счет разубоживания руды закладочным материалом.

Проведенное исследование убедительно доказывает, что при значительной глубине залегания месторождений целесообразно применять восходящий порядок отработки. При отсутствии значительных первоначальных инвестиций в строительство рудника на всю глубину месторождения возможен вариант восходящей отработки в пределах каждой ступени. Однако общие показатели будут несколько хуже и добываемая руда будет дороже.

Снижение капитальных затрат возможно и за счет уменьшения сечения вскрывающих выработок, что может быть достигнуто заменой скипового подъема руды гидроподъемом. Однако этот вариант требует специального дополнительного исследования. Но в любом случае восходящий порядок отработки месторождения будет экономически эффективнее нисходящего.

Научный руководитель профессор, д.т.н. *В.М.Шик*

УДК 622.277.3

С.П.МОЗЕР
Горный факультет, студент группы ТПР-96,
ассистент профессора

ОБОСНОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И РАСХОДА ВОДЫ В ПЕРИОД РАЗМЫВА ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ ПРИ СКВАЖИННОМ МЕТОДЕ РАЗРАБОТКИ НИЖНИХ ГОРИЗОНТОВ СОЛЬ-ИЛЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Рассматриваются вопросы отработки запасов нижних горизонтов Соль-Илецкого месторождения каменной соли растворением через скважины с поверхности. Специфика добычи каменной соли данным методом определяется значительными капиталовложениями в строительство сооружений рассолопромысла и сложностью быстрого вывода рассолопромысла на заданную производственную мощность, что вызвано помимо значительных затрат времени на бурение и оборудование скважин необходимостью размыва подготовительной выработки. Интенсификация размыва подготовительной выработки даст эффект в виде уменьшения срока окупаемости капиталовложений, что, в свою очередь, скажется на себестоимости добываемого рассола.

С помощью математического моделирования процесса интенсификации растворения подготовительной выработки были получены следующие результаты:

– оптимальный расход воды для растворения камеры подготовительной выработки 45-55 м³/ч (критерием оптимизации служили затраты электроэнергии на нагнетание растворителя);

– оптимальная температура растворителя 180-220 °С (критерием оптимизации служили затраты электроэнергии на нагнетание растворителя и на подогрев воды до заданной температуры).

Some questions of mining of lower levels stock of Sol-Iletzk mineral deposit of rock-salt by dissolving through boreholes from the surface are examined. One of the peculiarities of the method is considerable capital costs in building structures of brine-mine and difficulty in bringing the brine-mine to the designed capacity as soon as possible, because of protracted drilling and fitting out the borehole and also because of necessity of eroding butt entry. More effective eroding shortens the term of investments compensation. In its turn, that leads to the decrease of cost of brine being rained. Mathematical modelling of the process of more effective eroding the entry gave the following results:

– the optimum water consumption to erode an entry is 45-55 m an hour (the criteria of calculating the optimum were the costs of electric power spent on pumping of dissolving agent);

– the optimum temperature of dissolving agent is 180-220 °C (the criteria of optimum calculating were the costs of electric power spent on pumping of dissolving agent and on heating water up to that temperature).

Соль-Илецкое месторождение каменной соли находится в Соль-Илецком районе Оренбургской области Российской Федерации.

Месторождение приурочено к Илецкому соляному куполу, являющемуся структурным элементом Иртек-Илекской флексуры (складки горных пород). Верхняя, разведанная часть купола до глубины 600-700 м сложена соляным штоком, который имеет размер 2,0 × 1,02 км на уровне его контакта с четвертичными отложениями и 2,1 × 0,9 км на глубине 700 м. По геофизическим данным, на глубине 1600 м размер купола равен 6 × 4 км. Мощность солей в структуре превышает 2,6 км.

Отработка запасов нижних горизонтов данного месторождения предусматривается растворением через скважины с поверхности. Специфика добычи каменной соли данным методом состоит в том, что требуются значительные капиталовложения в строительство сооружений рассолопромысла. Сложен и быстрый вывод рассолопромысла на заданную производственную мощность, что вызвано помимо значительных затрат времени на бурение и оборудование скважин необходимостью размыва подготовительной выработки. Интенсификация размыва подготовительной выработки даст эффект в виде уменьшения срока окупаемости капиталовложений, что, в свою очередь, скажется на себестоимости добываемого рассола.

Научные исследования и проектные работы в области подземного растворения каменной соли обеспечивают строительство и эксплуатацию рассолопромыслов на высоком техническом уровне. Однако дальнейшее расширение рассолодобычи и вовлечение в эксплуатацию месторождений с более сложными условиями залегания вызывают необходимость дальнейшего совершенствования технологии растворения каменной соли.

Одним из путей увеличения добычи рассолов за счет растворения каменной соли является интенсификация процесса растворения солей. Интенсификация процесса растворения каменной соли возможна путем повышения растворяющей способности растворителя (воды) и искусственного разрыва (гидроразрыва или торпедирования) соляного пласта с целью образования в нем трещины, применение производительных схем растворения и выбора оптимальных технологических параметров растворения, обеспечивающих получение кондиционных рассолов уже в начальный период размыва камер. Последнее имеет большое значение, так как образование первоначальной подготовительной выработки в камере требует значительного времени (400-500 суток), обуславливает получение большого количества слабонасыщенных рассолов и длительное освоение скважин растворения. Ускорение растворяющей способности растворителя может быть достигнуто повышением его температуры. Скорость растворения при температуре 100 °С на 18-20 % выше, чем при обычной температуре (10-20 °С).

Ускорение растворяющей способности растворителя может быть также получено за счет его омагничивания, позволяющего повысить скорость растворения на 25-27 %.

Эффективность гидроразрыва соляного пласта в основном зависит от надежности определения местоположения и направления трещин. Как правило, гидроразрыв осуществляется в месте, где соль имеет горизонтальную микротрещиноватость, минимальную прочность и подстилается сцементированными водонепроницаемыми породами. В этом случае требуется меньшее давление разрыва, исключается возможность утечки нагнетаемого растворителя за контуры соляной залежи и обеспечивается необходимая надежность процесса растворения. Надежное определение местоположения трещины разрыва вызывается необходимостью установки

водоподающей колонны труб непосредственно в месте расположения трещины для дальнейшей подачи в нее воды. Для установления глубины расположения трещины может применяться нерастворитель с радиоактивным изотопом, закачиваемый после производства гидроразрыва в полученную трещину. Затем осуществляется гамма-каротаж, по которому определяется глубина с повышенной активностью, свидетельствующей о наличии трещины на этом участке. При применении гидроразрыва соляного пласта учитывается возможность образования трещин не только в почве, но и в направлении кровли пласта. Эффективность применения способа гидроразрыва во многом зависит от геологического строения и структурных особенностей пласта, характера его трещиноватости и глубины залегания. Осуществление гидроразрыва на большой глубине (1000-1500 м) затрудняется из-за значительности горного давления.

Несмотря на положительные свойства гидроразрыва соляного пласта, этот способ интенсификации размыва камер имеет и существенные недостатки, заключающиеся в следующем:

1) неуправляемость процесса образования направленных трещин и отсутствие надежных способов определения местоположения трещин;

2) ненадежность ввиду возможного образования трещин не только в соляной залежи, но и в подстилающих ее породах, что может вызвать утечки воды и рассола при размыве камер растворения;

3) применение этого способа для ограниченного количества месторождений;

4) ввиду незначительных размеров получаемых трещин и обнаженной поверхности соли, заключенной в ней, подготовительный период размыва с получением слабонасыщенных рассолов не устраняется.

Эти недостатки в значительной мере ограничивают возможности применения способа гидроразрыва в практике рассолодобычи.

Производство разрыва пласта может также осуществляться взрывным способом, т.е. торпедированием пласта соли.

Интенсификация размыва камер растворения также может быть осуществлена за счет подбора оптимальных технологических параметров (высота ступени растворения, расход воды, диаметр камеры), обеспечивающих получение кондиционных рассолов с начала растворения и устранение подготовительного периода размыва камер при применении последовательно-параллельного и последовательного размыва нескольких камер растворения.

Применительно к горно-геологическим условиям Илецкого месторождения каменной соли необходимо рассматривать интенсификацию размыва подготовительной выработки путем увеличения расхода растворителя, что повлечет увеличение расхода электроэнергии на нагнетание воды в камеры подземного растворения и увеличение температуры растворителя, что, в свою очередь, повысит расход электроэнергии на подогрев значительных объемов воды.

С помощью математического моделирования процесса интенсификации растворения подготовительной выработки были получены следующие результаты:

– оптимальный расход воды для растворения камеры подготовительной выработки лежит в интервале от 45 до 55 $м^3/ч$ (критерием оптимизации служили затраты электроэнергии на нагнетание растворителя);

– оптимальная температура растворителя лежит в пределах от 180 до 220 °С (критерием оптимизации служили затраты электроэнергии на нагнетание растворителя и на подогрев воды до заданной температуры).

Для обоснования экономической эффективности подогрева воды до 220 °С необходимо оптимизировать затраты на энергию и выгоду от более быстрого вывода рассолопромысла на заданную производственную мощность.

Научный руководитель профессор, д.т.н. *Ю.Д.Дядькин*