ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

УДК 624.131.1.622

Э.И.АФАНАСИАДИ, И.В.АБАТУРОВА
Институт геологии и геофизики Уральской государственной горно-геологической академии
В.П.НОВИКОВ
Департамент природных ресурсов УФО

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ КАРСТА ПРИ РАЗВЕДКЕ ВОРОНЦОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ, ПОДЛЕЖАЩЕГО РАЗРАБОТКЕ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Воронцовское золоторудное месторождение находится в сложных инженерно-геологических условиях из-за наличия закарстованных карбонатных пород в пределах западной и южной части будущего карьерного поля. Проведены исследования карстовых форм в районах восточного (глубины 20-110 м) и южного (глубины 20-90 м) бортов карьера. Наибольшее распространение имеют полости размерами 4-6 и 8-10 м.

The Vorontsov gold-ore deposit is in difficult engineering and geological conditions due to carbonate rock within the boundaries of the western and the southern parts of the future open pit field. The analysis of karst forms in areas of the eastern (20-110 m deep) and the southern (20-90 m deep) boundaries of the open pit has been made, the cavities of 4-6 and 8-10 m in size being most common.

Воронцовское золоторудное месторождение находится в Краснотурьинском районе Свердловской области. По горно-геологическим условиям оно относится к IV типу месторождений в массивах преимущественно закарстованных скальных пород горно-складчатых областей и краевых прогибов с водоносными горизонтами трещинно-карстовых вод с особо сложными инженерно-геологическими условиями. Прогноз экзогенных процессов, особенно карстового, при проектировании и строительстве горнорудных предприятий является одной из важнейших проблем современной инженерной геологии.

Методика и объемы инженерно-геологических работ на месторождении определялись его специфическими особенностями и наличием сложного комплекса скальных горных пород, массивов карстующихся известняков, обводненных кор выветривания щебенисто-глинистых, иногда смещенных в результате обрушения в карстовые полости.

Инженерно-геологические работы заключались в изучении литературных и фондовых материалов, проведении полевых работ, камеральной обработке материалов.

Одной из наиболее сложных задач являлось изучение закарстованности карбонатных отложений фроловско-васильевской толщи, в пределах западной и южной частей карьерного поля. Для этого на стадии детальной разведки были пройдены 23 гидрогеологические скважины глубиной от 200 до

300 м. Данное количество скважин обосновывалось необходимостью равномерного (через 100-200 м) изучения вдоль западного и южного флангов месторождения закономерностей карстообразования, фильтрационной структуры трещинно-карстового водоносного горизонта, изменчивость которой была принята адекватной изменчивости кажущегося сопротивления водовмещающих пород, отраженного на плане изолиний $\rho_к$ по методу ВП масштаба 1:5000. Сгущение скважин на площади с наименьшими значениями электрических сопротивлений (юго-западный и южный фланги месторождения) обосновывалось необходимостью прослеживания глубины вскрытия активных карстовых форм на участках наиболее вероятного расположения дренажных узлов, которые будут защищать карьер от привлекаемых ресурсов, формирующихся за счет инфильтрации поверхностного стока р. Каквы.

Глубина разведочных гидрогеологических скважин определялась глубиной карьера и необходимостью гарантированного обоснования нижней границы («водоупора») безнапорного трещинно-карстового водоносного горизонта, местоположение которой предполагалось на глубине около 300 м. Для оценки закарстованности использовался комплекс методов: изучение геолого-структурного строения месторождения; результаты площадной и скважинной геофизики (КС, ГК, ННК, РМ, КМ, резистивиметрия); анализ процесса бурения (частичное или полное поглощение промывочной жидкости, провалы бурового инструмента); специализированная инженерно-геологическая документация керна 23 гидрогеологических и инженерно-геологических и части разведочных скважин; телефотометрия скважин, данные опытно-фильтрационных работ, инженерно-геологического обследования района месторождения.

Расчет коэффициентов глубинной закарстованности (открытой, суммарной, первого и второго порядков) выполнялся методом скользящего окна и повторных расчетов по выбранным интервалам. Оптимальная величина интервала и шаг его перемещения определялись путем вариантных расчетов. Для обоснования оптимальных размеров расчетных интервалов и скользящего окна выполнялся анализ расчетов по трем вариантам расчетных интервалов 10, 20, 40 м и скользящего окна 5, 10 м. По выбранному оптимальному размеру расчетного интервала 40 м и скользящего окна 10 м выполнен расчет изменения глубинной закарстованности по группам скважин, характеризующим блоки известняков с полями электрических сопротивлений до 2000 Ом·м, от 2000 до 4000 Ом·м, более 4000 Ом·м с учетом их залегания в опущенном блоке или в висячем боку относительно Воронцовского разлома. По этому же размеру расчетного интервала 40 м скользящего окна 10 м изучено распределение статистической вероятности вскрытия карстовых форм в массивах известняков опущенного блока для восточного борта и для висячего бока западного и восточного борта проектируемого карьера.

Кроме этого, в пределах контуров проектируемых карьеров изучено распределение карстовых форм по опорным разрезам, по глубинам массивов карстующихся известняков.

Наибольшее количество карстовых форм имеют размеры 4-6 м (около 40 полостей), 8-10 м (около 30 полостей), единичные полости достигают размеров 25-40 м, наибольшее количество карстовых полостей приурочено к интервалам глубин 20-110 м (для восточного борта карьера), 20-90 м (для южного карьера). Вероятность вскрытия карстовых форм скважинами для южного карьера значительно превышает (0,0282) на этих глубинах показатель для северного карьера (0,0159).

Анализ геолого-структурного строения месторождения, характер поверхностной и глубинной закарстованности, результаты опытно-фильтрационных работ показали целесообразность рассмотрения количественной оценки карстового процесса с выделением массивов интенсивно закарстованных известняков восточного борта (опущенный блок) при мощности зоны аэрации менее 60-80 м, сильнозакарстованных известняков с $\rho_к < 2000$ Ом·м, среднезакарстованных с $\rho_к = 2000$-4000 Ом·м и слабозакарстованных с $\rho_к > 4000$ Ом·м.

Для количественной оценки степени глубинной закарстованности карбонатных толщ были вычислены коэффициенты «открытой» закарстованности первого порядка (по относительному содержанию суммарной длины форм $2a,b + 3a,b + 6\ \%\ 3c$), второго порядка (по относительному содержанию форм $4a,b + 94\ \%\ 3c$) и коэффициенты суммарной закарстованности.

Расчетные характеристики закарстованного массива определялись путем введения поправок в зависимости от коэффициента «открытой» закарстованности или коэффициента закарстованности первого порядка. В связи с резкой изменчивостью мощности покрывающих известняки пород (покровных отложений, карстовых образований, кор выветривания) местоположение и количество расчетных разрезов определялось по карте изомощностей рыхлых отложений и учитывалось соотношение высоты откоса и мощности карстового материала в пределах откоса.

Таким образом, интенсивное карстообразование карбонатных отложений фроловско-васильевской толщи обусловлено, прежде всего, литологическим составом пород, особенностями геолого-структурного строения (опущенный, поднятый блок), степенью тектонической проработки, удаленностью от контакта с ауэрбаховской интрузией, мощностью и водопроницаемостью покрывающих отложений.