

для уменьшения количества фильтрующихся через отвал атмосферных осадков по мере его развития необходимо производить гидроизоляцию его верхней площадки слоем укатанного глинистого грунта мощностью не менее 0,1-0,2 м, что обеспечит увеличение доли испарения;

при отсыпке отвалов токсичных отходов на склонах они должны быть ограждены нагорными канавами для перехвата и отведения дождевых и талых вод;

складирование некондиционных колчеданных руд и пород ореольной зоны должно осуществляться на подотвальный экран, обеспечивающий перехват, сбор и отвод инфильтрата в прудки-нейтрализаторы, где за счет добавки известкового молока обеспечивается осаждение тяжелых металлов в виде карбонатных солей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кривошеев В.Я., Угрюмов В.А., Зотеева Н.Ф. Оценка влияния хвостохранилища Лебединского ГОКа на режим и качество подземных и дренажных вод // Вопросы эксплуатации хвостохранилищ: Темат. сборник трудов / ВИОГЕМ. - Белгород, 1988. - С.119-122.

2. Полищук О.Н. О необходимости проведения исследований водного баланса хвостохранилищ // Вопросы эксплуатации хвостохранилищ: Темат. сборник трудов / ВИОГЕМ. - Белгород, 1988. - С.21-25.

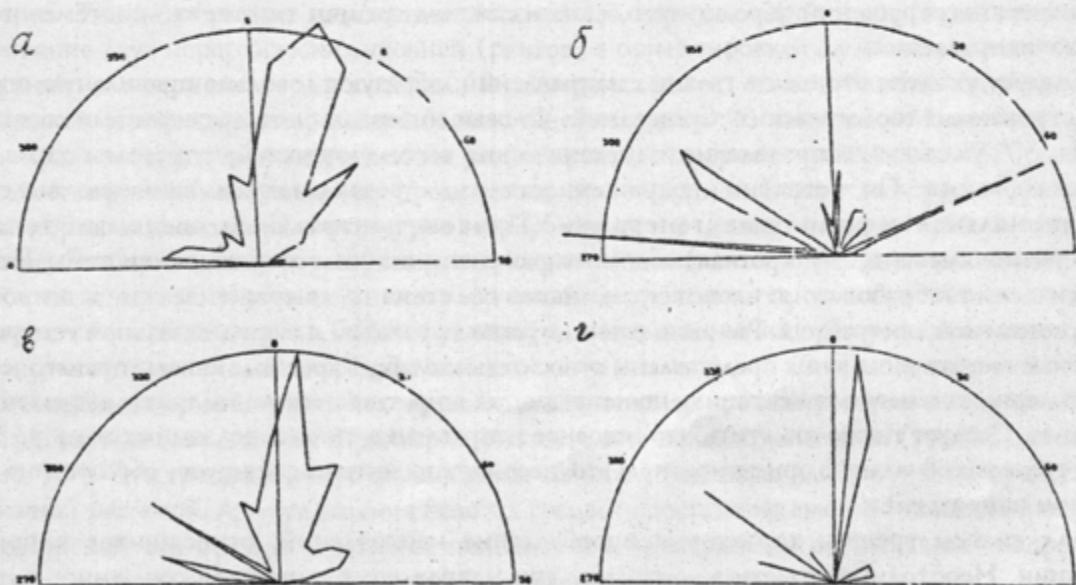
3. Солобоев И.С. Проблемы в области охраны природы, вызванные загрязнением воды тяжелыми металлами и органическими веществами // К здоровой воде - совершенствуя управление: Матер. Международного семинара. - Екатеринбург, Riza / РосНИИВХ, 22-25 апреля 1996. - С.99-101.

УДК 551.24 + 622.831.24

С.Н.Тагильцев А.И.Зевахин М.Г.Морозов

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ИЗВЕСТНЯКОВ НА РАЗВИТИЕ КАРСТА

Месторождение флюсовых известняков разрабатывается открытым способом вблизи поселка Билимбай Свердловской области. Месторождение расположено в водораздельной части Среднего Урала, на южном берегу р.Чусовой. Известняки относятся к силурийскому возрасту и слагают



Розы - диаграммы простираения геологических образований :
а - разломов, б - трещин, в - карста, г - взаимосвязанного карста

центральную часть Билимбаевского синклиналии. Довольно интенсивное развитие карста определяет высокую обводненность месторождения. Средние водопритоки составляют 3000 м³/ч. Заполнитель

карстовых полостей снижает качество добываемого сырья.

Влияние карста на гидрогеологические, инженерно-геологические и технологические условия месторождения потребовало изучения комплекса вопросов, определяющих закономерности развития, размещения и ориентировки карстовых полостей. Методика исследований состояла в изучении геологических и гидрогеологических условий района и участка месторождения. Была проведена детальная съемка систем трещин, проанализированы геологические карты и выполнен анализ ориентировки линеаментов разломной тектоники. Тщательный анализ геологической документации карьера позволил выделить основные формы карста и ориентацию карстовых каналов.

Сравнительный анализ результатов обработки данных по ориентировке трещин, карстовых каналов и разломов показал, что во всех случаях четко проявляются преобладающие направления ориентировки линеаментов (см. рисунок). Все геологические образования имеют шесть основных систем ориентировки. Три системы тяготеют к меридиональному направлению (меридиональная генерация), а другие три - к широтному (широтная генерация). Результаты обработки данных сведены в таблицу.

Ориентировка систем линеаментов

Геологические элементы	Генерация					
	меридиональная			широтная		
Карст	335	5	30	280	305	70
Трещины	345	5	30	275	305	70
Разломы	345	15	45	280	315	85

Сравнительный анализ показывает, что простирания основных систем карстовых каналов и трещин в основном совпадают. Субмеридиональная система имеет небольшое восточное отклонение от меридиана (5°), примерно такое же отклонение от широтного направления характерно для субширотной системы. Простирание основных систем разломов заметно отличается от ориентировки систем трещин и карста. Системы разломов повернуты на восток от систем трещин и карстовых каналов примерно на 10° .

Наряду с ведущей ролью современных геологических процессов необходимо отметить, что нельзя отрицать справедливость закономерностей геологического наследования. Так, при выделении из общей массы карстовых линеаментов наиболее протяженных и взаимосвязанных каналов выявилось, что некоторая часть взаимосвязанного карста наследует преобладающие направления тектонических нарушений. Кроме того, одна из систем трещин тяготеет к системе разломов того же направления.

Следует указать, что шесть главных направлений образуют довольно правильную структуру рассматриваемых геологических образований. Угловые интервалы между системами составляют в среднем 30° , указывая на проявление геомеханических закономерностей, определяющих значение угла скалывания. По степени выраженности на розах-диаграммах четко выделяются меридиональная и широтная генерации. Причем центральные системы генераций (субмеридиональная и субширотная) обычно выражены лучше, чем опережающие системы. Различные геологические образования имеют неодинаковую степень выраженности в широтной и меридиональной генерациях. Разломы очень хорошо выражены в меридиональной генерации, а широтные направления в них представлены относительно слабо. Карстовые каналы преимущественно имеют меридиональную ориентацию, но направления широтной генерации также выражены очень отчетливо. Следует также отметить, что основное направление потока подземных вод к р. Чусовой имеет субмеридиональную ориентировку и это несомненно интенсифицирует образование карста в данном направлении.

Для систем трещин характерно преобладание направлений, относящихся к широтной генерации. Необходимо отметить, что все три направления широтной генерации выражены примерно одинаково. Можно даже считать, что трещины, имеющие ориентацию 305° , развиты несколько лучше остальных (см. рисунок). Одновременно следует указать, что среди взаимосвязанных систем карстовых каналов второе место по степени выраженности, после субмеридионального направления, занимают карстовые каналы, тяготеющие к ориентировке 305° .

Полученные результаты приводят к выводу, что карст развивается по системам трещин и относительно слабо связан с системами разломов. Этот факт следует, вероятно, связывать с возрастом геологических образований. Основные разломы, особенно субмеридионального направления, образовались в палеозое. Активный карст является современным геологическим образованием.

В горных породах основные системы трещин образуются вследствие воздействия полей напряжений. Современные открытые трещины - это результат воздействия современных (с геологических позиций) полей напряжений. В известняках, которые обладают свойством компетентности, древние трещины практически не сохраняются. Таким образом, современный карст развивается по молодым открытым трещинам, которые образуются под воздействием современного поля напряжений.

Для распознавания положения в пространстве осей главных напряжений недостаточно выделять сопряженные системы трещин, т.к. диагностика этих систем носит довольно неопределенный характер [2]. Нередко получают результаты, которые вроде бы показывают, что оси главных напряжений имеют значительный наклон относительно горизонтальной плоскости и вертикальной оси. Несомненно, что на локальных участках породных массивов эти факты могут иметь место, но все же как исключение из общего правила.

Ведущая закономерность, по нашему мнению, состоит в том, что оси главных напряжений обычно занимают субгоризонтальное и субвертикальное положение. Законы геомеханики определяют, что оси главных напряжений всегда ортогональны между собой. Сила тяжести, наряду с тектоническими силами, играет ведущую роль в формировании полей напряжений. Вертикальная ориентировка вектора силы тяжести должна определять субвертикальное положение одной из главных осей и, соответственно, субгоризонтальное положение других осей главных напряжений.

В настоящее время большинство исследователей считает, что в горно-складчатых районах Урала преобладают горизонтальные тектонические напряжения, т.е. вектор максимального главного напряжения (σ_1) занимает субгоризонтальное положение [1]. Этот вывод базируется на многочисленных измерениях горного давления в подземных выработках. Согласно представлениям о предельно напряженном состоянии значение σ_1 ограничивается прочностью массива горных пород. Одновременно следует учитывать, что вес столба горных пород с глубиной нарастает, а вблизи поверхности земли составляет относительно небольшую величину по сравнению с σ_1 . Можно полагать, что вблизи поверхности земли минимальное главное напряжение (σ_3) занимает субвертикальное положение.

В связи с нарастанием веса горных пород на определенной глубине вертикальное напряжение становится промежуточным (σ_2), а минимальное главное напряжение занимает субгоризонтальное положение. Таким образом, изменение веса столба горных пород с глубиной определяет формирование двух иерархических уровней (рангов) в ориентировке оси минимального главного напряжения в массивах горных пород. В зависимости от масштабности (глубинности) тектонического процесса одновременно (с геологических позиций) могут образовываться системы трещин и разломов, которые подчиняются разным рангам по ориентировке σ_3 .

В качестве рабочей схемы можно представлять, что в крупной блоке горных пород, имеющем размеры порядка нескольких километров на глубину, σ_3 в целом занимает субгоризонтальное положение. Это приводит к формированию субвертикальных систем трещин и разломов. Вблизи поверхности земли, на глубинах в несколько сотен метров, ось σ_3 приобретает вертикальное положение, что, в свою очередь, создает условия для возникновения субгоризонтальных трещин отрыва и относительно пологих трещин скола.

Для выявления ориентировки вектора максимального главного напряжения основное значение имеют трещины скола. Для них характерно относительно пологое залегание (угол падения равен примерно 30°). Эти трещины могут образовывать сопряженные пары или могут быть представлены единственной системой. Азимут падения пологих трещин с достаточно высокой точностью совпадает с ориентировкой оси σ_1 . Для уточнения положения в пространстве осей главных напряжений следует использовать данные по ориентировке субвертикальных трещин.

Выделение сопряженных систем субвертикальных трещин, определяющих современное положение осей главных напряжений, производится на основании представления о том, что ориентировка главных осей в приповерхностной и глубинных зонах сохраняется, и только векторы σ_2 и σ_3 меняются местами. Определение положения осей производится по известной методике, путем построения сферограмм [2]. При построении используются данные о положении в

пространстве сопряженных субвертикальных трещин. Проверка правильности выбора сопряженных систем выполняется с помощью наклонной системы трещин. Если ось σ_2 , положение которой определено по ориентировке субвертикальных трещин, соответствует оси σ_3 пологой системы, следует признавать исходные предположения справедливыми.

В некоторых случаях сопряженные системы субвертикальных трещин отсутствуют, и фиксируются субвертикальные трещины отрыва или комбинация трещин скола и трещин отрыва. Методика определения положения в пространстве осей главных напряжений при этом существенно не меняется.

Изучение систем трещин на рассматриваемом месторождении выявило только одну пологую систему трещин, обладающую азимутом падения 130° и углом падения 32° . Этой системе пологая трещин скола соответствует, по описанным выше критериям, система субвертикальных трещин с азимутом простирания 303° и углом падения 86° . Последнюю систему следует рассматривать как систему трещин отрыва, относящихся к глубинному иерархическому уровню (в разрезе), входящую в широтную генерацию (в плане). Широтная генерация субвертикальных трещин имеет общую ось σ_2 , что позволяет определить положение в пространстве остальных осей.

Пологая система трещин имеет общую субгоризонтальную ось с широтной генерацией систем трещин. Это подтверждает правильность исходных предположений и позволяет определить ориентацию оси главного максимального напряжения в современную геологическую эпоху. В результате построений получено, что ось σ_1 ориентирована по азимуту 305° с углом падения 3° .

Принцип Гзовского гласит [3], что основное направление сжатия сохраняется в пределах определенных вариаций. Отсюда следует, что рассматриваемый регион в настоящее время испытывает субширотное сжатие. Наличие хорошо выраженных систем трещин, которые не могли образоваться при постоянном положении оси σ_1 , указывает на изменение ориентировки максимального сжимающего напряжения. Эти изменения, судя по степени выраженности систем трещин, происходили в современную геологическую эпоху.

Необходимо также указать на наличие, хотя и относительно слабой, меридиональной генерации систем трещин. Это заставляет считать, что наряду с широтными напряжениями в современную геологическую эпоху происходили меридиональные напряжения. Изменение ориентировки главного напряжения в пределах одной генерации происходит чаще всего в связи с развитием сдвиговых деформаций, которые реализуются в виде блоковых подвижек. Следовательно, в современную геологическую эпоху на Среднем Урале наблюдается геодинамическая активность.

Выводы

1. Развитие карста на рассматриваемом объекте определяется, главным образом, ориентировкой систем современных трещин и относительно слабо связано с системами разломов.
2. Основные системы трещин, разломов и карста принадлежат к двум генерациям - широтной и меридиональной. Системы трещин сильнее выражены в широтной генерации, а карстовые системы примерно одинаково выражены в обеих генерациях.
3. Выделение среди систем трещин двух иерархических уровней (рангов) позволяет повысить достоверность определения положения в пространстве осей главных нормальных напряжений.
4. В настоящее время рассматриваемый район испытывает субширотное сжатие. Вектор максимального главного напряжения имеет субгоризонтальное положение и ориентирован по азимуту 305° .
5. Наличие нескольких систем трещин, относящихся к разным генерациям, показывает, что ориентировка максимального главного напряжения в современную геологическую эпоху неоднократно менялась. Это свидетельствует о блоковых подвижках в широтном, и, возможно, в меридиональном направлениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках.- М.: Недра, 1994. - 208с.
2. Шерман С.И., Днепровский Ю.И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения.- Новосибирск: Наука, 1989. - 158с.
3. Шихин Ю.С. Геологическое картирование и оценка рудоносности разрывных нарушений.- М.: Недра, 1992. - 229 с.