

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВолоВ СПОСОБОМ ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ

*И.М. Паланков, ЗАО «ОШК «СОЮЗСПЕЦСТРОЙ», Россия*

В статье проанализированы все технологические этапы строительства стволов способом искусственного замораживания и выявлены возможности возникновения аварийных ситуаций на каждом из этапов.

Для оценки степени риска возникновения аварийных ситуаций при проходке стволов воспользуемся методологическим подходом, предложенным проф. Корчаком А.В. в работе [ 1 ], который заключается в процедуре последовательного исследования всех звеньев технологической цепочки с выявлением причинно-следственных связей между ними (рис.1.1.)разберем более детально каждую из технологических операций, характерных для производства искусственного замораживания.



*Рис.1.1.Методология выбора технологии подготовки массива, строительства и эксплуатации подземного сооружения.*

Используя предложенную методологию, представим схему выбора и оценки надежности технологических процессов при применении способа искусственного замораживания (Рис. 1.2).



*Рис.1.2.Выбор технологии подготовки массива, строительства и эксплуатации подземного сооружения при строительстве вертикальных шахтных стволов способом искусственного замораживания.*

Проанализируем основные операции строительства вертикальных стволов способом искусственного замораживания, исключая вопросы крепления и армирования (Рис. 1.3):

- геологические изыскания ;
- проектирование (расчет параметров замораживания);
- производство работ по подготовке массива: (бурение замораживающих скважин, монтаж замораживающей станции и рассольной сети);
- создание ледопородного ограждения (активное замораживание), - поддержание ледопородного ограждения (пассивное замораживание) и разработка пород в забое,
- оттаивание замороженных пород (естественное или искусственное) .



Рис. 1.3. Блок-схема основных операций при применении способа искусственного замораживания.

На стадии изысканий проводится оценка гидрогеологических условий будущего строительства с позиции возможности применения того или иного специального способа строительства и надежности его работы, производится анализ физико-механических свойств и гранулометрического состава пород.

Анализ горно-геологических условий, представленный литологическими колонками стволов, показывает что в монолитном породном массиве буровзрывные работы не приводят к разрыву колонок, в то время как при наличии контактов таких пород, как песок - глины или песок- мергелистые породы [ ], стабильно наблюдаются разрывы замораживающих колонок.

На стадии проектирования ледопородных ограждений выполняются как статические, так и теплотехнические расчеты, которые взаимосвязаны. Рассчитываются нагрузки на ледопородное ограждение и основные параметры ЛПО. На основе теплотехнических расчетов определяют: количество и расположение замораживающих колонок, необходимую температуру рассола, температурное поле грунта, требуемую мощность холодильного оборудования. Подсчитывается сметная стоимость работ.

При производстве работ (Рис. 1.3) основные технологические операции:

- подготовительные работы на поверхности;
- бурение замораживающих скважин.
- монтаж рассольной сети и замораживающих колонок
- монтаж замораживающей станции;
- непосредственно создание ледопородного ограждения в период активного замораживания пород.

Одним из важнейших видов из комплекса работ по замораживанию является бурение замораживающих скважин. Качество бурения замораживающих скважин и последующее состояние в них замораживающих колонок, прежде всего, с точки зрения отклонения от вертикали и герметичности колонок, являются определяющим фактором обеспечения сплошности ЛПО и оптимальных сроков замораживания пород.

На стадии бурения замораживающих скважин (Рис. 1.4) могут произойти следующие виды аварийных ситуаций:

- отклонение вертикального направления буровых скважин (Рис. 1.5), вследствие чего могут возникнуть «окна» в ледопородном ограждении (Рис. 1.6) из-за расхождения концов двух или нескольких замораживающих скважин,
- ослабление массива вследствие чрезмерного разбуривания массива
- объединение водоносных горизонтов по необсаженным скважинам. При проходке через непромороженный участок, возможны случаи прорыва пльвуна, что приводит к авариям в стволе, начиная от увеличения срока замораживания до возможного прорыва пльвуна в ствол.



Рис.1.4. Аварийные ситуации, возникающие в процессе бурения замораживающих скважин.

Согласно СНиП III-11-77, надлежит контролировать положение замораживающих скважин через каждые 30 м, а также на конечной глубине. По данным замеров необходимо составлять погоризонтные планы расположения скважин (Рис. 1.5.).

Во всех случаях, независимо от глубины скважин, не допускается отклонения их от вертикальной оси более чем на 0,6 м. В стволах глубиной 700-900 м допустимые отклонения фактически реализованы на глубинах 200-300 м, а ниже – отклонение принимает слишком большие значения, и их трудно, а иногда, и невозможно исправить, поэтому производится бурение новых скважин, что, в свою очередь, вызывает разубоживание массива, и, как следствие, его подтопление.

Отклонение скважин от вертикали измеряются с помощью гирокомпасом; измерения производятся дважды: при спуске прибора в скважину и при подъеме обратно. Анализируют записи в кассете, полученные результаты накладывают на координатную сетку, затем рассчитывают величину абсолютного отклонения, после чего отклонения скважин наносят на общий план расположения замораживающих скважин. На рис.1.4 представлены результаты измерений отклонений скважин. Ломаные линии, проведенные из устьев скважин, представляют собой проекции отрезков осей скважин на отдельных участках, а цифры, указанные на изгибах линий, означают глубины, на которых были произведены замеры отклонений.

Отклонения скважин зависит как от режима бурения и диаметра скважин, так и от структуры и угла падения пластов породы. Но главное влияние оказывает технология бурения. Следовательно, величину отклонения скважин при бурении можно уменьшить, устранив вызывающие его причины технологического порядка.

На рис. 1.5 показана схема расположения замораживающих скважин, пробуренных вокруг ствола, на глубинах 56м, 104 м и 152 м. Измерения кривизны скважин производились гирокомпасом. При построении окружностей радиус распространения холода от замораживающей скважины принят 1,5м. На схеме видно, что удовлетворительную толщину ледопородное ограждение имеет только на участке от земной поверхности до глубины 56 м. Ниже это-

го уровня некоторые скважины отклоняются настолько, что на глубине 104 м между скважинами №1 и №2 может образоваться окно. Такое положение является результатом отклонения скважин №2 – на 5,23 м (3,5%) и №3 – на 4я.7 м (2,97%). На глубине 152 м, кроме указанного участка, неблагополучен участок между скважинами №12-15. Скважина №13 отклонилась от вертикали на 4,14 м (2,6%), №14 – на 2.96 м (1,87%) и №15 – на 5.07 м (3,83%). Таким образом, из пробуренных 28 скважин оказались пригодными только 10 скважин. На основании анализа таких разрезов обычно принимается решение о методе ликвидации подобных аварийных ситуаций, обычно это решение о бурении дополнительных скважин

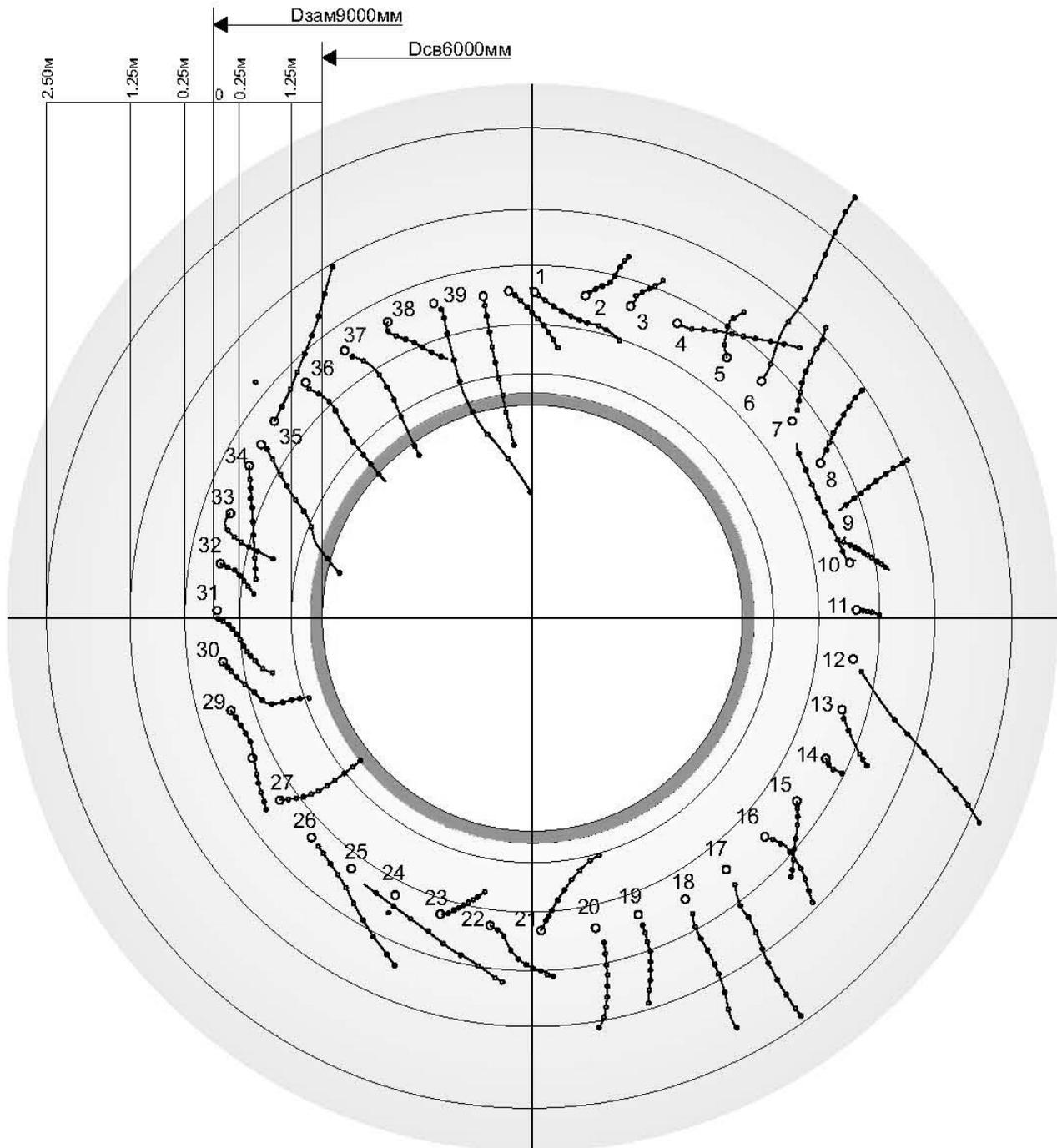
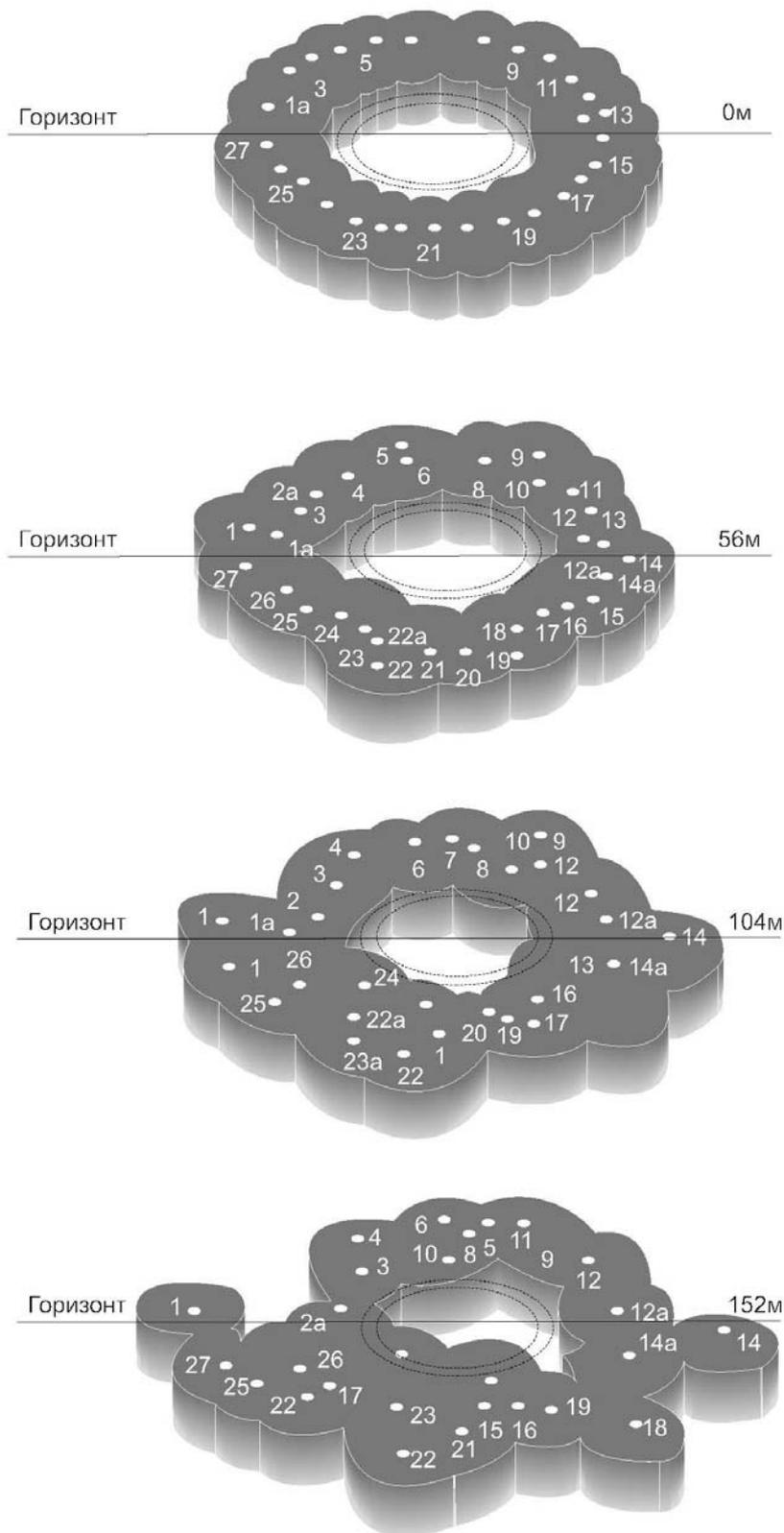


Рис. 1.4. Пример отклонения замораживающих скважин от вертикали.



*Рис. 1.5. Положение замораживающих скважин на различных горизонтах и образование «окон» в ледопородном ограждении*

Кроме того, в процессе бурения скважина, как правило, имеет больший диаметр, чем предусматривается в проекте, а в неустойчивых породах имеет место осыпание пород, поэтому фактический объем скважины часто бывает больше расчетного. Особенно неблагоприятны в этом отношении слабые породы, пльвуны и породы, растворимые в воде (каменная

соль, соляные глины). Факт ослабления горного массива и возможность возникновения аварийной ситуации недостаточно изучен и требует проведения дополнительных исследований.

Хотя известно, что в процессе бурения весь водонепроницаемый породный массив полностью нарушается скважинами, а затем испытывает последующее разрушение вследствие пучения пород в процессе замораживания, что может привести к осложнениям процесса замораживания. В работе [2] отмечается, что в начальный момент процесса замораживания, когда рассол еще имеет температуру  $-5^{\circ}\text{C} \div -10^{\circ}\text{C}$ , воды верхнего горизонта или высоконапорного нижнего горизонта часто перетекают по замораживающим скважинам (Рис. 1.7). Последнее приводит к тому, что процесс замораживания массива начинается значительно позже расчетного срока, и к заданному сроку толщина ледопородного ограждения недостаточна. Известны случаи прямого затопления стволов по указанной причине в Соликамске [4] и в Китае.

На рис. 1.7 представлена схема возникновения аварийных ситуаций при бурении замораживающих скважин без обсаживания.

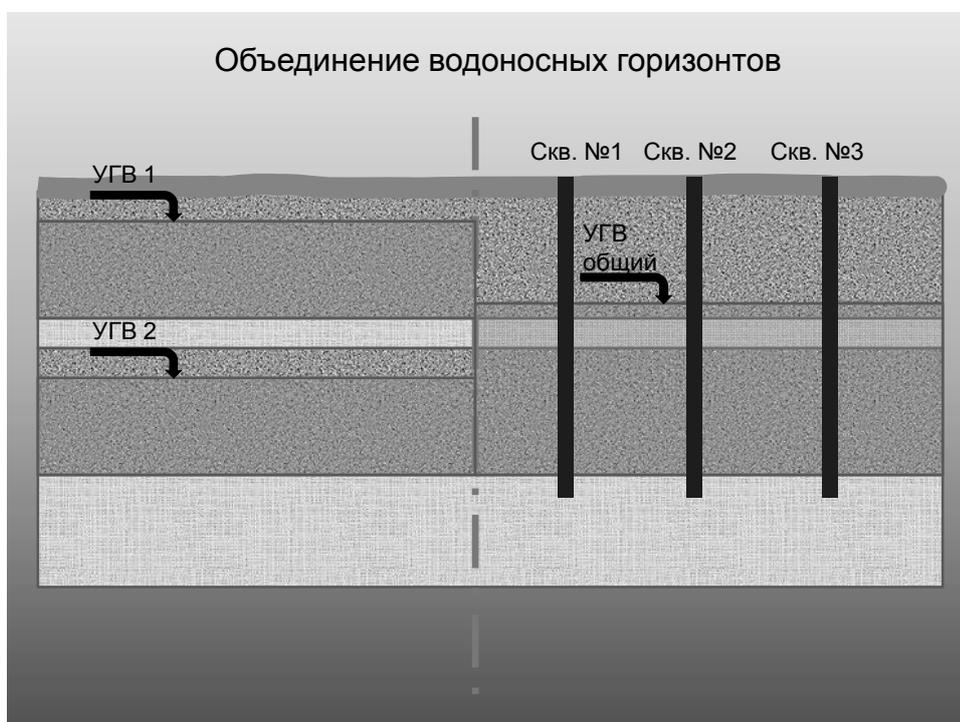


Рис.1.7. Объединение водоносных горизонтов при бурении замораживающих скважин

Для минимизации возможности возникновения аварийных ситуаций процесс бурения замораживающих скважин постоянно совершенствуется:

- внедряются специальные буровые установки, обеспечивающие достаточно высокую производительность бурения замораживающих скважин и минимальное отклонение их от вертикального положения;

- совершенствуется технология бурения, отвечающая тем же требованиям;

- внедряется аппаратура контроля направления замораживающих скважин,

- совершенствуется оснащение замораживающих скважин.

С ростом глубины замораживания, которая подразумевает высокие горные и гидростатические давления, все чаще стали проявляться нарушения труб замораживающих колонок, в результате которых происходит утечка рассола из колонок в толщу ледопородного ограждения, размывание ЛПО, нарушение целостности ограждения, и в конечном счете создается аварийная обстановка различной степени технической тяжести, вплоть до остановки проходки ствола и необходимости повторного замораживания.

Для предотвращения нарушения целостности замораживающих колонок необходимо особенное внимание уделить вопросу о материале изготовления замораживающих труб.

Для повышения прочности труб, институтами ВНИТИ и ВНИИОМШС были разработаны специальные трубы замораживающих колонок (ТЗК). В отличие от труб по ГОСТ 632-57, трубы ТЗК имеют безмуфтовые резьбовые соединения, выполненные в виде конуса, трубы изготовлены из углеродистой стали с термической обработкой и выдерживают давление до 20 МПа. Однако, даже эти трубы не обеспечивают достаточной надежности замораживающих колонок, так как и при их использовании фиксируются разрывы последних. Впоследствии принимались меры по улучшению эксплуатационных свойств труб, были разработаны несколько модификаций : ТЕК-2, ТЗК-ОПМ. Наиболее совершенную конструкцию представляют собой трубы ТЗК-НК.

Необходимо отметить, что все нарушения прочности труб ликвидируются в процессе монтажа, и к началу создания ледопородного ограждения весь комплекс замораживающих колонок находится в рабочем состоянии.

Несмотря на улучшенные технологические свойства труб, вопрос о причинах нарушений замораживающих колонок требует дальнейшего исследования и решения этой проблемы.

### **Библиографический список**

1. Корчак А.В. Методология проектирования строительства подземных сооружений. Москва «Недра коммюникейшинс ЛТД» 2001
2. Крюков Г.М., Глазков Ю.В. Феноменологическая квазистатическо-волновая теория деформирования и разрушения материалов взрывом зарядов промышленных ВВ. Издательство Московского горного университета.2003
3. Насонов И.Д., Шуплик М.Н. Закономерности формирования ледопородного ограждения при сооружении стволов шахт», Москва «Недра» 1976.
4. Трупаков Н.Г. Замораживание пород при сооружении вертикальных стволов шахт, Москва «Недра» 1983