

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДОБЫЧИ КАМЕННОЙ СОЛИ СКВАЖИННЫМ МЕТОДОМ**

Благодаря развитию промышленности в 70-х годах и спросу на химическое сырье началась эксплуатация месторождения соли недалеко от Кракова скважинным методом. Проведение горных работ в очень сложной по геологическому строению области при изменении системы эксплуатации привело впоследствии к образованию системы соединенных камер, нарушению гидрогеологических условий в скважине, явлениям оседания поверхности земли и иного рода деформациям. Представлена характеристика эксплуатации месторождения соли, объемы добычи, а также ее последствия.

Development of the industry in 70 years was caused with demand for chemical raw material. Consequence of it was the beginning of operation of a deposit of salt near to Krakow a drilling method. Carrying out of mountain works in very complex on a geological structure of area of development, and also at change of system of operation has led subsequently to formation of system of the connected chambers, infringement of hydro-geological conditions in a chink, to the phenomena of subsidence of a surface of the ground and other sort to deformations. In this article it is said about the characteristic of operation of a deposit of salt, volumes of extraction, and also a consequence – the phenomena on a surface of territory and inside a deposit.

Экологические последствия добычи каменной соли представлены на примере соляной шахты «Лежковице», расположенной в пределах шахтного поля Быхня, открытого в 1978 г. Шахтное поле занимает поверхность свыше 213 га и находится около двух сел на юго-востоке от г. Кракова. На севере поле ограничено дорогой международного значения, а с восточной стороны – руслом реки.

В результате неточного проекта эксплуатации скважин на очень сложном месторождении, неточного бурения эксплуатационных скважин, отсутствие соответствующего метода прогнозирования количества камер, недооценки геологического строения верхней части поля месторождения Лежковице произошли следующие негативные явления:

- уменьшение толщины междукамерных ярусов, а в большинстве случаев возникновение обширных соединенных между собой камер вследствие неточного прогнозирования размеров камер на основе данных эксплуатации до применения эхолота и добычи соляного раствора любой ценой;

- нарушение кровельных полок безопасности, из-за местного выщелачивания первого пласта соли и использования на последней стадии эксплуатации слишком высокого давления воды (160-200 кПа), что привело к растрескиванию пласта и особенно кровельных полок камер (на поверхности 22 га образовалось свыше 150 соединений четвертичных вод с областью месторождения); использование с 1984 г. барьера защитных колодцев для избежания засоления вод реки, а также туннельной системы эксплуатации привело к интенсификации карстовых явлений в разгерметизированной скважине;

- произошло проникновение соляного раствора в подземные воды и реку в результате разгерметизации скважины, возникновения гидравлических соединений между эксплуатационными камерами, а также между областью месторождения и водоносными четвертичными отложениями;

- камеры оказались соединенными в результате выщелачивания междукамерных ярусов;

- водоносные пласти в эксплуатационных скважинах оказались неэффективно изолированными.

Все это стало возможным из-за отсутствия проверенных на практике методов контроля герметичности скважин в процессе эксплуатации.

Добыча соляного раствора в шахте «Лежковице» проводилась вначале методом с избыточным давлением, а в последующее время также туннельным методом. В период с 1968 по 1985 гг. добыто в общей сложности 3482 780 млн т каменной соли. Проведенная с 1983 по 1992 г. добыча (совместно с туннельным методом) составляет 1523 963 млн т соли. В целом за период эксплуатации до конца 1992 г. добыто около  $5006,7 \cdot 10^3$  млн т соли, извлеченной из 16438,5 тыс.м<sup>3</sup> соляного раствора.

В результате эксплуатации под давлением (от 1,4 до 2,0 МПа) возникли камеры с объемом от 5 до 80 тыс.м<sup>3</sup> и выше на глубине ниже 200 м. Возникла разгерметизация скважины, а ярусы и защитные перекрытия были разрушены выщелачиванием. Затем, в результате соединения отдельных камер, возникли огромные камеры. Вследствие неконтролируемого выщелачивания и высокого давления в соляной свите внутри образовалась каверна, которая контактировала с расположенными выше пластами, содержащими гипс, а также с четвертичным ярусом.

Большое значение в образовании и увеличении неконтролируемых и непредвиденных пустот в кровельной полке имеет легкое намокание пустых пород. Многие пространственные камеры возникли также в полке перекрытия, например камера 127-134. Между всеми пустотами существовали гидравлические соединения.

В гидрогеологическом устье образовался бассейн соляного раствора, охватывающий отдельные камеры, соединенные камеры, каверны и разрушенные выщелачиванием трещины. Этот бассейн имел гидравлический контакт с четвертичным ярусом через трещины в надвижной единице. В сечении имеются пустоты, подтвержденные в профилях исследовательских скважин. В пределах эвaporитов движение соляного

раствора происходило в основном в северном направлении. Об этом свидетельствует развитие пустот в пределах надвижной единицы в районе к северу от комплекса 127-134.

Далее произошло быстрое выщелачивание гипсов в глинисто-гипсовой шапке, а также в соляном комплексе – в пластах пустых пород, содержащих гипс и ангидрит.

Одновременно с 1976 г. в результате эксплуатации под давлением наблюдается постоянный и систематический рост засоления вод четвертичного яруса и реки. С целью снижения этой угрозы и предотвращения проникновения соляного раствора на поверхность земли в 1983 г. построен иведен в строй барьер из отводных колодцев, расположенный в северной стороне поля.

С начала 1986 г. произошла смена системы эксплуатации. Соляной раствор откачивался глубинными насосами. Слабый соляной раствор закачивался в скважину под давлением 0,4 МПа, а в других скважинах, благодаря гидравлическим соединениям (проникая по щелям между существующими камерами, раствор достигал насыщения), происходил отбор насыщенного раствора. Эта система эксплуатации привела к образованию камер большого объема.

Затем начался рост объема возникшего бассейна соляного раствора. Этот процесс был частично изменен путем одновременной закладки пустот. Уровень соляного раствора удерживался ниже кровли миоцена, что явилось причиной депрессии к месторождению пресных сточных грунтовых вод через существующую систему трещин и привело к дополнительному выщелачиванию полки перекрытия. Это стало причиной перехода к туннельной системе эксплуатации, которая в известной мере привела к выщелачиванию ярусов в их верхней части, что было выявлено, например в районе эксплуатационных камер 127-134. Наиболее мелко залегающие области выщелачивания возникли в результате большой депрессии в скважинах (доходящей до 100 м и выше), через которые откачивался соляной раствор. Это приводило к быстрому доступу воды через трещины из четвертичных ярусов, чем доступ соляного раствора, закачанного в

отдаленные скважины, а соответственно и к снижению засоления грунтовых вод в северной части шахтного поля и уменьшению угрозы для реки.

Во время эксплуатации без повышенного давления имело место оседание грунта, что повлияло на ограничение проходимости возникших у скважин от выщелачивания проходов. Кроме того, области впадин и оседания грунта следует признать как области, в которых наступило наибольшее выщелачивание и развитие способности проникновения вод различных водоносных ярусов.

В результате проведенных горных работ на территории шахты «Лежковице» происходят как постепенное оседание, так и деформации в виде поверхностных впадин. Возникновение впадин наблюдается с начала 80-х годов по сегодняшний день. Принимая во внимание генезис их возникновения, можно говорить о трех видах впадин. Первые из них – это впадины, вызванные возникновением относительно широких столбов около пробуренных скважин; вторые – обвалы камер с очень большим открытием кровли и, наконец, третьи – это впадины, возникшие в результате выщелачивания мелко залегающих первых пластов соли.

Возникновение поверхностных впадин было вызвано значительным выщелачиванием кровельных полок, что дополнитель но приводило к разлому защитной полки над месторождением. Непосредственной причиной впадин является полное выщелачивание верхней соляной свиты, залегающей на глубине примерно от 120 м в южной части шахты до 30 м в северном поясе на выходе пласта. Глинистые кровли при размокании столбили, достигая критической толщины перекрытия. Под тяжестью такого перекрытия наступало разрушение третичных связанных пород, а затем и четвертичных пластов. В 1984-1991 годах образовались две большие впадины в районе скважин 99-108 (1984 г.) и 114-120 (1986 г.), а также 5 меньших впадин в районе скважин 4, 21, 29, 7, 20 общим объемом 330 тыс.м<sup>3</sup>.

Первая впадина в поле скважин образовалась в августе 1984 г. в районе скважины 108 в результате обвала кровли камеры, расположенной на глубине от 36 до 57 м. Впадина камеры вблизи скважины 108 достигла соседних скважин 99, 107, 113. Первоначально впадина имела форму эллипса с осями 28 × 23 м, а также почти вертикальные боковые стены. Глубина впадины составляла 28 м. Через неделю размеры впадины на поверхности увеличились до 55 × 45 м, а еще через неделю впадина на поверхности уже имела размеры 74 × 58 м.

Начальная ликвидация последствий этих деформаций заключалась в заполнении их породой и различным сыпучим материалом с поверхности земли. В этой области постоянно наблюдается опускание поверхности, и поэтому периодически через несколько лет производилась досыпка породы. Данные измерений, представленные шахтой, свидетельствуют о том, что воронка впадины, первоначально небольшая, с течением времени увеличивалась в несколько раз. Примером может быть приведенный случай. В результате обвала камеры с кровлей на глубине 36 м начальный объем впадины оценивался в 14 тыс.м<sup>3</sup>, а по получении окончательных размеров объем ее возрос и составил 54,5 тыс.м<sup>3</sup>. Полная ликвидация впадины наступила после засыпки ее выработкой объемом 90,6 тыс.м<sup>3</sup>. Такие пропорции вызваны размоканием смешанной с соляным раствором засыпанной выработки, которая плотно заполняет неопавшую часть пласта.

В результате разрушения неглубоко залегающей кровли составной камеры также возникла впадина в районе скважины 119. Эта впадина образовалась в январе 1986 г., достигла скважин 114 и 120 и привела к разрушению обсадных труб в скважинах 125 и 125а. Конечные размеры воронки впадины следующие: на поверхности эллипс с осями 75 × 55 м и глубиной 21 м. Для ликвидации впадины потребовалось 88033 м<sup>3</sup> горной породы.

В августе 1986 г. в результате обвала около скважин 70-71 образовалась впадина объемом 1360 м<sup>3</sup>.

Зарегистрированы также впадины за пределами защитного целика шахтного поля. В 1985 г. образовалась впадина небольших размеров ( $190 \text{ м}^3$ ), расположенная в северной части выхода (головы) пласта в северо-западной части шахтного поля. Раньше в этом районе наблюдались выплыты соляного раствора.

Возникшие в пределах шахты впадины, принимая во внимание их генезис, можно разделить на три группы: камеры после эксплуатации с большой открытой кровлей; глубоко залегающие камеры с выщелоченными вокруг скважин столбами; мелко залегающие под поверхностью земли карстовые пустоты. Размеры и формы впадин определялись зондированием.