© О.А. Мишедченко, 2007

УДК 622.25:551.34

О.А. Мишедченко

АНАЛИЗ ОПЫТА ПРОХОДКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ НА МЕДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ «ЛЮБИН» В ПОЛЬШЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПОСОБА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД

Месторождение медных руд в районе г.Любин Лесницкого воеводства было обнаружено в 1956 г. В настоящее время месторождение разрабатывается четырьмя рудниками: «Люблин» - 7,5 млн т руды в год», «Полковицы»-7,5 млн т, «Рудна» -12 млн т руды и «Шерошовицы» - 12 млн т руды в год. Глубина стволов на первых двух рудниах – 850-900 м. Практически на всех рудниках применяется специальный способ строительства с применением способа искусственного замораживания. Глубина замораживания практически не превышает 480 м.

Для строительства медных рудников в 1961 году в ПНР было создано специальное предприятие (ПВКРМ), расположенное в городе Люблин. Предприятие включало в себя дирекцию, четыре шахтостроительные участка, ведущие работы по проходке стволов специальными способами и горизонтальные работы, специальный монтажный участок по монтажу всего горного оборудования рудников и армировке стволов, электромеханический цех, производивший ремонт и изготовление всей проходческой оснастки. За год ПВКРМ проходил 1-1,5 км стволов и до 20 км горизонтальных горных выработок. В результате применения передовых методов строительства, прогрессивных конструкций и хорошей организации работ рудники были построены за 4,5 года. Пок азанные темпы являлись одними из лучших в мировой практике для того времени..

Рассмотрим более подробно опыт замораживания на стволах рудника «Любин», в строительстве которого принимали участие русские специалисты треста «Шахтспецстрой».

Глубина замораживания проводилась на 480 м. Породы были предс-тавлены четвертичными, третичными и мезозойскими отложениями, характеризующимися очень сильным обводнением и тяжелыми условиями проходки.

Наличие слабых, неустойчивых водоносных песчаных пород, а также пластическое течение замороженных глинистых пород мощностью более 300 м обуславливали сложные условия проходки стволов. Необходимо было применить организацию проходки стволов с креплением сверху вниз тюбинговой крепью, что обеспечивалось применением монтажного кольца и комбайнового способа разработки пород.

Строящийся ствол Л-1 имел проектную глубину L = 953 м, диаметр в свету D = 7,5 м, диаметр ствола в проходке 11,5 м. До глубины 67,3 м была запроектирована наружная кирпичная крепь толщиной 51 см, возводимая заходками по 2 м с подвеской, и внутренняя бетонная крепь толщиной 600 мм, возводимая

снизу вверх. В интервале отметок 67,3-485,1 предусматривалось тюбинговое крепление с бетоном толщиной 600 мм шахтными тюбингами высотой 1,5 м с толщиной спинок 60-120 мм. В нижней части ствола (в интервале отметок 485,1-953 м) предусматривалось крепление бетонной крепью толщиной 600 мм. При этом диаметр ствола в проходке уменьшался до 8,7 м.

Сложные условия проходки стволов определялись мощными пластами пластичных глин (60 м), наличием углистых аргиллитов (20-30 м) с мощными пластами бурого угля мощностью от 2 до 5 м, разделенных последовательно семью водоносными горизонтами, приуроченными к мелкозернистым глинистым пескам, образующими плывуны. Максимальный напор подземных пресных вод фиксировался до 35 атм. Устья стволов сооружались специальным способом, поскольку пески с пропластками глины мощностью до 20 м были полностью обводнены. Сооружение прилегающих к устьям вентиляционных каналов, как правило, велось с применением замораживания.

Первоначально предполагалось пройти стволы способом замораживания с температурой прямого рассола – 20-22 °С, с однорядным расположением замораживающих скважин. Проходка осуществлялась традиционными заходками с креплением чугунно-бетонной крепью снизу вверх. При этом была принята концепция, что замораживать надо только водоносные пески, а проходка твердопластичных глин планировалась обычным способом. Однако эти предпосылки не оправдались. После проходки второго водоносного горизонта, расположенного на глубине 70-90 м началось первое деформирование стенок ствола и пучение забоя в твердопластичных глинах, что привело к деформированию временной швеллерной крепи. На глубине 126,7 м при креплении пройденной заходки под нижним тюбинговым кольцом было обнаружено поднятие поверхности забоя на 0,514-0,742 м без повреждения замораживающих колонок.

Первый массовый разрыв колонок произошел на глубине 184.5 м в водоносных илах при высоте пройденной заходки 10,5 м. Внезапно произошел подъем поверхности забоя ствола на высоту 0,3 м. Через сутки на этой же глубине в забое появился рассол, вышедший из замораживающих колонок. При обследовании было обнаружено повреждение восьми замораживающих колонок, которые были восстановлены путем опускания труб меньшего диаметра (3-3,5 мм). Проходка ствола ниже сопровождалась постоянным деформированием стенок ствола, при этом температура стенок ствола была всего – 0,8 °С против расчетных -10 °С, забой соответственно оставался не замороженным.

До глубины 302 м на стволе Л-1 было повреждено 18 замораживающих колонок. Особенно аварийной оказалась проходка заходки в интервале глубин 302-312,7 м. На глубине 306,7 м в забой ствола прорвался рассол из новых поврежденных замораживающих колонок. При этом наблюдалось деформирование стенок и забоя ствола. Восстанавливая разорванные замораживающие колонки, решено было пройти заходку до конца, но на глубине 312,7 м в забой ствола вновь прорвался рассол, а затем произошел вынос воды с песком. Ствол был затоплен до глубины 57 м от земной поверхности.

После этого было обнаружено повреждение еще 27 замораживающих колонок. Восстановить колонки не удалось, и тогда были пробурены три дополнительные замораживающие сква-

жины. При бурении этих скважин отмечались большие потери глинистого раствора, а в одной скважине потери раствора составили 500 $м^3$. В остальные скважины нагнетали по 300 $м^3$ глинистого раствора. Восстановление поврежденных замораживающих колонок связано с большими затратами средств и времени, а также с остановкой горнопроходческих работ на новый срок активного замораживания, особенно в районе новых замораживающих колонок.

Анализируя причины аварийных ситуации при проходке стволов рудника «Любин», польские и советские специалисты пришли к выводу о необходимости отказа от проходки по последовательной схеме заходками с применением опорных венцов и пикотажных колец, а воспользоваться технологией навески тюбингов сверху вниз, что существенно ускорило бы проходку и обеспечило бы безопасность строительства. Для применения совмещенного способа проходки по указанной технологии необходимо было решить вопрос о возможности цементации закрепного пространства. Было разработано монтажное кольцо для тюбинговой крепи, а в тюбингах было предусмотрено наклонное заливочное отверстие диаметром 80 мм. Также была разработана технология бетонирования тюбинговой крепи через заливочное отверстие с применением мелкозернистого бетона на щебне фракции 5-20 мм. Тем не менее, применение подвески тюбингов не решило всех задач, возникающих при проходке ствола Л-1. Ручная разработка забоя по 0,8-1 м в сутки не устраняла угрозы деформирования стенок ствола и пучения забоя. Для решения этих задач был разработан стволопроходческий комбайн, способный пройти и закрепить за сутки 3 м ствола.

Анализируя аварийные ситуации при проходке стволов месторождения «Любин», необходимо подробнее остановиться на особенностях процесса замораживания, характерного именно для Польши. В связи с тем, что в ПНР постоянно ощущался энергетический голод, решением правительства все без исключения промышленные предприятия по графику два раза в сутки отключаются от электропитания на один час. Естественно, это приводило к дестабилизации процесса замораживания. Для обеспечения безопасности процесса замораживания были опробованы все известные схемы замораживания: однорядное и двухрядное расположение замораживающих скважин, зональное замораживание с применением различных диафрагм и т.п. Результат практически один - следующие два ствола так же были аварийно затоплены.

Был проведен большой объем исследований, в частности , испытания глин и супеси Любинского месторождения по прочности при различных температурах. По результатам этих испытаний выявлено, что глины при температуре –5 °С имеют прочность всего 10-18 $кгс/см^2$, при температуре – 15 °С только 30-56 $кгс/см^2$. С учетом хотя бы двукратного запаса прочности, ни по формуле Ляме, ни по формуле Домке, создание ледопородного ограждения при двухступенчатом режиме замораживания невозможно. В этих условиях ПВКРМ была принята нестандартная технология замораживания, которая не имела достаточного научного обоснования, но позволила построить более 20 стволов в столь сложных условиях.

На замораживание и проходку ствола глубиной 470-490 м в среднем затрачивается от 1,5 до 2^x лет. При этом скорость проходки по глинам в зоне применения спецспособа составляет 40-45 м

/мес. Как только достигается пласт замороженного песка, не деформирующийся в стволе, проходка останавливается на несколько дней для оснащения, ремонта и прочих профилактических работ. В следующем глинистом пласте снова возобновляется скоростная (3 м/сут) проходка. Замораживающая станция монтируется, как правило, из расчета работы на 2 ствола. Первоначально, все 100 % мощности станции расходуется на первый ствол, на период его активного замораживания, затем при пассивном замораживании на первый ствол подается около 20 % мощности, а 80 % передается уже на второй ствол. Проходка второго ствола, таким образом, ведется с отставанием. По окончании замораживания, а следовательно, и проходки первого ствола, станция работает полностью на второй ствол. Замораживающая станция собирается, обычно, из 10 агрегатов мощностью около 250000 ккал/ч. Станция работает в двухступенчатом режиме. Температура рассола в обычном рабочем режиме – 32- -25 °С, но может достигать и – 35 °С.

Практика проходки стволов на Любинском месторождении при глубине спецспособа 480-500 м показала несоответствие некоторых теоретических предпосылок, заимствованных из практики неглубоких стволов. Прежде всего, потерял смысл тезис об активном и пассивном замораживании. На практике выявлена необходимость непрерывного режима замораживания до окончания проходки с целью поддержания заданной температуры пород на внутреннем контуре ствола. Практика показала также необходимость поддержания температуры на внутреннем контуре ствола в глинах – не менее –8 °С, Тогда при скорости проходки 3 м/сут не происходит разрывов замораживающих ко-лонок. Выявлен также теоретически не объяснимый факт неравномерности распределения температур по глубине. При первоначальном режи-ме замораживания с температурой прямого рассола –25 °С, до глубины 150 м глины имеют температуру – 11 °С на внутренней стенке ствола, но с увеличением глубины ствола, темпе-ратура стенок повышается. Поэтому, чтобы обеспечить необходимую температуру –8 °С на стенках ствола, приходится понижать температуру прямого рассола. Это выражается в переходе на двухступенчатый режим замораживания с температурами – 32 - -35 °С. При входе ствола в зону песков, температура в стволе может повышаться, но она не должна быть ниже –10 °С.

Эти объективные факторы объясняют то, что польские специалисты осуществляют процесс замораживания не путем расчетов, а по указаниям службы надзора за состоянием ледопородного цилиндра. По результатам замеров этой службой строятся:

- профиль геотермический по всем породам,
- профиль акустический по всем видам пород,
- погоризонтальные планы толщины ледопородного ограждения через каждые 50 м по глубине ствола.

Выявляются породы, аномальные к замораживанию, и по ним ведется анализ процесса замораживания во времени.

По этим документам делается корректировка процесса замораживания по срокам, часто проектные сроки могут быть увеличены в 2-3 раза.

С момента начала работы замораживающей станции, ведется постоянный контроль за процессом образования ледопородного цилиндра; 3 раза в сутки в каждой скважине определяется температура прямого и обратного рассола; 1-2 раза в месяц в скважинах, имеющих

максимальное отклонение и в 3-х термонаблюдательных скважинах производится замер температур в 25-40 экспериментальных точках. Акустические измерения производятся каждые 2 недели. Таким образом, достигается полная информированность о работе замораживающей станции и состоянии ледопородного цилиндра. По полученным результатам сделан вывод о том, что при однорядном расположении замораживающих скважин (по диаметру 16 м) и температуре прямого рассола – 25 - - 32 °С надежно замораживаются лишь глинистые пески, а в глинах температура внутренней стенки ствола не превышает –6- -10 °С, что говорит о недостатке набора прочности. Бурые угли совсем не замораживаются.

С точки зрения обеспечения безопасности проходки, на глубине более 200 м в промороженных песках ава-рийных ситуаций не возникает: стен-ки ствола устойчивы, деформаций за-боя не наблюдается. Однако на глу-бине ниже 160 м наблюдается посто-янное деформирование глин, глини-стых сланцев, бурых углей. Деформа-ция глин проявляется в видимом пу-чении забоя до 30-50 см в центре ствола и до 10-20 см по радиусу (при скорости проходки на этих участках 1,5-3 м/сут). Бурые угли при проходке сильно растрескиваются, шелушатся и интенсивно осыпаются. Был зарегистрирован случай пучения угля на забое до 2-х м. Температура стенок ствола в углях – 0 °С. В пластах до 1 м +4: в пластах бурового угля мощностью более 3,5 м +5 °С .

Практика проходки стволов показывает, что если допустить деформации внутренних стенок ствола в глинах более 15 см, то разрыв замораживающих колонок практически неизбежен. Единственным средством предотвращения разрыва замораживающих колонок в этих условиях является крепление ствола постоянной тюбинговой крепью по схеме сверху вниз со скоростью 3 м/сут.

Коротко об авторах

Мишедченко О.А. – студентка, Московский государственный горный университет.