверхности над непогашенными горными выработками, особенно на небольшой глубине горных работ.

Отсутствие научно обоснованных и узаконенных нормативными документами методов определения условий образования на земной поверхности провалов приводит к тому, что выбор способа ликвидации горных выработок осуществляется произвольно, не обеспечивая тем самым безопасного использования подработанных территорий. Примеров застройки подработанных территорий довольно много: это и Донбасс (Украина), и Караганда (Казахстан) и т. д.

Чем же так опасны пустоты?

На рудных месторождениях, где системы разработки по горно-геологическим условиям более разнообразны, пустоты отрицательно влияют на технологию ведения горных работ, так как нарушают систему вентиляции действующих выработок, создают угрозу внезапного самообрушения больших масс пород в очистных выработках, вызывающих мощную ударную воздушную волну в сообщающихся с ними других выработках, и т. п.

На месторождениях с крепкими вмещающими породами, особенно при разработке слепых рудных тел несплошными системами, пустоты сохраняются очень долго. Так, например, на Березовском золоторудном месторождении, разработка которого ведется с 1747 г., только за послереволюционный период образовано свыше 4,3 млн м<sup>3</sup> пустот, из которых числятся погашенными около 2,3 млн м<sup>3</sup>. Заполнение имеющихся пустот в настоящее время осуществляется путем их закладки. Закладочным материалом при этом служат в основном эфелевые пески «хвостов» обогатительной фабрики. Однако образовавшиеся пустоты не всегда готовы к немедленной закладке.

Ликвидировать все образованные пустоты по техническим и экономическим причинам не представляется возможным. Большое количество их остается после закрытия как отдельных шахт и рудников, так и групп горнодобывающих предприятий.

Оставшиеся после ликвидации горных предприятий в массиве горных пород пустоты являются потенциальными источниками сдвижений подработанной земной поверхности, в том числе и на застроенных территориях, на многие десятки и сотни лет.

Наиболее опасной из форм сдвижения является образование провалов, когда на земной поверхности внезапно появляются разрушительные для зданий и сооружений деформации.

Провалы образуются над горными выработками, в которых сохраняются пустоты. К таким выработкам прежде всего относятся подготовительные и очистные, пройденные на малой глубине, а также выработки, выходящие на земную поверхность: стволы, шурфы, скважины большого диаметра и даже заброшенные колодцы и овощные ямы при ненадлежащей их ликвидации. Такие выработки должны полностью засыпаться негорючими и неразлагающимися материалами.

В зависимости от глубины разработки, размеров выработанного пространства, геологического строения, физико-механических свойств пород, их обводненности, наличия крепи в выработках и других факторов, скорость развития процессов, приводящих к появлению провалов, колеблется в широких пределах. Большинство же провалов образуется в течение первых 5-10 лет после окончания горных разработок, но иногда они появляются спустя несколько десятков и даже сотен лет по мере нарушения устойчивости незаложенных горных выработок, разрушения их крепи, нарушения перекрытий шурфов и шахтных стволов и т. д.

Негативное влияние на охраняемые объекты после ликвидации горных предприятий оказывает прекращение откачки воды из горных выработок. В результате подъема уровня подземных вод до отметок, существовавших до начала откачки воды из шахт и рудников, многие участки территорий, примыкающих к шахтным полям, в зависимости от условий рельефа, оказываются заболоченными, а непосредственно подработанные – подтопленными. Как показывают инструментальные наблюдения, величина оседания земной поверхности вследствие многолетней разработки свит пластов достигает больших величин. На Буланашском угольном месторождении, например, отдельные участки подработанных территорий осели на 15-20 м, а в

Челябинском буроугольном бассейне – на 20-30 м. Часть подработанных территорий за период существования горных предприятий хозяйственно освоены: по ним проложены коммуникации, произведена застройка, разбиты садовые участки и сельскохозяйственные угодья. Эти территории оказываются, после указанных выше разработок, в зоне опасных оседаний.

Подтопление и заболачивание территорий приводит к увлажнению и переувлажнению грунтов, вызывает снижение несущей способности последних и как следствие разрушение фундаментов и самих строений.

Затопление горных выработок в связи с прекращением откачки воды после ликвидации горных предприятий приводит к разупрочнению пород, вмещающих выработки, и снижению их устойчивости, а также к разжижению закладочного материала в выработках, приводя его в подвижное состояние. В результате материал закладки под собственным весом перемещается по выработкам из верхних горизонтов в нижние. Ранее засыпанные шахтные стволы, шурфы и другие выработки, выходящие на земную поверхность, которые представляют наибольшую опасность внезапного образования провалов, вновь оказываются незаложенными. Особо неэффективной с этой точки зрения может оказаться закладка выработок эфелевыми песками, которая практикуется на Березовском золоторудном месторождении.

Основные отрицательные последствия закрытия горнодобывающих предприятий связаны с продолжением процесса сдвижения подработанных территорий и деформированием расположенных на ней зданий и сооружений, продолжением провальных явлений, подтоплением территорий вследствие прекращения откачки воды из горных выработок, с загрязнением подземных и поверхностных вод, источников питьевого водоснабжения и т. д.

Как «бороться» с этими негативными последствиями?

Существенную помощь оказывает мониторинг сдвижения земной поверхности. Он определяет проседание земной поверхности на подработанной территории, построение границ областей наибольшего проседания и прогноз опасного проседания для жилого массива, установление провальных и оползневых явлений от процессов затопления горных выработок, определяет зоны заболачивания и подтопления участков территорий. Мониторинг сдвижения должен в идеале быть взаимоувязанным и многоуровневым, уровни которого включают глобальные, региональные (для месторождения в целом) и локальные (для отдельных объектов) инструментальные измерения на специальных наблюдательных станциях. Результаты мониторинга сдвижения земной поверхности должны использоваться для прогнозирования негативных последствий и разработки превентивных мер по снижению уровня негативности этих последствий.

Мониторинг сдвижения земной поверхности необходим на Березовском месторождении, в связи с тем, что за 2,5 века на его территории образовались так называемые «мины» (пустоты и провалы). Когда они взорвутся, не известно. Уральским филиалом ВНИМИ и кафедрой маркшейдерского дела УГГА целенаправленно в небольшом объеме начаты работы в данном направлении. В частности, заложены локальные наблюдательные станции «Театральная – 13», «Брусница – 3», «Театральная – 19», «Гагарина – 11», «Гагарина – 13» и территория церкви Успения.

Наиболее благоприятной станцией является территория церкви Успения, так как на станции выполняется одно из главных условий Инструкции по наблюдению за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений, а именно закладка грунтовых и ственных реперов по периметру здания (рис. 1). На остальных же станциях заложены только ственные реперы, в силу недостаточного финансирования этих работ.

Необходимость закладки станции и проведение на ней наблюдений вызвана тем, что в период с 1965 по 1970 гг. территория была подработана горными выработками, пройденными по дайке «Цветная» на горизонтах 60, 80, 100 и 130 м (рис. 2).

Падение дайки юго-восточное, переменное от крутого до пологого. Мощность ее колеблется от 7 до 12 м. Породы дайки и вмещающих пород до глубины 50 м от земной поверхности выветрены, причем до глубины 25 м сильно. Работы по извлечению полезного ископаемого велись горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства. Закладочным материалом служили отсортированные и оставленные в выработанном пространстве породы дайки. Руда же транспортировалась на откаточные штреки горизонтов по рудоспускам самотеком. Ходки в очистное пространство и рудоспуски пройдены под углом наклона 60° и закреплены деревянной срубовой крепью.

При этой системе разработки откаточные штреки горизонтов, ходки и рудоспуски, а также верхние слои очистных выработок высотой 5-6 м остаются незаложенными. Наибольшую опасность внезапного образования провалов на земной поверхности представляют незаложенные верхние слои ортов №№ 62, 70, 76 и 86 гор. 60 м, в ортах №№ 62 и 70 горные работы остановлены на глубине 25 м, в орте № 76 – на глубине 36 м, а в орте № 86 – на глубине 38 м, т. е. на глубинах, где породы сильно выветрены и обладают низкой прочностью и устойчивостью.

Первоначально наблюдательная станция включала 53 грунтовых, 23 ственных и 33 репера в ограде кладбища при церкви (см. рис. 1).

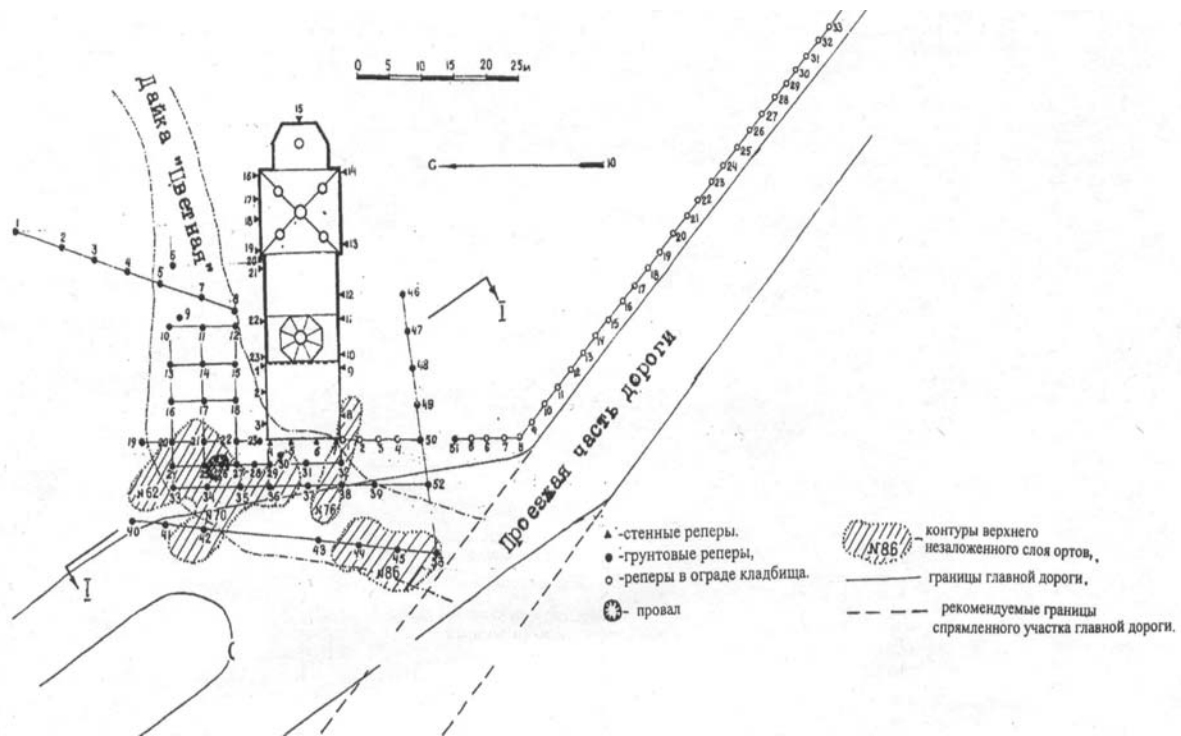


Рис. 1. Схема размещения реперов в районе церкви

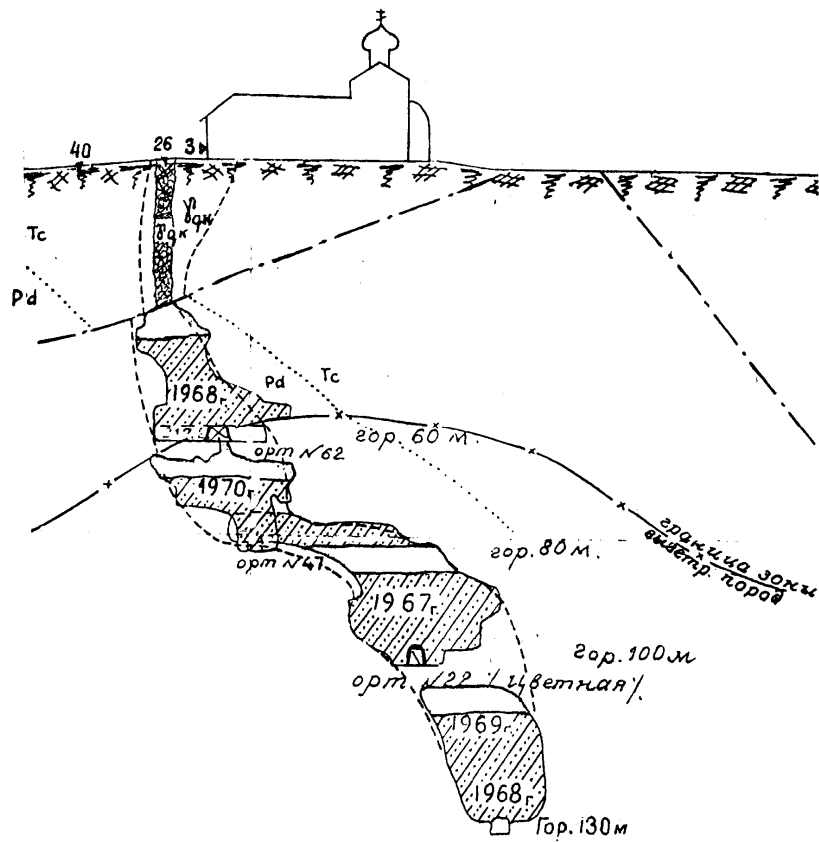


Рис. 2. Разрез вкрест простирания дайки «Цветная» по линии 1-1 (рис. 1)

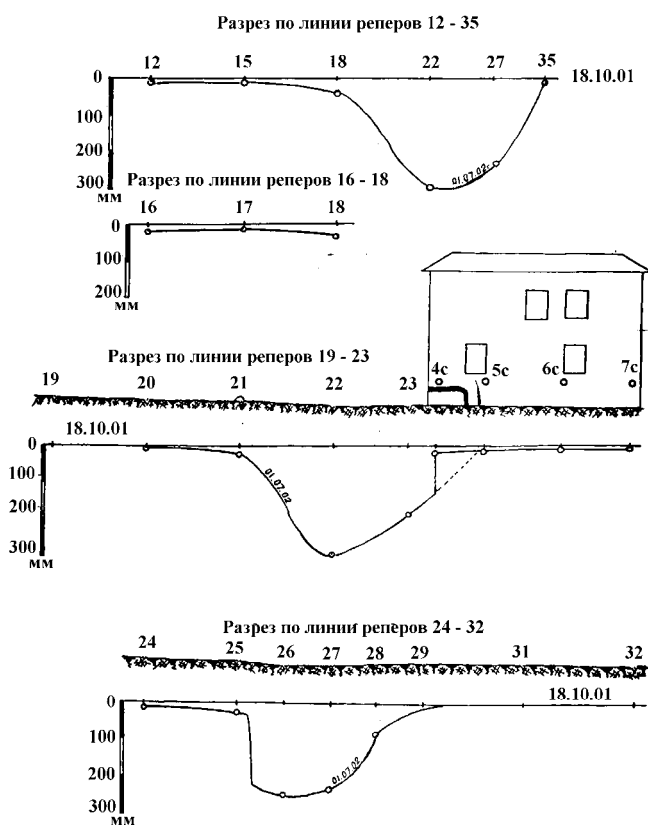


Рис. 3. Разрезы и графики оседаний реперов

Грунтовые реперы, расположенные над ортами №№ 62 и 70 осели до 295 мм. По полученным данным построены графики оседаний реперов (рис. 3). Полученное увеличение скорости оседаний земной поверхности произошло в результате активизации процесса сдвижения в породах над ортом № 70. Зафиксировано увеличение оседания репера № 45 до 17 мм. Этот репер расположен на проезжей части главной дороги, по которой осуществляется интенсивное движение, в т. ч. автобусов и большегрузных автомобилей, над выработанным пространством орта № 86. Первоначальная глубина до незаложенного верхнего слоя в орте составляла 38 м. В настоящее время вследствие обрушения выветрелых пород кровли орта расстояние от земной поверхности до пустот сократилось, и вероятность внезапного появления здесь провала сильно возросла.

На основании полученных результатов наблюдений рекомендовано спрямить дорогу, идущую параллельно ограде кладбища, и не использовать участок земной поверхности над ортами №№ 70, 76 и 86 в качестве проезжей части улицы.

В действительности очень много катастроф и аварий на подработанных территориях очевидцами и жертвами которых становятся люди. Эти чрезвычайные случаи должны прогнозироваться и своевременно предотвращаться. Такой палочкой выручалочкой и служит мониторинг.

## УСТОЙЧИВОСТЬ СОПРЯЖЕНИЯ ДВУХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

ЧЕРДАНЦЕВ Н. В.,

Кузбасский государственный технический университет

Устойчивость сопряжений горных выработок, а также нагрузку на их крепь оценивают обычно с применением понятия эквивалентного пролета, т. е. устойчивость сопряжения считается эквивалентной устойчивости протяженной выработки некоего пролета, который определяется при помощи полуэмпирического метода, а нагрузка на крепь – по модифицированным формулам метода сводообразования Протоdjяконова [1]. Но такой подход не учитывает слоистую структуру массива, а также тот факт, что горные породы в области сопряжения находятся в объёмном напряжённом состоянии. Известно, однако, что трехмерное напря-

Грунтовые реперы располагались на территории, исходя из условий местности, чтобы часть из них находилась на незаложенном выработанным пространстве ортов. Над ортом № 62 размещены реперы №№ 20, 21, 24, 25 и 33, над ортом № 76 – реперы №№ 32 и 38, а над ортом № 86 – реперы 44, 45 и 53.

За период с 16.06.99 г. по 22.10.03 г. на станции выполнено 5 серий инструментальных наблюдений. Результаты показали, что наибольшие оседания величиной в 11 и 10 мм получены на реперах № 3 и № 4, расположенных на северо-западном углу пристроя, что значительно меньше, чем оседание под ними земной поверхности. Это свидетельствует о том, что конструктивно укрепленный угол здания зависит над осевшей под ним земной поверхностью и подтверждает эффективность выполненной меры защиты здания в виде металлических поясов.

Реперы в ограде кладбища показывают практическое отсутствие изменений в отметках реперов за весь период наблюдений (с 16.06.99 г. по 23.10.03 г.). Исключение составляет репер № 1, расположенный над ортом № 76, который показал оседание в 16 мм, что больше погрешности измерений. Он находится в зоне возможно, начавшегося влияния на земную поверхность упомянутого орта, пройденного по красной жиле, пересекающей дайку «Цветная».

женное состояние является менее разрушающим, чем соответствующее плоское, поэтому необходимо уметь его вычислять.

В этой работе, как и в [2], полагается, что горные породы, как среда, имеющая упорядоченные поверхности ослабления, разрушаются прежде всего по этим поверхностям. Используется также понятие «зоны нарушения сплошности» (ЗНС) – некой области, в которой условие прочности не соответствует условию Кулона, в котором коэффициент трения должен быть заменён на коэффициент внутреннего трения:

$$\tau_n \leq \sigma_n n + K, \quad (1)$$

где  $\tau_n$  и  $\sigma_n$  – соответственно касательное и нормальное напряжения по поверхности ослабления;  $n$  и  $K$  – соответственно коэффициенты внутреннего трения и сцепления поверхностей ослабления.

Рассмотрим напряжённое состояние вокруг сопряжения двух выработок квадратного поперечного сечения, пересекающихся под углом  $\theta$  (рис. 1), и сформулируем задачу о напряжённом состоянии вокруг выработок следующим образом: на бесконечности действуют вертикальные  $\sigma_3^\infty = \gamma H$  и горизонтальные напряжения  $\sigma_1^\infty = \sigma_2^\infty = \lambda \gamma H$ , где  $\lambda$  – коэффициент бокового давления.

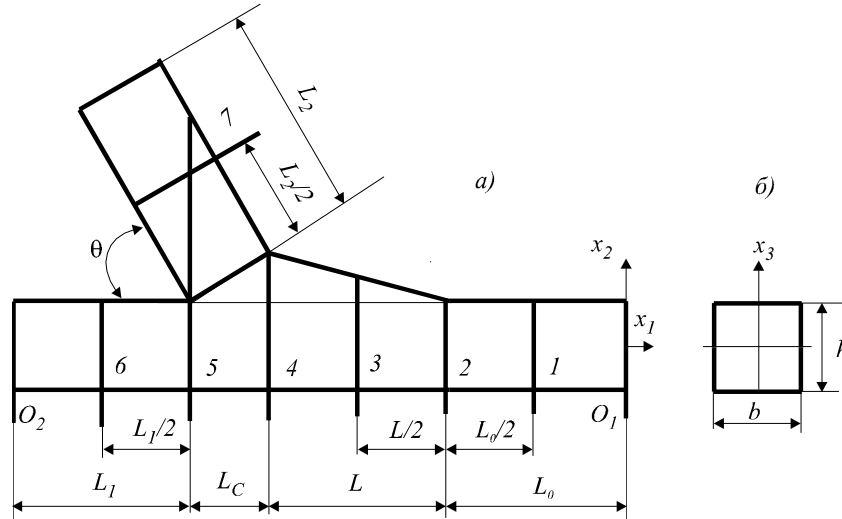


Рис. 1. Схема сопряжения двух выработок: а – сечения, в которых определялись ЗНС; б – поперечное сечение одиночной выработки

Для решения поставленной задачи используется метод граничных интегральных уравнений, сущность которого заключается в следующем [3]. К контуру прикладывается компенсирующая нагрузка. Напряжения от неё определяются путём интегрирования решения Кельвина о силе в бесконечном пространстве в пределах поверхности полости, в результате чего условия на поверхности приводятся к интегральному уравнению

$$\frac{1}{2} a_q(Q_0) - \iint_O \Phi_{qm}(Q_0, M_0) a_m(M_0) dO_{M_0} = n_q(Q_0) \sigma_{qq}^\infty - F_q(Q_0). \quad (2)$$

Интегрирование ведётся вдоль поверхности полости. В уравнении (2)

$\Phi_{qm}(Q_0, M_0)$  – тензор влияния определяется как

$$\Phi_{qm}(Q_0, M_0) = \frac{1}{8\pi(1-\nu)R^3} \left\{ (1-2\nu)(x_q n_m - x_m n_q + \delta_{qm} x_t n_t) + 3 \frac{x_q x_m x_t n_t}{R^2} \right\}.$$

Здесь  $\nu$  – коэффициент Пуассона, индексы  $q, m, t = 1, 2, 3$  – номера координатных осей;  $Q_0$  и  $M_0$  – соответственно точки на компенсирующей поверхности и граничной поверхности исследуемой полости;  $R$  – расстояние между точками  $Q_0$  и  $M_0$ ;  $\delta_{qm}$  – символ Кронекера ( $\delta_{qm}=1$  при  $q = m$ ,  $\delta_{qm}=0$  при  $q \neq m$ );  $\sigma_q^\infty$  – тензор напряжений на бесконечности;  $O$  – площадь поверхности полости;  $n_q, n_m$  – направляющие косинусы внешних к поверхностям нормалей в точках  $Q_0, M_0$ .

Уравнение (2) решается численно. Сначала поверхность полости заменяется конечным числом  $N$  плоских элементов и интеграл заменяется суммой [4]. Затем производится интегрирование по каждому элементу, при этом считается, что в пределах элемента интенсивности  $a$  и  $F$  постоянны. В результате этой процедуры интегральное уравнение (2) заменяется следующими  $N$  векторными уравнениями:



$$\frac{1}{2}a_{q,i}^* - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \Phi_{qm,ij} a_{m,j}^* \Delta O_i = n_{q,i} t_{qq,i}^\infty - F_{q,i}^*, \quad (3)$$

где  $i$  – номер точки на поверхности полости, в которой формулируется граничное условие;  $j$  – номер текущей точки на поверхности полости, а суммирование производится по всем точкам полости. В уравнении (3) (также и дальнейшем) индексы тензоров и векторов отделены точкой от индексов точек полости.

После решения уравнений (3) относительно  $a_{q,j}$  можно определить тензор напряжений  $\sigma_{qm}$  в любой точке  $i$  массива, используя принцип суперпозиции:

$$\sigma_{qm,i} = \sigma_{qmt,ij} a_{t,j}^* + \sigma_{qq,i}^\infty. \quad (4)$$

Здесь  $\sigma_{qmt}$  – тензор напряжений от единичной нагрузки (тензор Кельвина), определяемый как [3]

$$\sigma_{qmt} = \frac{1}{8\pi(1-\nu)R^3} \left[ (1-2\nu)(\delta_{mt}x_q + \delta_{qt}x_m - \delta_{qm}x_t) + \frac{3x_q x_m x_t}{R^2} \right].$$

Напряжения  $\tau_n$  и  $\sigma_n$  по поверхности ослабления при заданной её ориентации определяются путём преобразования напряжений (4) при повороте осей координат [3].

Рассмотрен пример сопряжения выработок прямоугольного сечения в гидростатическом поле напряжений ( $\lambda=1$ ) для горизонтальных поверхностей ослабления, на которых принят коэффициент сцепления  $K=0$  и угол внутреннего трения  $\varphi=20^\circ$ .

На рис. 1 приведена схема расчетной области. Приняты следующие параметры выработок и сопряжения:  $\theta=60^\circ$ ;  $b=2$ ;  $h=2$ ;  $L_0=4$ ;  $L_1=4$ ;  $L_2=5$ ;  $L=4$ ;  $L_c=b(1+\cos 60^\circ)\text{tg}30^\circ=1,73$ .

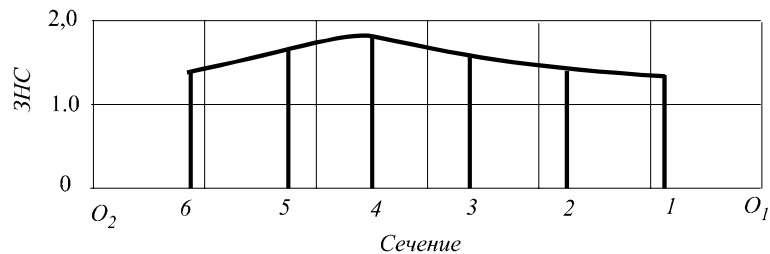


Рис. 2. Изменение вертикального размера зоны нарушения сплошности на сооружению

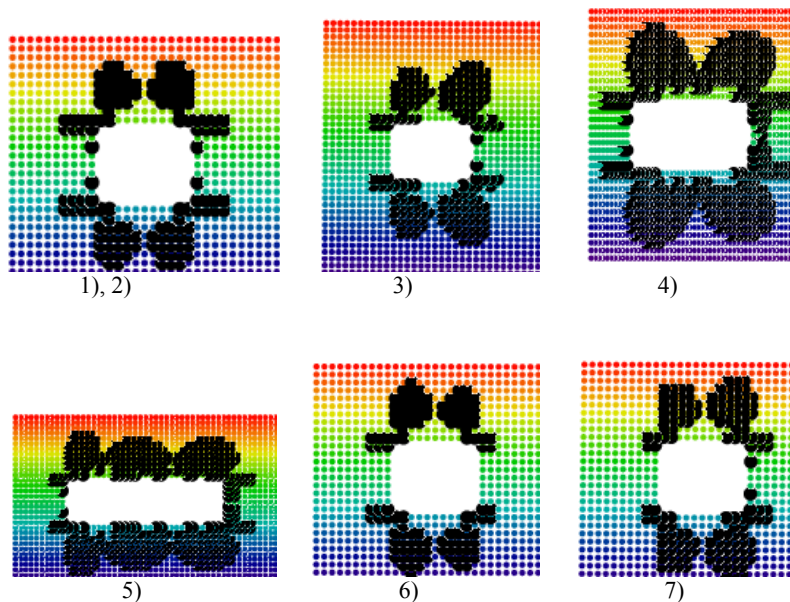


Рис. 3. Зоны нарушения сплошности (ЗНС) в разных сечениях сопряжения (см. рис. 1)

На рис. 2 приведен график зависимости отношения вертикального размера ЗНС выработки к высоте выработки от места сечения сопряжения. На рис. 3 приведены зоны нарушения сплошности в некоторых сечениях расчетной области. Анализ этих результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Влияние сопряжения на устойчивость горных выработок в большей степени сказывается в сторону двух выработок – в рассмотренном примере около полутора габаритных размеров выработки, в сторону одиночной выработки это около одного габаритного размера.

2. Размер зоны нарушения сплошности в зоне влияния сопряжений горизонтальных горных выработок увеличивается в полтора раза по сравнению с одиночной выработкой, находящейся в гидростатическом напряженном состоянии.

3. Общую теорию расчета крепи сопряжений горных выработок в традиционном стиле создать не представляется возможным. Однако при существующих информационных технологиях есть возможность индивидуального расчета каждого конкретного сопряжения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Изаксон В. Ю.* Методы расчета устойчивости выработок, пройденных комбайнами, в условиях Кузбасса: Дис. ... д-ра техн. наук / ИГД СО АН СССР. Новосибирск, 1975. 361 с.
2. *Лурье А. И.* Теория упругости. М.: Наука, 1970. 940 с.
3. *Метод граничных интегральных уравнений.* Вычислительные аспекты и приложения в механике / Под ред. Т. Круза и Ф. Риццо. М.: Мир, 1978. 210 с.
4. *Широков А. П., Писляков Б. Г.* Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок. М.: Недра, 1988. 214 с.

### **МЕТОДИКА ТРАНСФОРМАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ, ЯВЛЕНИЙ И ПАРАМЕТРОВ В ОТЧЕТНЫЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ ГОРНЫХ ПОРОД И МАССИВОВ**

*ПОНОМАРЕВ Е. И.,*

Уральская государственная горно-геологическая академия

Полевые, лабораторные и скважинные геоэлектрические методы при различной ориентировке возбуждаемых электрических полей относительно изучаемого горного массива позволяют выбрать такое направление электрического поля, при котором искажения, связанные со структурно-тектоническими особенностями строения горного массива, будут линейными.

Такие условия создаются при ориентировке электрического поля поперек структурно-вещественных элементов. В этом случае измеренные геометрические параметры структур и величина их удельного сопротивления будут близки к истинным.

На основании геоэлектрических измерений получаем геоэлектрическую модель горного массива, представленную структурно-вещественным сочетанием геоэлектрических неоднородностей, которые на основе лабораторных и натурных эмпирических и теоретических зависимостей пересчитывают в совокупность геомеханических и гидрогеологических неоднородностей, в дальнейшем использующихся для расчета геомеханической и гидрогеологической моделей композитных сред.

Схему решения задачи составления структурно-вещественной, геомеханической и гидрогеологической моделей горного массива можно пояснить рис. 1.

Видится разработка решения прямых и обратных задач для более сложных случаев неоднородных в геомеханическом и гидрогеологическом отношениях моделей геологических сред.

Методы трансформации и пересчетов позволят в самом ближайшем будущем в автоматическом диалоговом режиме на основании исходной инженерно-геологической информации и геоэлектрического моделирования горных массивов получать детальные структурно-вещественные, геомеханические и гидрогеологические модели распределения геомеханических и гидрогеологических неоднородностей, максимально приближенных к их истинным значениям.

В современном фундаментальном научном подходе исходный масштаб исследования сопоставляется с объективным уровнем организации вещества (материал, породы, массив, район, регион, провинция и т. д.). Переход от одного исходного уровня организации вещества к более масштабному осуществляется путем расчета гидрогеологических, геомеханических или геофизических параметров композитных сред. Исходным для расчета является структурное сочетание неоднородностей геомеханических, гидрогеологических или геофизических параметров, которые можно считать однородными на исходном уровне организации вещества. Такие неоднородности целесообразно называть элементами неоднородностей горной породы или массива. В практике геомеханических исследований их называют «элементами разупрочнения», в гидрогеологи-

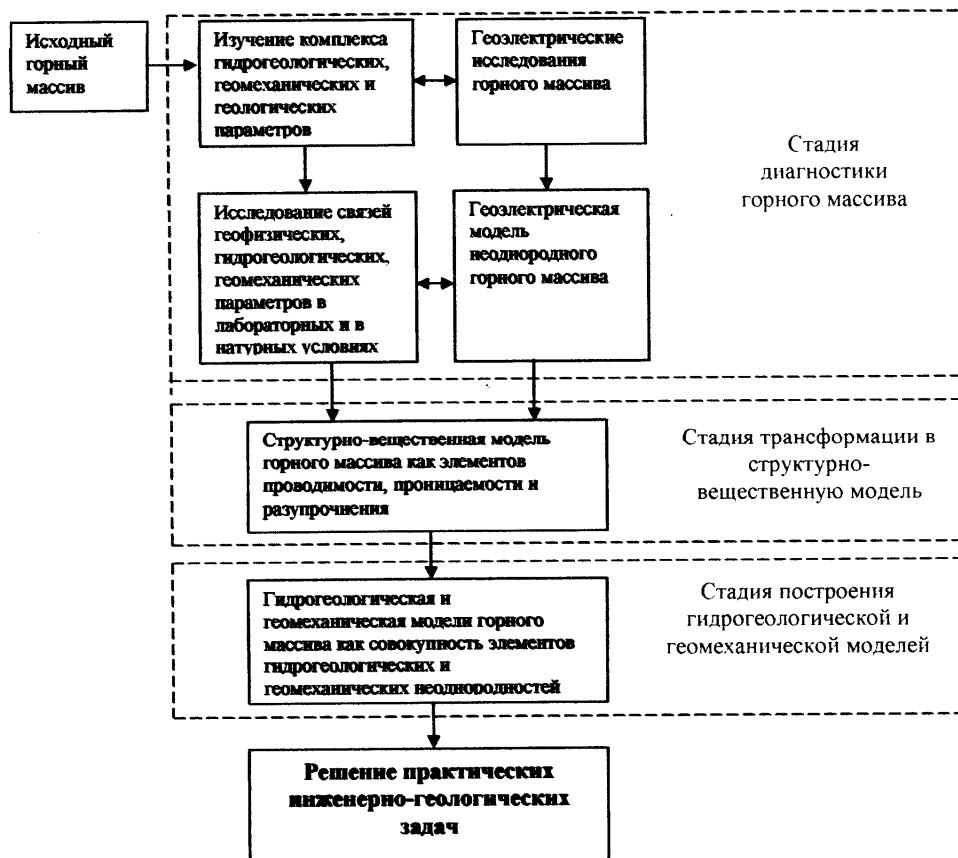


Рис. 1. Схема трансформации диагностических геоэлектрических моделей в отчетные геомеханические и гидрогеологические модели горных пород и массивов

ческих моделях – элементами водопроводимости или проницаемости, в геоэлектрических моделях – элементами электропроводимости.

Этапы комплексного геоэлектрического, структурно-вещественного, геомеханического и гидрогеологического моделирования горных пород и массивов:

На первом этапе осуществляется подбор основных сведений о геологии, гидрогеологии, геомеханике исходного горного массива на основе анализа результатов горно-геологических и геолого-геофизических работ прошлых лет.

На втором этапе выполняется комплекс рекогносцировочных маршрутных съемок, в результате которых выполняются зарисовки, фотографии, описания обнажений, выходы подземных вод, особенности проявления гидрогеологических и геомеханических явлений и т. д. На этом этапе разрабатывается проект геоэлектрического диагностирования горного массива, в котором задается объем глубинных и площадных методов исследования горного массива с целью надежной расшифровки основных элементов его геоэлектрического строения.

На третьем этапе выполняется необходимый и достаточный комплекс площадных и глубинных геоэлектрических исследований, которые включают формирование геодезической сети и топоосновы для выполнения электроразведочных работ, выполнение комплекса площадных и глубинных электроразведочных работ методами ВЭЗ (вертикальное электрическое зондирование), МСГ (метод срединных градиентов), ЕП (метод естественного поля).

Полевые, лабораторные и скважинные геоэлектрические методы при различной ориентировке возбуждаемых электрических полей относительно изучаемого горного массива позволяют выбрать такое направление электрического поля, при котором искажения, связанные со структурно-тектоническими особенностями строения горного массива, будут линейными.

Такие условия создаются при ориентировке электрического поля поперек структурно-вещественных элементов. В этом случае измеренные геометрические параметры структур и величина их удельного сопротивления будут близки к истинным.

Ориентировка электрического поля в процессе проведения опытных работ в окончательном виде осуществляется путем подбора поперек естественных (природных) структурно-вещественных неоднородностей, одновременно являющихся геоэлектрическими, гидрогеологическими и геомеханическими неоднородностями.

На четвертом этапе по результатам выполненных геоэлектрических исследований оконтуриваются на местности и на топооснове границы основных структурно-вещественных элементов (компонентов), условно однородных по величине удельного электрического сопротивления. Сочетание численных характеристик удельного электрического сопротивления, размеры, форма и ориентировка этих элементов относительно действующей системы координат собственно и являются геоэлектрической моделью изучаемого участка горного массива. На этом этапе составляется расчет удельного сопротивления изучаемого горного массива при различных ориентировках геоэлектрического поля относительно выявленных геоэлектрических структур. Этот метод в геофизике получил название «решение прямой задачи электроразведки» (Расчет параметров композитной среды по параметрам ее структурно-вещественных элементов – компонентов).

На пятом этапе производится отбор необходимого объема образцов из выявленных геоэлектрических структурно-вещественных элементов с целью выявления комплекса сопоставительных гидрогеологических, геомеханических и геоэлектрических лабораторных исследований и компьютерного моделирования. На этом же этапе выполняется комплекс сопоставительных исследований, производится их обработка и интерпретация. Конечным продуктом этих работ являются числовые статистические значения характеристики геоэлектрических, геомеханических, гидрогеологических и структурно-вещественных параметров выявленных компонентов изучаемого горного массива в границах геоэлектрических неоднородностей. Материалы могут быть представлены как в табличной форме, так и в виде разрезов, планов, карт и другого вида масштабных моделей горного массива. Основная задача этого этапа работ – получить контраст геоэлектрических, геомеханических, гидрогеологических параметров выявленных структурно-вещественных элементов горного массива.

На шестом этапе, используя зависимости, описанные в главах 1.4, 1.5, приводят расчет геомеханических (прочностных) и гидрогеологических (проницаемость) параметров горного массива в целом при различной ориентировке техногенного (вторичного) гидрогеологического и геомеханического полей относительно выявленной структуры неоднородностей – компонентов и составных частей геомеханической и гидрогеологической моделей горного массива.

На завершающем этапе выполняют сопоставления прочностных и фильтрационных параметров композитной горной массы, с выявленным положением его составных частей, контрастно отличающихся друг от друга по прочности и фильтрации.

По результатам этих сопоставлений намечаются наиболее опасные участки горного массива, сочетание прочностных и фильтрационных параметров которых обеспечивает потенциальную неустойчивость этих участков и склонность их к обрушению и оползанию. Намечаются мероприятия, способные привести участок неустойчивого горного массива в устойчивое состояние.

Проиллюстрируем структуру и этапы комплексного геоэлектрического, структурно-вещественного, геомеханического и гидрогеологического моделирования горных пород и массивов на примере выбора площадки хвостохранения.

### **Этап 1**

Участок, на котором предполагалось проектирование и строительство хвостохранилища, расположен в Новоорском районе Оренбургской области.

В геоморфологическом отношении для исследования предложено три участка, геоморфология которых одинаково благоприятна для формирования чаши хвостохранилища (рис. 2).

Все участки предполагаемого строительства хвостохранилища расположены в пределах развития гранитоидов позднепалеозойского возраста. Граниты среднезернистые массивные, розовато-красного цвета со следующими показателями физических свойств: плотность – 2,55-2,61 г/см<sup>3</sup>; водопоглощение – 0,3-0,6 %; предел прочности на одноосное сжатие в сухом состоянии – 136-300 МПа, в водонасыщенном – 145-280 МПа.

В геотектоническом отношении участки относятся к окраинной части гранитного массива, претерпевшего в разные исторические периоды интенсивные дислокации, выразившиеся в виде дизъюнктивной тектоники, в пределах которых значительным развитием пользуются коры выветривания (линейные) и участки окварцевания.

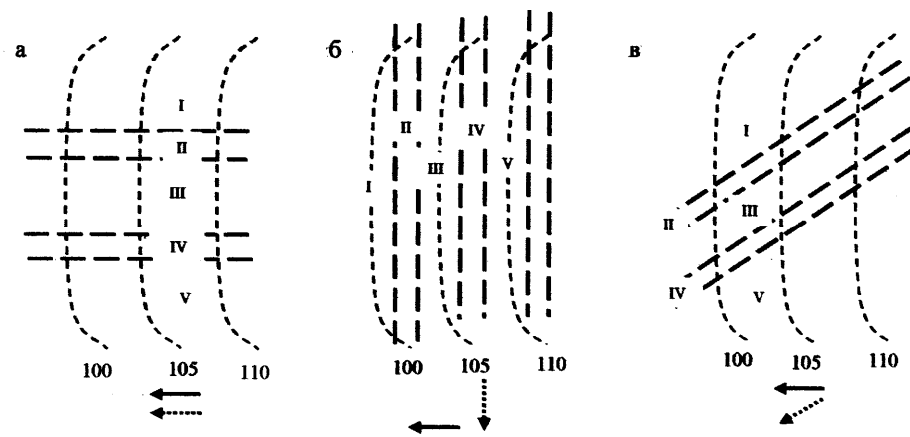
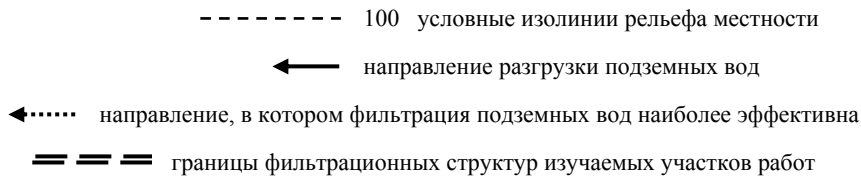


Рис. 2. Соотношение рельефа местности с ориентировкой фильтрационных структур на трех участках предполагаемого строительства хвостохранилища: а – фильтрующие структуры совпадают с уклоном рельефа местности; б – фильтрующие структуры находятся под углом 90° к наклону рельефа местности; в – фильтрующие структуры находятся под углом 45° к наклону рельефа местности



### Этап 2

В результате рекогносцировочных исследований по маршрутным съемкам и описанию обнажений установлены следующие фактические данные, которые необходимо использовать при производстве геофизических работ:

1. В обнажениях отмечается преимущественное развитие слоистости, трещиноватости и линейных зон выветривания на участке «а» вдоль уклона местности, на участке «б» – поперек уклона местности, на участке «в» – в секущем направлении к уклону местности.
2. Размеры ожидаемых зон трещиноватости, окварцевания и линейных зон выветривания от 1-5 до 20-40 метров. Переходы к зоне дезинтеграции и химического выветривания от резких до постепенных.
3. Поверхностные воды на участке «а», несмотря на благоприятную геоморфологическую обстановку отсутствуют. Уровень подземных вод на участке «а» составляет 6-12 м. Не выявлены поверхностные воды в виде ручьев и речек и на участке «в», уровень грунтовых вод 3-6 м. На участке «б» в пределах тальвега наблюдается поверхностная разгрузка в виде ручья с расходом 2,5 л/с. Уровень грунтовых вод от 0,0 до 2,5 м.
4. На участке «б» развиты местами солончаковые участки, местами со следами болотной растительности (осоки).
5. В обнажениях всех участков зафиксированы все виды перехода от массивных красноцветных гранитов к продуктам их физического и химического выветривания.

### Этап 3

Выполнен комплекс геоэлектрических исследований, включающий глубинные и площадные электро-разведочные методы ВЭЗ, МСГ, ЕП. Ориентировка поля формировалась в основном поперек ожидаемых геоэлектрических неоднородностей. В процессе работ ориентировка поля корректировалась. В результате выполненных работ построена геомеханическая модель всех трех участков (см. рис. 2). Геоэлектрические параметры выявленных условно однородных структурно-вещественных элементов приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Геоэлектрические параметры выявленных структурно-вещественных элементов горных массивов**

Участок работ	Номер выявленной структуры	Интервал глубины, м	Мощность зоны, м	Удельное электросопротивление, Ом·м	Состав грунтов
«а»	I	0,0-3,0	60,0	250,0	Зона дезинтеграции гранитоидов, супесь, гранитный сапролит
«а»	I	3,0-40,0	60,0	1700,0	Массивный гранит, слабовыветрелый, красного цвета
«а»	II	0,0-8,0	3,0	250,0	Зона дезинтеграции и окварцевания гранитоидов, гранитный сапролит, суглинок, супесь
«а»	II	8,0-40,0	3,0	700,0	Гранит сильнотрещиноватый, участками окварцованный, с глинисто-песчаным заполнителем по открытым трещинам
«а»	III	0,0-30,0	25,0	250,0	Зона выветривания и дезинтеграции, представленная продуктами химического и физического выветривания гранитоидов
«а»	IV	0,0-8,0	3,0	250,0	Зона дезинтеграции и окварцевания гранитоидов, гранитный сапролит, суглинок, супесь
«а»	IV	8,0-40,0	3,0	700,0	Гранит сильнотрещиноватый, местами окварцован
«а»	V	0,0-3,0	60,0	250,0	Зона дезинтеграции гранитоидов, супесь, гранитный сапролит
«а»	V	3,0-40,0	60,0	1700,0	Гранит массивный слаботрещиноватый
«б»	I	0,0-4,0	70,0	300,0	Зона дезинтеграции гранитоидов
«б»	I	4,0-40,0	70,0	1900,0	Гранит массивный слаботрещиноватый
«б»	II	0,0-12,0	2,0	200,0	Кора выветривания гранитоидов
«б»	II	12,0-40,0	2,0	900,0	Гранит сильнотрещиноватый, местами окварцован
«б»	III	0,0-35,0	20,0	350,0	Кора выветривания гранитоидов, суглинки, супесь, сапролиты
«б»	IV	0,0-10,0	2,5	280,0	Гранит сильнотрещиноватый
«б»	IV	10,0-40,0	2,5	850,0	Гранит сильнотрещиноватый
«б»	V	0,0-4,0	80,0	400,0	Кора выветривания гранитоидов
«б»	V	4,0-40,0	80,0	2100,0	Гранит слаботрещиноватый
«в»	I	0,0-2,0	55,0	400,0	Кора выветривания гранитоидов
«в»	I	2,0-40,0	55,0	1600,0	Гранит слаботрещиноватый
«в»	II	0,0-9,0	2,0	300,0	Кора выветривания гранитоидов
«в»	II	9,0-40,0	2,0	850,0	Граниты трещиноватые
«в»	III	0,0-33,0	22,0	400,0	Кора выветривания гранитоидов
«в»	IV	0,0-12,0	2,5	300,0	Кора выветривания гранитоидов
«в»	IV	12,0-40,0	2,5	900,0	Граниты трещиноватые
«в»	V	0,0-2,5	75,0	400,0	Кора выветривания гранитоидов
«в»	V	2,5-40,0	75,0	2500,0	Граниты неизменные слаботрещиноватые

**Этап 4**

Этот этап был выполнен параллельно с этапом 3, геоэлектрические неоднородности оконтурены в плане и на местности.

**Этап 5**

Отбор монолитов на лабораторные испытания фильтрационных и прочностных параметров из выявленных зон I, II, III, IV, V в сопоставлении с лабораторными испытаниями геоэлектрических параметров. Исследования дополнены необходимым объемом натурных испытаний фильтрационных параметров путем наливов в шурфы и скважины.

В табл. 2 приведены результаты лабораторных и натурных испытаний отобранных образцов.

Таблица 2

**Результаты комплексных лабораторных и натурных исследований фильтрационных, электрических и геомеханических параметров образцов, отобранных из выявленных зон I-V участков «а», «б» и «в»**

Номера участков	Номера структур	Удельное электро-сопротивление, Ом·м	Проницаемость, м/сут	Предел прочности на сжатие, МПа	Объем выбора	Характеристика образцов
«а», «б», «в»	I	2400	0,1	300,0	20	Массивный слаботрециноватый гранит
«а», «б», «в»	II	840	12,0	100,0	10	Сильнотрециноватый, местами окварцованный гранит со следами лимонитизации
«а», «б», «в»	III	Монолит рассыпается в песок				Кора выветривания гранитов
«а», «б», «в»	IV	940	10,0	120,0	10	Сильнотрециноватый гранит, окварцованный, местами лимонитизирован
«а», «б», «в»	V	2200	0,1	300,0	10	Массивный слаботрециноватый гранит

**Этап 6**

Комплексируя геоэлектрическую модель с результатами определения комплекса геоэлектрических, геомеханических и фильтрационных параметров (табл. 1-2, рис. 2), произвели расчет гидрогеологических (фильтрационных), геомеханических и геоэлектрических параметров композитной среды при различной ориентировке структур относительно соответствующих полей (геомеханических, гидрогеологических, геоэлектрических). Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3

**Геомеханические, фильтрационные и геоэлектрические параметры площади предполагаемого строительства хвостохранилища**

Номера участков	Ориентировка поля относительно выявленных структур I-V	Расчетное удельное электрическое сопротивление участка по склону, Ом·м	Расчетное значение предела прочности на сжатие участка по склону рельефа, МПа	Расчетное значение проницаемости участка по склону рельефа местности, м/сут	Степень благоприятности для проектирования хвостохранилища
«а»	Вдоль структуры	1000,0	160,0	1,01	Неблагоприятное
«б»	Поперек структур	2500,0	270,0	0,11	Благоприятное
«в»	Под углом к структурам	1200,0	190,0	0,8	В целом неблагоприятное

В нашу задачу входил поиск наименее водопроницаемых участков. Такие естественные условия сложились на участке «б», где фильтрующие структуры направлены поперек стока грунтовых вод, в связи с чем общая проницаемость чаши хвостохранилища уменьшилась по сравнению с участком «а» в 10 раз, хотя оба этих участка сложены одинаковым объемным сочетанием фильтрующих и водоупорных слоев. Уменьшение проницаемости чаши в 10 раз связано только с особым сочетанием напряженности гидрогеологического поля, направленной поперек фильтрующих структур. Определяющим является структурный фактор.

Если отсутствуют лабораторные данные о фильтрационных и прочностных свойствах элементов структур, то ориентировочные расчеты можно сделать исходя из контраста сред по удельному электрическому сопротивлению.

В данном случае отчетными параметрами явились гидрогеологические поля и параметры. В других примерах отчетными могут быть прочностные или совокупность прочностных и гидрогеологических полей, явлений и параметров горных массивов.

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В КОМПЛЕКСЕ  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПРИ РАСШИФРОВКЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ  
МОДЕЛЕЙ ГОРНЫХ МАССИВОВ**

*КАШКАРОВ А. А.,  
ИГД УрО РАН  
ПОНОМАРЕВ Е. И.,*

Уральская государственная горно-геологическая академия

Проектирование и строительство крупных горно-технических комплексов: карьеров, шахт, хвостохранилищ, горно-обогачительных предприятий и т. д. – связаны с необходимостью учета гидрогеологической и геомеханической ситуации в районе проектируемого строительства.

Анализ результатов эксплуатации горных комплексов на примере месторождений Восточной Сибири (Коршуновский ГОК) и Оренбургской области (Гайский ГОК, Ормет и т. д.) показывает, что большинство осложнений, связанных с устойчивостью бортов карьеров, вызвано недоучетом исходного комплекса взаимосвязанных гидрогеологических и геомеханических параметров и мелкомасштабной гидрогеологической и геомеханической ситуации в районе строительства горных предприятий.

Последнее не связано с качеством инженерно-геологических изысканий. Все изыскательские работы выполнены в соответствии с принятыми нормативами и в нужном объеме.

Отставание базовых фундаментальных научных основ выразилось в следующих основных условиях:

1. Отчетные геологические и инженерно-геологические разрезы, планы, карты (модели), отражающие литолого-стратиграфические неоднородности, недостаточно корректно отражают распределение геомеханических и гидрогеологических полей, явлений и параметров горных пород и массивов.

2. Изучение физико-механических и гидрогеологических параметров горных пород и массивов в лабораторных и полевых условиях внутри однородных по литолого-стратиграфическим признакам горных пород также является некорректным. Между гидрогеологическими и геомеханическими параметрами, с одной стороны, и литолого-стратиграфическими параметрами – с другой, не существует однозначной зависимости. Связи неустойчивы и не поддаются обоснованию.

3. Метод перехода от испытаний физико-механических свойств в лабораторных условиях на образцах горных пород к массиву, основанный на анализе масштабного фактора, через коэффициент структурного ослабления (КСО) не является количественным и корректным. Необходимо разработать иной аппарат перехода от свойств образцов к свойствам массива. Логичным является пересчет свойств массива как композитной среды, представленной конкретной структурно-вещественной моделью сочетания относительно однородных структурно-вещественных элементов, относящихся к более крупномасштабному уровню организации вещества.

4. Степень устойчивости и анализ фильтрационной структуры горных пород и массивов должен производиться на основе геомеханических и гидрогеологических разрезов, планов, карт и т. д. (моделей), являющихся результатом интерпретации материалов полевых и камеральных инженерно-геологических работ.

5. Комплекс геомеханических и гидрогеологических моделей горных пород и массивов, представленных в виде планов, карт, разрезов, в руках квалифицированных специалистов инженерно-геологического профиля позволяет решать необходимый комплекс инженерно-геологических, геомеханических и гидрогеологических задач при проектировании и строительстве инженерных сооружений.

6. Адекватные геомеханические и гидрогеологические модели горных пород и массивов не могут быть подробно изучены только геомеханическими и гидрогеологическими методами. Для их описания необходимо привлекать геологические (литолого-стратиграфические) или геофизические модели в виде разрезов, планов, карт и т. д.

7. Опыт работ установлено, что при выборе промежуточных моделей для трансформации их в отчетные гидрогеологические и геомеханические модели следует использовать всю имеющуюся геолого-геофизическую информацию, но предпочтение следует отдать геофизическим моделям, вследствие научной обоснованности взаимосвязи геофизических (геоэлектрических), геомеханических и гидрогеологических полей, явлений и параметров горных пород и массивов через структурно-вещественные неоднородности, представленные сочетанием элементов, отличающихся друг от друга объемом и свойствами пустотнотрещинного пространства.

8. При обосновании фильтрационных свойств горных массивов и их устойчивости в прежней фундаментальной научной основе, на которой строится нормативная база, опираются на трещиноватость (взаимосвязанную трещиноватость) горных массивов. Чем больше массив (масштаб исследования), тем больше масштабных трещин и систем трещиноватости он охватывает. Следовательно, с увеличением масштаба ис-



следования устойчивость горного массива уменьшается. Именно поэтому масштабный фактор получил название «КСО» (коэффициент структурного ослабления).

В современном фундаментальном научном подходе исходный масштаб исследования сопоставляется с объективным уровнем организации вещества (материал, породы, массив, район, регион, провинция и т. д.). Переход от одного исходного уровня организации вещества к более масштабному осуществляется путем расчета гидрогеологических, геомеханических или геофизических параметров композитных сред. Исходным для расчета является структурное сочетание неоднородностей геомеханических, гидрогеологических или геофизических параметров, которые можно считать однородными на исходном уровне организации вещества. Такие неоднородности целесообразно называть элементами неоднородностей горной породы или массива. В практике геомеханических исследований их называют «элементами разупрочнения», в гидрогеологических моделях – элементами водопроницаемости или проницаемости, в геоэлектрических моделях – элементами электропроводности.

9. Взаимосвязь геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических полей, явлений и параметров основана на фактическом структурно-вещественном совпадении (пространственном и вещественном) элементов геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических неоднородностей. Если в композитной среде наблюдается совпадение структурно-вещественных элементов геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических неоднородностей, то связь между параметрами (геомеханическими, гидрогеологическими и геоэлектрическими) имеет место. Если элементы не совпадают, то связи нет. Совпадение структурно-вещественных элементов неоднородностей свидетельствует только о наличии связи.

Величина и особенности сочетания неоднородностей определяют вид и контрастность взаимосвязей геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических полей, явлений и параметров.

10. С этих позиций литолого-стратиграфические параметры не имеют объективной связи с масштабом исследований и уровнем организации вещества и не обособлены в виде элементов структурно-вещественных неоднородностей, поэтому объективного количественного описания связи их с геомеханическими и гидрогеологическими свойствами получить невозможно.

Качественная характеристика относительных взаимосвязей литолого-стратиграфических параметров с геомеханическими и гидрогеологическими свойствами горных массивов имеет место как опосредованное отражение более глубокой связи последних друг с другом через единство структурно-вещественных неоднородностей.

11. В современном понимании целесообразно заменить термин «трещиноватость горного массива» сочетанием структурно-вещественных неоднородностей, в которых трещины как элементы неоднородностей являются равноправным по сравнению с нетрещиноватыми обособлениями условно однородным компонентом композитного горного массива. Лучше представить массив в относительном понимании как сочетание субоднородных по геомеханическому, гидрогеологическому или геоэлектрическому свойствам структурно-вещественных компонентов в композитной среде, соответствующей более масштабному уровню организации вещества.

12. В практике инженерно-геологических и геолого-геофизических работ мы имеем примеры совпадения геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических неоднородностей в рамках структурно-вещественных компонентов композитных горных массивов и несовпадения этих компонентов. Имеются примеры частичного совпадения – приуроченности одних элементов (компонентов) к другим.

В соответствии с этим на разных уровнях организации вещества могут присутствовать или отсутствовать связи между геомеханическими, гидрогеологическими и геоэлектрическими параметрами, а теснота связи может варьировать в широких пределах.

13. Учитывая, что по гидрогеологическим и геомеханическим моделям можно описать соответственно гидрогеологические и геомеханические параметры горного массива и спрогнозировать соответствующие явления (оползни, обрушения, вывалы, дренаж воды и т. д.), то эти параметры можно называть отчетными. Геофизическая модель не затребована практикой изысканий, проектирования и строительства и может быть использована для диагностики геомеханических и гидрогеологических моделей путем трансформаций через установленные связи, поэтому ее целесообразно называть диагностической.

14. Название отчетных и диагностических моделей оправдано еще и с тех позиций, что геофизические (геоэлектрические) модели относятся к числу легко изучаемых, не затратных при построении количественных и надежных при пересчетах в композитные среды. Изучение геомеханических и гидрогеологических моделей с высокой детальностью и точностью трудоемко, а в ряде случаев невозможно.

15. Предлагается комплексом геофизических, гидрогеологических и геомеханических методов оценить соответственно геоэлектрические, гидрогеологические и геомеханические свойства структурно-вещественных компонентов композитной среды; оценить степень совпадения структурно-вещественных компонентов в геомеханической, гидрогеологической и геоэлектрической моделях композитной среды, соответственно вид и характер их взаимосвязи. Используя выявленную взаимосвязь, легко произвести трансформацию изучаемой геоэлектрической модели горного массива в гидрогеологическую и геомеханическую модели, которые использовать для выдачи рекомендаций о состоянии горного массива, прогноза геомеханиче-

ских и гидрогеологических явлений и методов снижения их отрицательного влияния на технологический процесс разработки месторождений.

Основные понятия, связанные с энергетикой горных массивов, наиболее полно и надежно изучены в рамках теории поля в фундаментальных геофизических исследованиях, направленных на выявление глубинных неоднородностей земной коры по измерениям физических полей на поверхности земли.

Энергетические поля описывают потенциальную энергию системы – горного массива с электрических, геомеханических и гидрогеологических позиций. Систему, которая «заряжена» – обладает потенциальной энергией – возможностью совершить работу и перейти в более устойчивое и менее энергоемкое состояние. Состояние массива в момент перехода от одного энергетического состояния к другому принято называть «явлением».

Явления в геоэлектрических моделях вызывают движение заряженных частиц (ионов, электронов) – электрический ток, где  $I$  – сила тока.

В гидрогеологической практике явление – это движение подземных и поверхностных вод к местам их разгрузки, где  $Q$  – модуль стока.

С геомеханических позиций явление – это перемещение горной массы (естественное или техногенное).

Вскрыша – это геомеханическое явление накопления геомеханической энергии при перемещении горной массы из шахт и карьеров в отвалы, где  $E$  – деформация.

Особенности реализации явления зависят как от энергетических полей, так и от параметров, среди которых протекает то или иное явление.

Геоэлектрические, геомеханические и гидрогеологические параметры отличаются большим разнообразием, но среди них выделяется группа основополагающих. В геоэлектрических моделях главным является электрическое сопротивление среды пропусканию электрического тока через нее ( $R$ ), которое с учетом объема вещества трансформируется в удельное электрическое сопротивление среды ( $\rho$ ):

$$\rho = R \frac{S}{l},$$

где  $S$ ,  $l$  – соответственно единица площади, через которую пропускают электрический ток (сечение среды), и единица длины этой среды.

В гидрогеологической практике и моделях главным параметром является проницаемость горных пород и массивов ( $K_{пр}$ ).

В геомеханической модели в качестве основного параметра среды используется модуль деформации ( $E$ ), определяющий вид зависимости между напряжением и деформацией.

Для геоэлектрической модели горного массива связь полей, явлений и параметров выражается законом Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{E} = \rho \cdot i,$$

где  $E$  – напряженность электрического поля, В/м;  $I$  – плотность электрического тока, А/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление, Ом·м.

Для гидрогеологической модели горного массива связь полей, явлений и параметров выражается следующей формулой:

$$\vec{N} = K_{пр} \cdot Q,$$

где  $N$  – гидрогеологический напор или напряженность гидрогеологического поля;  $K_{пр}$  – коэффициент проницаемости горных пород и массивов;  $Q$  – расход воды или модуль стока.

Для геомеханической модели горного массива связь полей, явлений и параметров выражается законом Гука:

$$\vec{\sigma} = E \cdot \varepsilon,$$

где  $\sigma$  – напряженность геомеханического поля или напряжения в горном массиве;  $\varepsilon$  – деформация горных пород и массивов, вызванная напряжениями в них;  $E$  – деформационные модули, характеризующие особенности проявления деформаций при различных уровнях напряжений в горных массивах.

Анализируя природу взаимосвязи геоэлектрических, гидрогеологических и геомеханических полей, явлений и параметров, отметим, что во всех перечисленных моделях горных пород и массивов присутствует энергетический потенциал (напряженность) поля, структурно-вещественные элементы, являющиеся естественной средой для разгрузки энергетического потенциала (элементы электро- и водопроводимости, элементы разупрочнения, в структурно-вещественном отношении представленные различными по величине и структуре пустотно-трещинного пространства компоненты композитных горных пород и массивов), а также явления движения электрических зарядов, воды, деформации или твердого вещества.

Эмпирические и теоретические зависимости геоэлектрических, гидрогеологических и геомеханических параметров горных пород и массивов в горно-геологической практике и практике инженерно-геологических изысканий выявлялись неоднократно для конкретных участков горных массивов.

Наблюдается общая связь геоэлектрических, гидрогеологических и геомеханических параметров с прочностью горных пород и удельным сопротивлением поровых вод:

$$\rho = \alpha \cdot K_{\Pi}; \quad K_{\text{пр}} = \beta \cdot K_{\Pi}; \quad \sigma_{\text{пр}} = \gamma \cdot (K_{\Pi})^{-1},$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$  – коэффициенты, зависящие от структурно-текстурных особенностей горных пород и массивов.

Главный вывод, сделанный большим числом предшественников, свидетельствует о наличии связи геомеханических, геоэлектрических и гидрогеологических параметров через пустотность и трещиноватость горных пород.

Придание пустотно-трещинному пространству структуры, формы и размеров неизбежно приводит к композитной как минимум двухкомпонентной среде, расчет совокупности геомеханических, геоэлектрических и гидрогеологических параметров которых должен осуществляться по совершенно иной схеме.

Структурные факторы распределения компонентов композитных сред, отличающихся по геомеханическим, геоэлектрическим и гидрогеологическим параметрам, можно оценить на примере двухкомпонентной среды.

В геоэлектрической модели при ориентировке электрического поля вдоль слоистости удельное электрическое сопротивление композитной среды можно оценить по формуле

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \frac{1}{n + \frac{1-m}{m}},$$

где  $n$  – пористость горных пород;  $m = \rho/\rho_1$ .

Производное значение удельного электрического сопротивления можно получить из графика на рис. 1.

В геоэлектрической модели при ориентировке поля поперек слоистости удельное электрическое сопротивление композитной среды можно оценить из выражения

$$\rho/\rho_1 = n + m(1-n),$$

где  $n$  – пористость горных пород;  $m = \rho/\rho_1$  – контрастность пород по удельному сопротивлению.

В графическом виде эта зависимость представлена на рис. 2.

В геомеханической модели композитных сред при различной ориентировке поля напряжений относительно слоистых по прочностным параметрам среды мы получим аналогичные геоэлектрической модели выражения и графики, только вместо отношений удельных сопротивлений компонентов сложной среды будут присутствовать прочностные параметры:

$$\frac{\sigma}{\sigma_1} = \frac{1}{n + \frac{1-n}{m}} \quad \text{– при ориентировке поля вдоль слоистости;}$$

$$\sigma/\sigma_1 = n + m(1-n) \quad \text{– при ориентировке поля поперек слоистости;}$$

где  $n$  – пористость горных пород;  $m = \sigma/\sigma_1$  – контрастность прочностных свойств слоев.

Графически зависимости прочностных свойств композитной среды показаны на рис. 3, а – при ориентировке поля вдоль слоистости и рис. 3, б – при ориентировке поля поперек слоистости.

В гидрогеологической модели между коэффициентом проницаемости композитной среды и пористостью наблюдается обратная зависимость по сравнению с геомеханическими и геоэлектрическими параметрами:

$$\frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{пр1}}} = \frac{1}{n + \frac{1-n}{m}} \quad \text{– при ориентировке гидрогеологического поля поперек слоистости;}$$

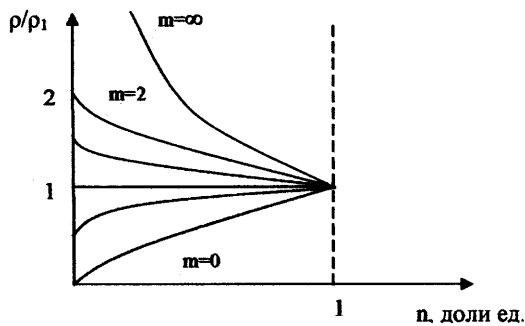


Рис. 1. График зависимости удельного электрического сопротивления анизотропной двухкомпонентной слоистой геологической среды при ориентировке электрического поля вдоль слоистости ( $n$  – пористость в долях единиц;  $m$  – контраст удельных сопротивлений компонентов композитной среды)

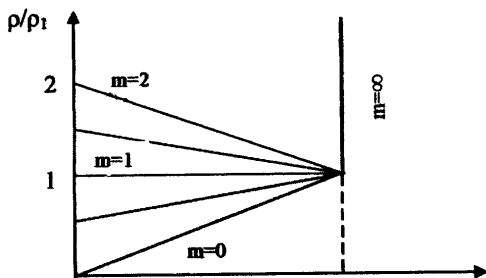


Рис. 2. График зависимости удельного электрического сопротивления анизотропной двухкомпонентной слоистой геологической среды при ориентировке электрического поля поперек слоистости ( $n$  – пористость в долях единиц;  $m$  – контраст удельных сопротивлений компонентов композитной среды)

$$K_{\text{пр}}/K_{\text{пр1}} = n + m(1 - n) \text{ — при ориентировке гидрогеологического поля вдоль слоистости,}$$

где  $n$  — пористость горных пород;  $m = K_{\text{пр}}/K_{\text{пр1}}$  — контраст прочностных свойств слоев.

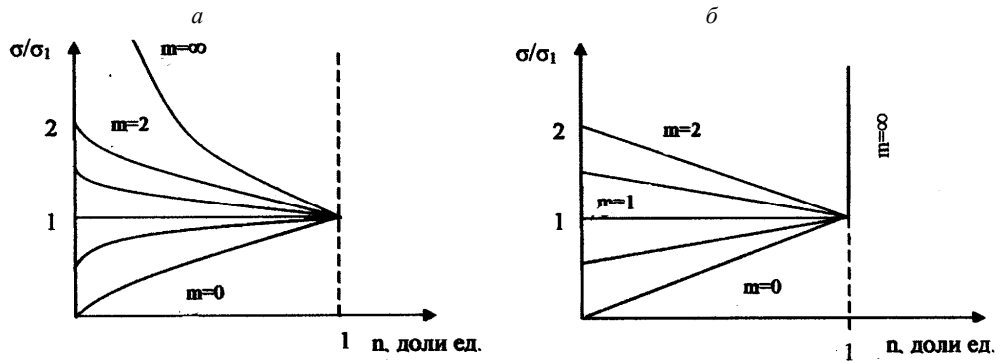


Рис. 3. График зависимости прочностных параметров анизотропной двухкомпонентной слоистой геологической среды при ориентировке электрического поля напряжений вдоль (а) и поперек (б) слоистости ( $m$  — контраст прочностных свойств слоев)

Графически зависимости проницаемости и проницаемости композитной среды показаны на рис. 4, а — при ориентировке поля вдоль слоистости и рис. 4, б — при ориентировке поля поперек слоистости.

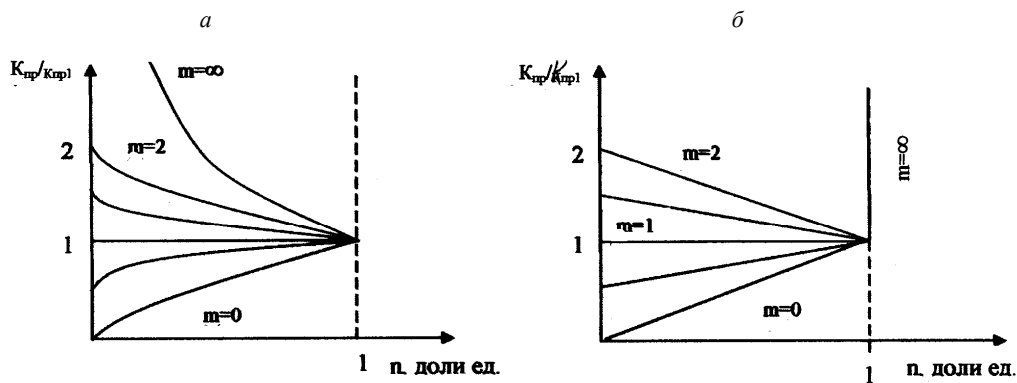


Рис. 4. График зависимости коэффициентов проницаемости композитной среды от пористости при ориентировке гидрогеологического поля вдоль (а) и поперек (б) слоистости

Примерами мы показали способ пересчета параметров однородных сред в совокупность геомеханических, гидрогеологических и геоэлектрических параметров композитных сред без применения коэффициента структурного ослабления (КСО) на основе строгих математических выражений и графических иллюстраций.

Способы пересчета всех типов параметров, различных по своей физической основе, практически одинаковы и определяются контрастностью компонентов композитных сред и ориентировкой поля относительно их основных структурных элементов.

## НАБРЫЗГИВАЕМЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ – ЕЩЕ ОДНО ДОСТИЖЕНИЕ В КРЕПЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

СОКОЛОВ В. А., науч. руководитель проф. СЛАВИКОВСКИЙ О. В.,  
Уральская государственная горно-геологическая академия

Тенденции развития Высокогорского ГОКа сводятся к отработке глубоких горизонтов шахты «Естюнинская». При отработке глубоких горизонтов этой шахты возникают осложнения, связанные с геодинамической обстановкой массива горных пород. Крепление выработок производится торкретбетоном. Из-за высокого горного давления происходит разрушение кровли и стенок выработок, нарушается их крепление. Крепление этих выработок приходится восстанавливать, что, в свою очередь, накладывает дополнительные затраты на содержание и эксплуатацию этих выработок. Для решения этого вопроса необходимы новые технологии крепления горных выработок.

После установления Общешахтных стандартов поддержания породного массива в 1999 году и внедрения новых материалов для крепления выработок в 2000 году в отделении «Манитоба» затраты на крепление сократились почти на 50 %. Кроме того, темпы проходки увеличились, так как во многих случаях удалось избежать чрезмерного крепления.

Однако без значительных изменений технологии нельзя ожидать дальнейших сокращений затрат. Мы ограничены существующей технологией продукции, прочностью анкеров и схемами поддержания кровли и стенок выработки.

Традиционные набрызгиваемые покрытия представляют собой цементные материалы, такие, как торкретбетон и армированный торкретбетон. Хотя данные материалы способны выдерживать значительную нагрузку на сжатие, они весьма не прочны с точки зрения растяжения, что делает их малопригодными для долгосрочного поддержания выработок в деформируемом горном массиве. Кроме того, они чрезвычайно дорогостоящие, медленно отверждаются, трудоёмки в применении и создают много трудностей при транспортировке и разгрузке.

Полимеры являются новейшей разработкой в набрызгиваемых покрытиях, предназначенных для применения в горной промышленности. Данные материалы имеют очень высокую прочность на растяжение и адгезионную прочность (прочность приминания), могут быстро наноситься на поверхность пород и не представляют трудности при транспортировке и разгрузке, так как являются жидкими материалами. Там, где торкретбетон подвержен растрескиванию и, в конечном итоге, ослабеванию при низкой степени деформации, полимеры остаются неповрежденными при гораздо большей деформации.

Существуют три типа набрызгиваемых полимерных покрытий, разработанных для применения в горной промышленности:

- мономерные полимеры, обычно называемые полиуретановыми покрытиями;
- полимеры на основе синтетического латекса;
- модифицированные цементационные полимеры на основе синтетического латекса.

Первые два типа являются химическими материалами, действие которых основано на химической реакции отверждения. Третий вид – это растворимый в воде полимер, не вызывающий образования химических побочных продуктов или реакций.

### Латексные покрытия

В процессе отверждения латексные полимерные покрытия не выделяют вредных химических веществ и, следовательно, не представляют потенциальной угрозы безопасности и здоровью, какую могут представлять полиуретановые покрытия. Однако у многих латексных полимеров время отверждения зависит от интенсивных химических реакций, которые влияют на прочность на растяжение и на адгезионную прочность материала.

*Тефлекс* представляет собой пример синтетического латексного модифицированного покрытия. 50 л жидкости и 70 кг сухой смеси смешиваются в течение трех минут. Жизнеспособность массива – 45 минут. При испытаниях одним замесом покрывался комплект шпуров на площади 4,3 x 3,7 м. Предварительно заанкерированный комплект шпуров был полностью покрыт менее чем за 15 минут. Полное отверждение материала произошло через 8 часов. Для достижения требуемой толщины слоя 4 мм было выполнено 2 слоя. В отличие от торкретбетона материал хорошо наносится на породу за металлической сеткой. На сетке оседает минимальное количество материала. Очевидное преимущество имеется для ремонта и восстановления старых участков, благодаря не только скорости нанесения, но и увеличенной прочности покрытия.

Испытания покрытия *тефлекс* проводились на руднике «Берчтри», на руднике «Фрейзер» компанией «Фалконбридж». Темпы проходки возросли с 28 до 35 %, уменьшилось количество несчастных случаев от падения кусков породы при разрушении кровли и стенок выработок.

Также испытания проводились на руднике «Траут Лэйк» компанией HBM & S, где были получены положительные результаты.

Для горно-геологических условий рудников ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель» была рекомендована технология крепления горных выработок с использованием металлической анкерной крепи с химическим закреплением анкеров в шпурах при помощи ампул с полиэфирной смолой в сочетании с покрытием кровли и боков выработки изолирующее удерживающим слоем материала *тефлекс*.

#### Технические данные полимерного материала тефлекс

Время отверждения полимерного покрытия, мин.	40
Относительное удлинение, %	33,6
Предел прочности на растяжение, МПа	4,5
Конечное состояние,	твердое, эластичное
Расход на образование 1 м <sup>2</sup> покрытия толщиной 1 мм, кг	1,2
Толщина изолирующего покрытия, мм	2 - 3
Толщина удерживающего покрытия, мм	4 - 5

В отличие от металлической сетки и торкретбетона, которые либо поддерживают, либо удерживают, полимерные покрытия предназначены для действия в гораздо большем диапазоне сдвигов, обеспечивая как поддерживающие, так и удерживающие усилия.

#### Сравнительный анализ способов крепления

	Торкретбетон	Тефлекс	Металлическая сетка
Тип материала	Сухая смесь	Жидкость – сухая смесь	Сварной металл
Адгезивная прочность, МПа	0,7	0,16-0,65	
Ширина связи, мм	3,0	5,0	
Адгезивная способность, кН/м <sup>3</sup>	2,1	3,25	0,32
Несущая способность			
длина, м	0,87	1,07	0,31
вес, т	30,6	57,16	1,36
Удлинение, %	0	12-30	20-35
Время охватывания	24 часа	15 мин.	–
Время достижения 90 % отверждения	28 дней	4 часа	–

#### Выводы

1. Проведенные испытания показывают, что набрызгиваемые покрытия обеспечивают более прочное крепление участка в гораздо большем диапазоне породных сдвигов, чем такие материалы, как торкретбетон и металлическая сетка.

2. Обеспечивают поддерживающие и удерживающие усилия. Оба этих усилия необходимы для обеспечения устойчивости выработки на деформируемом участке.

3. По сравнению с полиуретановыми покрытиями синтетические латексные набрызгиваемые полимеры не представляют опасности для жизни и здоровья человека.

4. Применение покрытий является экономически эффективным благодаря увеличению темпов проходки, из-за сокращения времени на установку крепления и изменения в порядке крепления

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ

ГУЗЕЕВ С. А.,  
ООО «Геофизсервис», г. Урай

Рассмотрим некоторые возможности привлечения лабораторных измерений ПС к процедуре определения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) по результатам каротажа ПС.

На рис. 1 выполнено прямое сопоставление пористости и проницаемости керна со значениями ПС в точках отбора образцов для лабораторных определений. Для коэффициента пористости использована пропорциональная шкала, для коэффициента проницаемости в единицах  $10^{-15} \text{ м}^2$ , как обычно принято, логарифмическая. Тренд сопровождается значительным разбросом величин, как для пористости, так и для проницаемости. Такая картина является, в известной мере, типической.

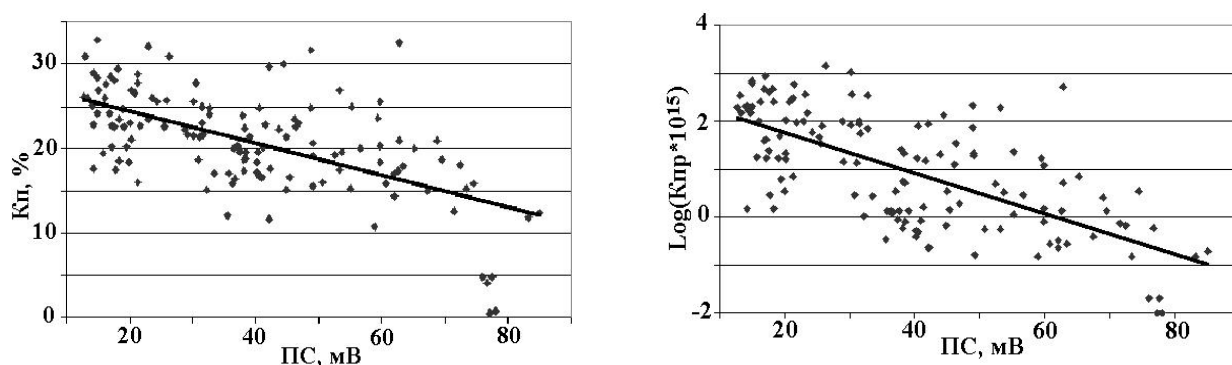


Рис. 1. Результаты сопоставления амплитуды аномалии ПС («прямое» ПС) с коэффициентом пористости и логарифмом коэффициента проницаемости в интервале продуктивных отложений тюменской свиты для скважины 10320 Тальникового месторождения ШНГР (Шаимского нефтегазового района)

В доюрском комплексе ШНГР зависимость коэффициента пористости от значений ПС изучена в работе [3].

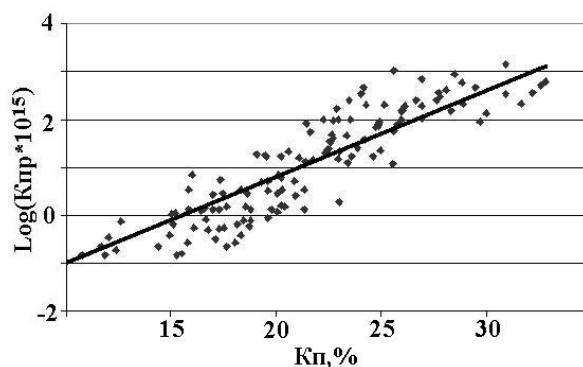


Рис. 2. Связь между коэффициентами пористости и проницаемости для продуктивных отложений скважины «Тальниковая 10320»

Однако зависимость между коэффициентами пористости и проницаемости более тесная и существенно ближе к функциональной (рис. 2). Естественно предположить, что дополнительный разброс значений на рис. 1 вызван погрешностями в определении адсорбционного потенциала по каротажной кривой.

Из анализа рис. 3 следует, что нарушение корреляционных связей между ПС и ФЕС происходит во многом из-за привлечения данных в интервалах низких значений ФЕС. Вероятно, для количественных определений ФЕС следует использовать корреляционные зависимости, построенные преимущественно или исключительно с привлечением сведений из аномальных интервалов каротажных диаграмм ПС. После ин-

версии минимумов ПС в значения параметра  $\alpha_{\text{ПС}}$  весь продуктивный интервал на рис. 3 будет охарактеризован одним числом. При этом разброс значений коэффициента пористости в тонкослоистом коллекторе составляет  $\pm 2,5\%$ , а разброс значений коэффициента проницаемости – один порядок. Согласно [5], в Шамимском районе корреляционные связи между  $\alpha_{\text{ПС}}$  и коэффициентами ФЕС в интервале пластов-коллекторов позволяют определять  $K_{\text{п}}$  с погрешностью  $2,0 \div 2,5$  абс. %, а  $K_{\text{пр}}$  – по порядку величины. Оценки, как видим, совпадают. Причина погрешности кроется в специфическом строении тонкослоистых коллекторов, характерных для ШИГР. В доказательство этого приведем данные лабораторных определений  $\alpha_{\text{ПС}}$  и  $K_{\text{п}}$  на одних и тех же образцах ядра в виде стандартных цилиндриков.

В каждом измерении ПС участвовала пара образцов, насыщенных аналогом пластового флюида и контактирующих с фильтратом промывочной жидкости. Один образец был постоянно представлен аргиллитом из пропластка в тюменской свите и имитировал «линию глин», второй образец – песчаник из пластов коллекторов. Отсюда можно непосредственно перейти от разности адсорбционных потенциалов к параметру  $\alpha_{\text{ПС}}$ , который не содержит погрешностей, связанных с зоной проникновения и распределением электропроводности в окрестности скважины (рис. 4).

Методики вычисления параметра  $\alpha_{\text{ПС}}$  при лабораторных измерениях и каротаже ПС аналогичны. Параметр «альфа ПС» вычисляют по формуле

$$\alpha_{\text{ПС}} = 0,05 + 0,95 \frac{DU_{\text{ПС}} - DU_{\text{ПС1}}}{DU_{\text{ПС2}} - DU_{\text{ПС1}}},$$

где  $DU_{\text{ПС2}}, DU_{\text{ПС1}}$  – максимальное и минимальное значения ПС для выборки образцов, включающей аргиллиты покрывки, алевролиты и песчаники продуктивного горизонта; 0,05 – значение «альфа ПС», обычно принимаемое для образца с минимальной пористостью, взятого из какого-либо пропластка плотных алевролитов продуктивного горизонта. Подготовленные таким образом корреляционные зависимости между  $\alpha_{\text{ПС}}$ , пористостью и проницаемостью следует использовать для интерпретации каротажных диаграмм по стандартной методике. Однако для проницаемости корреляционная связь при измерении  $\alpha_{\text{ПС}}$  на образцах все-таки остается ослабленной. Принципиальная причина состоит в том, что объем и минеральный состав глинистой фракции по-разному влияют на проницаемость и адсорбционный потенциал.

Согласно существующим представлениям [1, 2], минеральный состав и связанная с ним степень дисперсности компонентов, слагающих глинистую фракцию, оказывают решающее влияние на величину ПС. Экспериментальные факты свидетельствуют о том же. В работе [4] предложена эмпирическая зависимость для определения общей глинистости по относительной амплитуде ПС  $\alpha_{\text{ПС}}$ :

$$K_{\text{ГЛ}} = 0,67 - 1,12\alpha_{\text{ПС}} + (1,12 - 0,067 + 0,05)(\alpha_{\text{ПС}})^2,$$

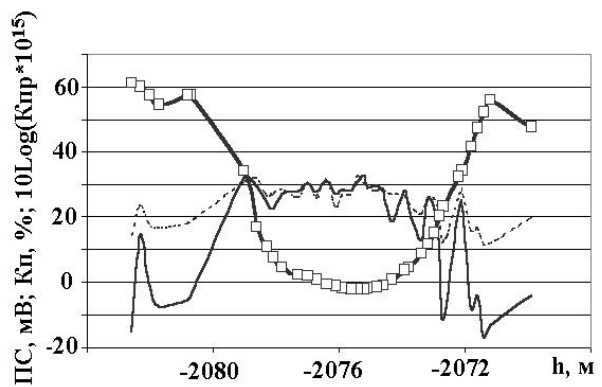


Рис. 3. Сопоставление диаграмм ПС с результатами исследования ядра скважины 10629 на Сыморьяхском месторождении. С маркерами – ПС, пунктир –  $K_{\text{п}}$ , сплошная линия без маркеров –  $K_{\text{пр}}$

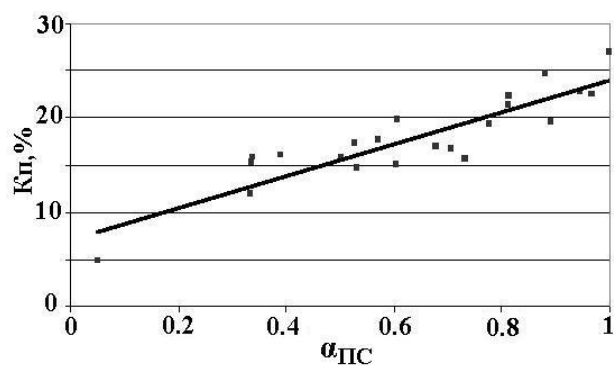


Рис. 4. Корреляционные зависимости между коэффициентом пористости и параметром  $\alpha_{\text{ПС}}$  (Тальниковое месторождение, скважина 10320)

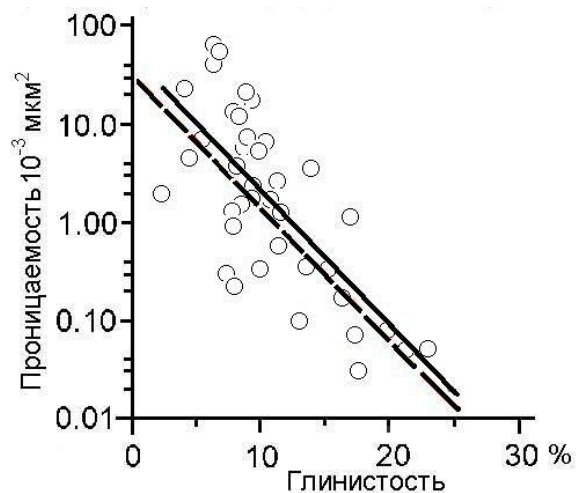


Рис. 5. Зависимость коэффициента проницаемости от содержания глинистой фракции в песчанике [6]. Пунктир – теоретический расчет



где 0,67 и 0,05 – соответственно максимальное и минимальное значения глинистости, принятые при нормировании  $\alpha_{пс}$ . Зависимость нормирована таким образом, что значению  $\alpha_{пс} = 1$  соответствует глинистость 0,05. Поэтому в зависимость не попадают наиболее проницаемые, почти не сцементированные коллекторы. Воспользуемся эмпирической зависимостью между проницаемостью и глинистостью, представленной на рис. 5:

$$K_{гд} = 0,0714(1,78 - \log K_{пр}).$$

Подставим это выражение в предыдущее и получим:

$$\log K_{пр} = -7,6 + \alpha_{пс} - 7,0(\alpha_{пс})^2.$$

В графическом виде эта зависимость показана на рис. 6 внизу. Такой опосредованный способ получения связи между проницаемостью и параметром ПС представляется нам более корректным по сравнению с прямым сопоставлением проницаемости и  $\alpha_{пс}$ , поскольку в этом способе используются физически тесные корреляционные связи между глинистостью и ПС, между проницаемостью и глинистостью.

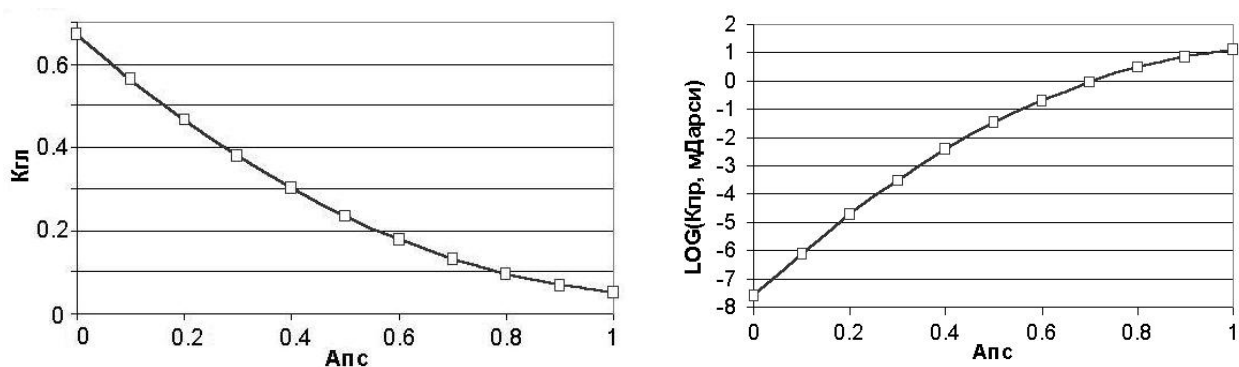


Рис. 6. Эмпирические зависимости коэффициента общей глинистости [4] и коэффициента проницаемости от параметра  $\alpha_{пс}$

Зависимости, представленные на рис. 6, имеют объективный и полезный характер, несмотря на то, что в каждой отдельной скважине могут наблюдаться отклонения от них по данным измерения керна.

По поводу рис. 5 заметим также, что теоретические значения проницаемости подсчитаны по формуле, подобной формуле для расчета проводимости параллельных проводников. При расчете предполагалось, что более мелкая фракция частично или полностью заполняет поровое пространство более крупной фракции.

Картаж ПС дает интегральные характеристики диффузионно-адсорбционных свойств пластов. Влияние пропластков, мощность соизмерима с диаметром скважины, нивелируется в процессе измерения кривой ПС. В то же время точечные измерения коэффициентов пористости и проницаемости характеризуются большой локальной изменчивостью. Можно высказать предположение, что корреляционные зависимости между интегральной гидропроводностью проницаемого интервала и амплитудой ПС могут оказаться более тесными, представительными и значимыми для промышленного использования, чем корреляционные зависимости между ПС и логарифмом проницаемости при точечном опробовании. Однако этот тезис следует доказывать в дальнейшем, используя весь объем данных по испытаниям пластов.

В **заключение** отметим, что роль лабораторных измерений ПС в свете сказанного не выглядит подчиненной. Эти измерения возможно использовать напрямую для улучшения корреляции между параметрами ПС, пористостью и проницаемостью. Их роль первостепенна также в формировании представлений о том, какие факторы влияют на характер этой корреляции.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузев С. А., Кормильцев В. В. Связь адсорбционного потенциала с параметрами двойного слоя // Нефть и газ Западной Сибири: Труды конф. в ТГНГУ. Том 2. Тюмень, 2003. С.1 0-11.
2. Гузев С. А., Кормильцев В. В. Определение адсорбционного потенциала через характеристики двойного слоя // Уральский геофизический вестник № 6. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. (В печати).
3. Зубков М. Ю., Печеркин М. Ф. Литолого-петрофизическая база для создания методики определения подсчетных параметров пород-коллекторов доюрского комплекса Шаимского района по данным ГИС (Западная Сибирь) // Особенности геологического строения и разработки месторождений Шаимского нефтегазоносного района. Урай-Тюмень: ТПП «Урайнефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», 2002. С. 107-132.
4. Кузьмин Ю. А., Калашиников О. В., Анпенов С. В. Структурно-компонентная модель юрских микрослоистых коллекторов и оценка пористости методами промышленной геофизики // Особенности геологического строения и разра-

ботки месторождений Шаимского нефтегазоносного района. Урай-Тюмень: ТПП «Урайнефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», 2002. С. 133-149.

5. Мальшаков А. В., Ефимов В. А., Кузьмин Ю. А., Качкин, А. А. Повышение достоверности определения фильтрационно-емкостных свойств микрослоистых коллекторов Шаимского района по данным геофизических исследований скважин // Особенности геологического строения и разработки месторождений Шаимского нефтегазоносного района. Урай-Тюмень: ТПП «Урайнефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», 2002. С. 161-168.

6. Харченко С. И., Каримова Э. А. Зависимости фильтрационно-емкостных свойств от структурно-вещественных параметров пород пласта Ю1 Восточно-Придорожного месторождения // Проблемы нефтегазового комплекса Западной Сибири и пути повышения его эффективности: Мат-лы первой науч.-практ. конф., г. Когалым, 17-18 декабря 2001 г., кн.1. Когалым, 2001. С. 32-28.

## СЕЛЕКТИВНАЯ ДОБЫЧА И ПОСАМОСВАЛЬНАЯ СОРТИРОВКА ФОСФОРИТОВ

ФЕДЯНИН С. Н.,  
Навоийский ГМК

Начиная с 1997 года Навоийский горно-металлургический комбинат разрабатывает Джерой-Сардаринское месторождение фосфоритов, которое характеризуется невысоким содержанием фосфорного ангидрида (14-24 %  $P_2O_5$ ) при малой мощности продуктивных пластов (два пласта по  $0,65 \pm 0,15$  м). Отработка фосфопластов стала возможной с появлением новых технологий добычи, рудоподготовки и обогащения. При этом стала актуальной задача разделения фосфоритов на узкие классы содержания полезного компонента в процессе добычи, которая обусловлена тем, что разные по литологическому составу фосфориты отличаются по содержанию  $P_2O_5$  и вредных примесей. Для их обогащения необходимо применять принципиально различные технологические схемы.

В фосфоритах основной рудный минерал (франколит) представлен главным образом фракцией класса крупности  $-2,00+0,05$  мм, вследствие чего рыхлые (зернистые) фосфориты, которые приурочены к средней части пласта, имеют содержание  $P_2O_5$  более 20 %. Они эффективно обогащаются по «сухой» технологической схеме (грохочение – избирательная дезинтеграция – обеспыливание – обжиг) до концентрата с содержанием фосфорного ангидрида 26-28 %.

Плотные (мергелистые) фосфориты и крепкие (карбонат-кремнистые) разности для такой схемы обогащения не технологичны. Первые, мощностью до 0,15 м при содержании  $P_2O_5$ , равном  $15,3 \pm 3,2$  %, залегают в кровельной части пласта и в виде маломощных прослоев (до 0,10 м) прослеживаются в его средней части. Они сложены тонко-мелкозернистыми, в основном глинистыми минералами и могут быть обогащены по весьма энергоемкой и затратной, в условиях безводных Центральных Кызылкумов, традиционной «мокрой» схеме дешламации. Крепкие фосфориты, мощностью до 0,20 м при содержании  $P_2O_5$ , равном  $15,6 \pm 3,5$  %, слагают подошвенную часть продуктивного пласта. В них франколит образует тесные сростки (стяжения) с кальцитом, гипсом и кремнистыми минералами. Оптимальная технологическая схема их обогащения предусматривает глубокое измельчение с последующей флотацией и химическим разложением.

Поскольку продуктивные пласты имеют слоистое строение и слагающие их прослои литологических разностей различаются по содержанию фосфорного ангидрида и естественной радиоактивности, то они могут быть разделены радиометрическим способом. При этом с увеличением  $P_2O_5$  не только закономерно увеличивается радиоактивность (коэффициент корреляции 0,97), но также закономерно уменьшается карбонатность фосфоритов (коэффициент корреляции 0,67).

При валовой отработке (экскавацией на всю мощность продуктивного пласта) резко сокращается выход (не более 10 %) фосфоритов с  $P_2O_5$  более 20 %, пригодных для обогащения по «сухой» схеме. При тонкослойной зачистке (по  $0,15 \pm 0,05$  м) этот показатель существенно выше, на уровне 35 %.

Эти особенности фосфоритов (тонкослойное строение и зависимость качества продукта добычи от радиоактивности) предопределили использование радиометрии для автоматического управления глубиной послышной отработки пластов, для экспресс-определения качества фосфоритов в обрабатываемом слое, а также для крупнопорционной (посамосвальной) сортировки фосфоритов на технологические типы и классы содержания фосфорного ангидрида.

На карьере «Фосфориты» разработана и используется система управления качеством рудопотока. Для селективной добычи в очистном забое применяются фрезерные комбайны «Wirtgen-2100», рабочая ширина полосы резания которых равна 2,0 м, а глубина резания управляемая и может задаваться от 0 до 0,20 м с точностью до 0,01 м. Для отгрузки руды из очистного забоя применяются автосамосвалы серии БелАЗ грузоподъемностью 25 и 40 тонн.

Проходит технологические испытания комбайн MTS-250 компании «MAN TAKRAF», у которого длина фрезы примерно вдвое больше, чем у комбайнов «Wirtgen-2100». Это позволило соответственно увеличить объем элементарной порции выемки, т. е. использовать транспортные емкости большего объема без ухудшения качества селективной добычи фосфоритов. Кроме того, этот комбайн оснащен компьютеризированной системой управления и радиометрическими устройствами контроля, предназначенными для автоматического управления глубиной резания и экспрессного определения качества фосфоритов в обрабатываемом слое и в порции, загружаемой в автосамосвал.

Вместе с тем основным методом контроля качества руд является посамосвальная радиометрическая сортировка на рудоконтрольной станции (РКС). С ее помощью осуществляется адресная отгрузка фосфоритов на склады по классам сортности и учет объемов добычи за контрольный период времени (смена, сутки, декада и т. д.) и с накоплением, всего и по сортам.

## СЕЛЕКТИВНАЯ ДОБЫЧА ФОСФОРИТОВ КОМБАЙНОМ MTS-250

*МАЛЬГИН О. Н., ИНОЗЕМЦЕВ С. Б., КОХ Р.,*  
Навоийский НГМК (Узбекистан), MAN TAKRAF (Германия)

В соответствии с правительственной Программой поэтапного промышленного освоения Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов предусмотрено значительное увеличение мощности действующего горнодобывающего комплекса с доведением в 2007 году производительности по добыче фосфоритовой руды до 3,6 млн т (1,8 млн м<sup>3</sup>). Обеспечение добычи такого объема возможно только с использованием высокопроизводительного горного оборудования, а при транспортировке отбитой рудной массы из забоя – большегрузных автосамосвалов.

В результате геологических исследований пластов фосфоритов на месторождении «Джерой-Сардара» установлено, что в средних слоях фосфопластов концентрируются в основном рыхлые фосфориты с высоким содержанием Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> и соответственно более низким загрязнением вредными компонентами. Поэтому добытая руда средней части пластов отличается значительно более высоким качеством. В верхней и особенно нижней частях фосфопластов сосредоточены более бедные фосфориты на глинисто-кальцитовом цементе. При отработке этих слоев руда разубоживается вмещающими фосфатизированными мергелями и глиной, и ее качество становится еще более низким. В добытой руде верхней и нижней частей фосфопластов повышено содержание вредных примесей. Эти руды нуждаются в предварительном обогащении по трудоемким технологиям.

Поэтому главной задачей горного производства на Джерой-Сардаринском месторождении фосфоритов является обеспечение раздельной (селективной) добычи руд из верхней, средней и нижней частей фосфопластов с минимальным их смешением в процессе выемки, но при этом не в ущерб запланированной производительности.

Важной особенностью фосфоритов является то, что они обладают повышенной, относительно вмещающих пород, радиоактивностью, по которой их можно разбраковать в процессе добычи. Более того, естественная радиоактивность фосфоритов возрастает пропорционально содержанию в них фосфорного ангидрида.

На карьере «Фосфориты» освоена технология селективной добычи фосфоритов, контроля и управления качеством руд в потоке добычи с помощью комбайна MTS-250, изготовленного компанией «MAN TAKRAF Fordertechnik GmbH» (Германия) специально для добычи фосфоритов на месторождении «Джерой-Сардара». Комбайн в настоящее время введен в эксплуатацию. Он оснащен бортовым компьютером и устройствами, позволяющими управлять глубиной резания в автоматическом режиме, непосредственно в процессе слоевой выемки фосфопласта.

Таким образом, благодаря творческому сотрудничеству специалистов НГМК и компании «MAN TAKRAF» создан фрезерный горный комбайн MTS-250, с использованием которого обеспечена высокоэффективная селективная добыча фосфоритов.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НАВОЙСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

КУСТОВ А. М., ИНОЗЕМЦЕВ С. Б.,  
Навоийский ГМК

В структуру золотодобычи Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) входят: Зарафшанский золотоизвлекательный комплекс (карьер «Мурунтау» и гидрометаллургический завод № 2); Учкудукский золотоизвлекательный комплекс (карьеры на месторождениях «Кокпатас» и «Даугызтау», гидрометаллургический завод № 3); гидрометаллургический завод № 1 в г. Навои; Зармитанский, Марджанбулакский и Каракутанский золотодобывающие рудники, Марджанбулакская золотоизвлекательная фабрика.

Сырьевой базой крупнейшего *Зарафшанского золотоизвлекательного комплекса (ЗЗК)* является месторождение «Мурунтау», разрабатываемое с 1967 г., а также ряд перспективных средних и мелких месторождений, находящихся в его обрамлении («Мютенбай», «Бессопантау», «Триада», «Балпантау» и др.). Все они относятся к золотокварцевому геолого-промышленному типу и характеризуются высоким извлечением золота при переработке руды по гравитационно-сорбционной схеме.

Запасы, утвержденные для месторождения «Мурунтау» по состоянию на 01.04.1969 г., послужили основой для проектирования строительства 1-й и 2-й очередей карьера «Мурунтау». Одновременно с развитием 1-й очереди карьера интенсивно велась разведка флангов и глубоких горизонтов месторождения, и в 1985 г. был выполнен подсчет запасов, в результате которого сырьевая база месторождения была определена в 400,5 млн т.

Следующим этапом развития методов оценки сырьевой базы ЗЗК явилось использование компьютерных технологий обработки геологической информации. Эти работы выполнялись совместно специалистами компании «INTEGRA GROUP» (США) и Навоийского горно-металлургического комбината и были завершены в 1998 г. построением блочной математической модели месторождения «Мурунтау» и подсчетом его запасов, которые были использованы для проектирования 4-й очереди карьера «Мурунтау».

Разработанные совместно специалистами компании «INTEGRA GROUP» и НГМК компьютерные технологии построения на базе математической модели месторождения оптимальной по критерию прибыли финальной формы карьера и календарного графика развития горных работ на основе новых методов управления сложными динамическими процессами позволили снизить более чем на 40 % объем оптимальной финальной формы карьера 4-й очереди. При этом кондиционные запасы металла уменьшились всего на 9 %. Расчеты показали, что в результате компьютерных технологий из контуров карьера удалось исключить те запасы, которые нерентабельны ввиду большой стоимости вскрышных работ, необходимых для вовлечения их в добычу.

График-календарь развития карьера 3-й и 4-й очередей, построенный с использованием компьютерных технологий, позволил распределить объемы работ по извлечению горной массы таким образом, что производительность карьера по горной массе снизилась в первые годы строительства 4-й очереди с 45-48 млн м<sup>3</sup> (ТЭО-92) до 35-37 млн м<sup>3</sup>. Благодаря этому значительно повысилась эффективность работ по созданию 4-й очереди карьера. Более того, существенно повысилась полнота использования запасов, и, как следствие этого, увеличилась сырьевая база месторождения, увеличился выход товарных руд без снижения их качества, повысилась селективность выемки.

Вовлечение в переработку забалансовой руды является еще одним из значительных этапов эволюции сырьевой базы предприятия. Для этого уже в первые годы в карьере «Мурунтау» велась раздельная добыча и складирование товарной и забалансовой руды и вскрышных пород.

Переработка забалансовой руды началось с 1989 г. (2 млн т), когда в результате реконструкции ГМЗ-2 его производительность достигла 18,4 млн т/год. В 2003 г. производительность завода по переработке достигла 27,5 млн т и в переработку помимо балансовых руд с содержанием более 2,0 г/т было вовлечено 17 млн т забалансовой руды (1,5-2,0 г/т) и 1,2 млн т минерализованной массы (1,0-1,5 г/т).

Наличие разведанных запасов и ресурсов золота за контурами карьера 4-й очереди, наметившаяся тенденция снижения кондиций подсчета запасов (за счет использования при разработке ТЭО их обоснования более высокой цены на золото), появление передовых технологий добычи, переработки и предварительного обогащения руд методами порционной и покусковой сортировки указывают на возможность отработки дополнительных запасов руды за счет увеличения глубины открытых горных работ, применения комбинированного (открыто-подземного) способа добычи в приобортовой зоне (за контурами карьера) и в удалении на 1-2 км от борта, а также подземного способа добычи (ниже дна карьера).

Пересчет запасов по новым кондициям позволяет рассчитывать на перевод в категорию активных запасов как минимум 250-300 млн т руды с повышенным содержанием золота. При этом отработка месторождения «Мурунтау» открытым способом ориентировочно будет вестись еще 25-30 лет. Начало работ открыто-

подземным способом возможно после постановки бортов карьера в предельное положение, т. е. не ранее, чем через 7-8 лет. С этой целью из выработанного пространства карьера будут проведены вскрывающие выработки (наклонные стволы, съезды и т. п.). Таким комбинированным способом возможна отработка обособленных частей месторождения до глубины 800-1200 м. Затем может быть осуществлен переход на подземный способ разработки.

Обеспечение поставки на переработку руды с повышенным содержанием золота планируется за счет промышленного внедрения технологии предварительного обогащения пород внутренней вскрыши с содержанием золота от 0,5 до 1,0 г/т (в среднем 0,69 г/т), не вошедших в сырьевую базу ЗЗК из-за низкого содержания в них золота.

Для этого совместно с компанией «INTERGA GROUP» реализуется программа промышленного внедрения посамосвальная сортировки руд в забое с использованием систем глобального спутникового позиционирования – GPS, фотометрического опробования на основе лазерного сканирования горной массы в кузове самосвала и комплексов покусковой фотометрической сепарации. С внедрением этих технологий в сырьевую базу Зарафшанского золотоизвлекательного комплекса войдут запасы внутренней вскрыши с бортовым содержанием золота 0,5 г/т.

Посамосвальная сортировка руд внедрена в производство на месторождениях «Кокпатас» и «Даугызтау». Создание рудоконтрольной автомобильной станции на руднике «Мурунтау», работающей на основе фотометрических методов распознавания объектов, планируется в течение 1,5-2 лет. К строительству на руднике «Мурунтау» первой очереди комплекса покусковой фотометрической сепарации, производительностью 4 млн т в год по исходной горной массе, планируется приступить в 2004 г. с вводом ее в эксплуатацию в 2005 г.

Ожидается, что за счет внедрения этих технологий обеспеченность ГМЗ-2 обогащенной в результате сортировки пород внутренней вскрыши рудой, содержащей 1,5-2,0 г/т золота, увеличится примерно на 100 млн т.

**Учкудукский золотоизвлекательный комплекс (УЗК)** базируется на запасах месторождения «Кокпатас», разведка которого началась в 1963 г. и «Даугызтау» (1970 г.).

Уже первые результаты исследований показали принципиальное сходство вещественного состава руд обоих месторождений и поведения их в технологическом переделе. Это дало основание отнести руды месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» к единому золотосульфидному геолого-промышленному типу, что предопределяет возможность переработки их по единой технологической схеме и позволяет рассматривать эти месторождения как единую сырьевую базу.

На сырьевой базе окисленных руд этих месторождений построена и в 1995 г. введена в эксплуатацию первая очередь ГМЗ-3.

Запасы окисленных руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау», пригодных для переработки по схеме сорбционного цианирования, к настоящему времени практически отработаны и на ГМЗ-3 уже сейчас направляются смешанные руды с пониженным извлечением из них золота.

В связи с этим специалистами НГМК и компании «INTEGRA GROUP» разработана оригинальная технология сортировки смешанных руд. Эта технология реализована на введенном в эксплуатацию в 2002 г. опытно-промышленном рудосепарационном комплексе (ОПРСК) производительностью 1,2 млн т руды в год и в течение 2003-2005 гг. на нем будет получено порядка 1,5-2,0 млн т окисленного продукта с приемлемым извлечением золота сорбционным цианированием.

В 2006 г. ГМЗ-3 должен перейти на переработку упорных золотосульфидных руд, запасы которых составляют более 80 % от общих запасов по этим месторождениям.

Следует отметить, что использование традиционных технологий переработки упорных золотосульфидных руд приводило к нерентабельности производства, из-за низкого содержания в них золота. В связи с этим совместно специалистами комбината и компании «INTEGRA GROUP» была разработана концепция освоения золотосульфидных руд, согласно которой предусматривается объединение золотосульфидных месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» в единый горно-металлургический комплекс, в пределах которого добыча руд и первичное обогащение будут осуществляться на каждом месторождении, а их переработка – на ГМЗ-3 (г. Учкудук).

В основе данной концепции лежит использование технологии предварительного механического обогащения руд. Данная технология, разработанная специалистами НГМК и компании «INTEGRA GROUP», прошла полный цикл полупромышленных испытаний на ОПРСК. Полученные результаты сортировки подтверждают проектные технологические параметры и свидетельствуют о том, что руды, добываемые из карьеров «Кокпатас» и «Даугызтау», могут быть обогащены на ранней стадии переработки практически в 2 раза. При этом их дальнейшая переработка становится рентабельной, так как из транспортировки, дробления, измельчения и прочих процессов исключается около 60 % исходной массы.

Переработку сульфидных руд проектируется вести с помощью прогрессивной технологии бактериального окисления сульфидов флотоконцентрата (BIOX<sup>®</sup>), разработанной компанией «GOLD FIELDS» (ЮАР).

Использование технологии предварительного механического обогащения руд увеличило сырьевую базу золота месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» за счет вовлечения в рентабельную переработку низкосортных руд, считавшихся забалансовыми, и минерализованной массы. Благодаря этому, по сравнению с ранее выполненными проектами (ВНИПИПромтехнологии, «Лонро»), извлекаемые запасы золота увеличились примерно на 50 тонн.

По состоянию на 01.01.2003 г. минерально-сырьевая база золотодобычи Учкудукского горно-металлургического комплекса составляет 162 млн т руды с бортовым содержанием 1 г/т, что обеспечит загрузку второй очереди ГМЗ-3 на полное развитие на 14 лет, при годовой производительности по добыче – 12 млн т и переработке 5 млн т обогащенной в результате сортировки руды. Однако сырьевая база ГМЗ-3 на этом далеко не исчерпана.

К потенциальной сырьевой базе золотодобычи Учкудукского горно-металлургического комплекса следует отнести, в первую очередь, ресурсы в разобщенных рудных зонах Кокпатаасского рудного поля (66 млн т), а также разведываемые Госкомгеологией средние и небольшие месторождения «Турбай», «Аджибугут», «Северный Окжетпес», «Булуткан», «Алтынтау», «Колчиктау», «Западно-Учтепинскую площадь», суммарные запасы и ресурсы по которым составляют порядка 120 млн т.

Товарные руды этих месторождений могут перерабатываться на ГМЗ-3. Бедные и забалансовые руды, переработка которых на базовом заводе экономически нецелесообразна, планируется обогащать на месте добычи с использованием дешевых методов предварительного механического обогащения, с последующей переработкой полученных концентратов обогащения на ГМЗ-3.

Таким образом, освоение потенциальной сырьевой базы Учкудукского горно-металлургического комплекса с использованием прогрессивной технологии предварительного механического обогащения руд позволит существенно увеличить срок его деятельности и получить дополнительное количество золота при улучшении технико-экономических показателей производства.

В 1993 году на *Гидрометаллургическом заводе № 1* в городе Навои на освобожденных мощностях по производству урана создана технологическая линия по переработке золотосодержащих забалансовых руд (1,5 г/т) месторождения «Мурунтау» производительностью 620 тыс. т в год.

Начиная с мая месяца 2002 года на ГМЗ-1 для переработки стали поступать золотосодержащие руды месторождения «Чармитан» и золоторудных месторождений Зиаэтдинского рудного поля. Всего ежегодно планируется переработка 600 тыс. т забалансовой руды из складов карьера «Мурунтау», 100 тыс. т руды подземной добычи месторождения «Чармитан» и 40 тыс. т руды подземной добычи золоторудных месторождений Зиаэтдинского рудного поля.

Анализ ситуации показывает, что запасы забалансовой руды на складах карьера «Мурунтау» ограничены и покрывают потребность ГМЗ-2 в течение двух лет. Поэтому начиная с 2005 года ГМЗ-1 будет вынужден перерабатывать минерализованную массу из складов карьера «Мурунтау» с более низким содержанием золота (~1,0 г/т).

Таким образом, для поддержания выпуска золота на достигнутом уровне становится актуальным обеспечение ГМЗ-1 рудой с требуемым содержанием золота. Решение этой задачи планируется за счет золоторудных объектов Зиаэтдинского рудного поля, освоение которых в основном зависит от темпов прироста по ним запасов промышленных категорий.

С целью создания долгосрочной сырьевой базы ГМЗ-1 для наращивания запасов промышленных категорий по золоторудным объектам Зиаэтдинского рудного поля совместно с Госкомгеологией разработана и реализуется Программа интенсивных геологоразведочных работ. В соответствии с Программой в 2003-2005 гг. прирост запасов промышленных категорий прогнозируется в количестве 1,5-2,0 млн т руды. В 2006-2010 гг. ожидаемый прирост запасов промышленных категорий 4,5-5 млн т руды. Расчеты показывают, что при таких темпах прироста запасов уровень добычи по этим объектам можно довести до 300-400 тыс. т руды в год.

Таким образом, через несколько лет ГМЗ-1 будет в основном обеспечен собственной золоторудной базой. В результате снизятся объемы поставок для переработки на этом заводе низкосортных руд месторождения «Мурунтау» и существенно увеличится выпуск золота.

*Зармитанским золотодобывающим рудником* разрабатывается крупное золоторудное месторождение «Чармитан». Это месторождение с 1978 года отрабатывается открытым способом, подземная добыча начата в 1989 году. Проектная мощность подземного рудника Зармитан составляет 250 тыс. т руды в год.

*Месторождение Марджанбулак* введено в эксплуатацию в 1980 г., эксплуатируется открытым способом Марджанбулакским золотодобывающим рудником. Окисленные руды месторождения перерабатываются на Марджанбулакской золотоизвлекательной фабрике по гравитационно-сорбционной технологии. Ежегодный объем добычи и переработки окисленных руд планируется довести до 600 тыс. т.

По состоянию на 01.03.2003 г. извлекаемые запасы окисленных руд этого месторождения составляют примерно 1,8 млн т, что обеспечит загрузку МЗИФ на 3 года.

Извлекаемые запасы сульфидных руд промышленных категорий, благоприятные для отработки открытым (1,8 млн т) и подземным (1,7 млн т) способами, составляют 3,5 млн т, прогнозные ресурсы – около

7 млн т, что в итоге позволит обеспечить загрузку МЗИФ в перспективе примерно на 17 лет. Учитывая значительную для МЗИФ сырьевую базу, комбинат с привлечением ИРГИРЕДМЕТ (г. Иркутск, Россия) приступил к исследованиям по разработке технологии переработки сульфидно-мышьяковистых руд месторождения «Марджанбулак».

Подводя итог, следует подчеркнуть, что расширение минерально-сырьевой базы золотодобывающей отрасли Навоийского горно-металлургического комбината осуществляется путем реализации следующих направлений работ:

1. Разработка и практическое использование технологий предварительного механического обогащения минерализованной массы и забалансовых руд, переработка которых без такого обогащения нерентабельна.

2. Разработка новых кондиций и проведение пересчета запасов золота месторождения «Мурунтау» с использованием современных компьютерных технологий построения математической модели месторождения «Мурунтау» и оптимизации горных работ.

3. Доразведка и вовлечение в эксплуатацию запасов месторождений и рудных залежей, находящихся на флангах и приконтурных участках карьеров «Мурунтау», «Кокпатас», «Даугызтау», «Марджанбулак», а также новых месторождений на территории одноименных рудных полей.

4. Создание собственной сырьевой базы по золоту для ГМЗ-1 за счет разведки и вовлечения в эксплуатацию новых золоторудных объектов Зиаэтинского рудного поля.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мальгин О. Н., Сытенков В. Н., Филиппов С. А. Концепция развития карьера Мурунтау на длительную перспективу // Теория и практика разработки месторождения «Мурунтау» открытым способом: Сб. науч.-техн. ст. Ташкент: Фан, 1997.

2. Прохоренко Г. А., Сытенков В. Н., Беленко А. П. Отвалы карьера Мурунтау как перспективная сырьевая база для кучного выщелачивания золота // Сб. научно-технических статей. Теория и практика разработки месторождения «Мурунтау» открытым способом. Ташкент: Фан, 1997.

3. Толстов Е.А., Мазуркевич А.П., Иноземцев С.Б. и др. Состояние, проблемы и перспективы использования ядерно-физических методов анализа, опробования и сортировки в Навоийском горно-металлургическом комбинате // Теория и практика разработки месторождения «Мурунтау» открытым способом: Сб. науч.-техн. ст. Ташкент: Фан, 1997.

4. Кучерский Н. И. Становление и развитие Навоийского горно-металлургического комбината // Горный журнал. 1998. № 8.

5. Прохоренко Г. А., Сытенков В. Н., Беленко А. П. Перспектива освоения потенциальной сырьевой базы золотодобывающих предприятий в Кызылкумском промышленном регионе // Горный журнал. 1998. № 8.

6. Кучерский Н. И., Мазуркевич А. П. Минерально-сырьевые ресурсы Навоийского горно-металлургического комбината // Горный журнал. 1998. № 8.

7. Кучерский Н. И. Современные технологии управления качеством сырья в горно-перерабатывающей системе «недра-завод» при проектировании и эксплуатации сложно-структурных месторождений // Горный вестник Узбекистана. 2000. № 1.

8. Сытенков В. Н., Абдуллаев У. М. Разработка сценария развития карьера «Мурунтау» на длительную перспективу // Горный журнал. 2002. Специальный выпуск.