**Проблемы деформирования геологической среды в зоне подземных хранилищ газа (ПХГ) в каменной соли и их контроль**

д.г-м.н. Синяков В.Н., Литвинов С.А.

ПХГ являются важным и необходимым элементом газотранспортной системы, так как они позволяют сгладить негативные последствия неравномерного газопотребления. Если подача газа по магистральным газопроводам производится с практически постоянной скоростью, то потребление газа, а следовательно и его дефицит, резко возрастает в холодное время года. Нередки также кратковременные периоды дефицита газа в том или ином газопотребляющем районе вследствие резких заморозков, аварий на газопроводе и других причин. Именно для покрытия таких, кратковременных периодов дефицита газа в газотранспортной системе предназначены так называемые пиковые ПХГ, которые создаются обычно в виде группы подземных резервуаров в каменной соли. ПХГ в каменной соли, хотя и уступают примерно на порядок газохранилищам, создаваемым в водоносных горизонтах или истощенных газовых месторождениях, по объему хранимого газа, зато превосходят последние также примерно на порядок по скорости возможного отбора газа. В России в настоящее время ПХГ в каменной соли отсутствуют. Единственное в СССР такое ПХГ было построено более 20 лет назад под Ереваном и успешно зарекомендовало себя как гарант надежного газоснабжения города. В то же время в мировой практике газовой промышленности успешно функционируют многие сотни газовых резервуаров в солях.

ОАО "Газпром" приняло Концепцию развития пиковых ПХГ в солях на период 1997 - 2015 г.г., которая предполагает строительство 10 пиковых ПХГ с общим геометрическим объемом 40 950 тыс. м3 на глубинах от 300 до 1500 м. Первым из них является строящееся Волгоградское ПХГ с общим геометрическим объемом подземных резервуаров 4 350 тыс. м3.

При создании (путем растворения каменной соли) подземных выработок - емкостей происходит изменение напряженного состояния массива горных пород, что вызывает уменьшение объема выработанного пространства. Так как каменная соль обладает реологическими свойствами, уменьшение объема резервуаров (конвергенция) под действием горного давления будет происходить и во время эксплуатации, особенно в периоды отбора газа из хранилища при значительном уменьшении давления газа в резервуарах. Конвергенция подземных резервуаров в свою очередь служит причиной оседания и других деформаций земной поверхности. При этом на поверхности формируется так называемая мульда оседания. Центральная, максимально пониженная часть мульды находится под центральной частью ПХГ и имеет субгоризонтальную поверхность. Максимальные уклоны поверхности формируются на периферии мульды. Необходимо отметить, что общий облик мульды (макродеформации земной поверхности) определяется деформациями кровли подземного комплекса хранилища в целом, а деформации кровли отдельных резервуаров формируют микродеформации земной поверхности, которые согласно расчетам [1, 2, 3] составляют не более 10 % от величины макродеформаций. Оседание земной поверхности может негативно влиять на состояние зданий и сооружений, находящихся в зоне деформаций. Поэтому большое значение имеют методология контроля и прогнозирования этих процессов, а также меры инженерной защиты. Отечественная практика строительства и эксплуатации ПХГ не располагает на сегодняшний день достаточным объемом наблюдений, инструментальных замеров, опытом прогнозирования деформаций земной поверхности и, тем более, апробированными отраслевыми нормативными документами по защите наземного комплекса ПХГ от подработки. Из научно-исследовательских работ по данной проблематике наибольший интерес представляют исследования Е.М. Шафаренко, В.А. Казаряна, В.Г. Хлопцова, В.И. Смирнова, А.Б. Розанова [1, 3, 4, 5 ]. В результате расчетов деформаций земной поверхности на площадке Волгоградского ПХГ выявлено [2, 3], что влияние выработок, расположенных на глубине 1150 - 1220 м в VIII ритмопачке кунгурского яруса нижней перми распространится на 840 м, а в ритмопачках V, VI (глубина 1350 - 1460 м) - на 1018 м. При этом в течение расчетного срока эксплуатации не возникнет обрушений пород или разрывов сплошности, как в окрестности выработок - емкостей, так и в вышележащем массиве горных пород. Максимальная осадка земной поверхности, предполагаемая в центральной части площадки, составит 0,086 м. Скорость оседания поверхности составит в центре площадки 0,0014 м в год, а на периферии около 0,001 м в год, что не окажет серьезного влияния на конструкции и сооружения.

Большое значение для состояния зданий и сооружений ПХГ имеют уклоны земной поверхности, формирующиеся при ее оседании. В соответствии с прогнозом [2, 3], уклоны поверхности на площадке Волгоградского ПХГ составят порядка 10-4, что значительно меньше естественных (10-2).

Так как не возникнут нарушения сплошности породного массива, не произойдет нарушение водоупоров. Таким образом, строительство подземных резервуаров и возникающие в связи с этим деформации не приведут к сколько-нибудь заметному влиянию на геосреду. В [3] установлено, что планировочные и горные меры по сравнению с традиционными строительными мерами являются наиболее эффективными при защите наземного комплекса ПХГ от подработки. Среди горных мер защиты наземного комплекса ПХГ от подработки наиболее эффективным и предпочтительным является увеличение расстояния между технологическими скважинами или размеров междукамерных целиков, так как это не приводит к уменьшению суммарного геометрического объема подземных резервуаров, усложнению технологии их сооружения и эксплуатации. Данное положение в полной мере учтено при проектировании [2] расположения подземных резервуаров и размещении площадки компрессорной станции Волгоградского ПХГ, что позволило значительно сократить объемы капвложений по фундаментам под газоперекачивающие агрегаты, как наиболее уязвимые объекты при осадках, так как массивные фундаменты под компрессорные агрегаты воспринимают деформации земной поверхности в соотношениях, близких к соотношениям модулей деформаций грунтового массива и материала фундаментов. В [6] отмечается, что расчет подземных емкостей с использованием современных математических моделей может не достигать необходимой точности из-за погрешностей задания в модели свойств, строения массива, недоучета тектонических напряжений и т.д. Это утверждение можно отнести и к прогнозам поверхностных деформаций. Поэтому, несмотря на благоприятный прогноз, необходимо в рамках текущего геоэкологического мониторинга ПХГ проводить наблюдения за деформациями массива горных пород. Результаты этих наблюдений будут использованы для контроля оседания поверхности (соответствие прогнозу), уточнения прогноза на следующий период, а также для накопления научно-практических данных в целях формирования и уточнения нормативно-методических рекомендаций. Основным инструментом этих наблюдений является геодинамический полигон.

Учитывая относительно простые геологические условия площадки ПХГ (спокойное залегание слоев - по данным разведочного бурения, отсутствие дизъюнктивных нарушений - установлено в результате площадных сейсмогеофизических исследований), в качестве геодинамического полигона можно рекомендовать два маркшейдерских профиля на главных осях нулевой изолинии оседания. Профили следует выполнять в соответствии с требованиями "Инструкции по маркшейдерским и топографо-геодезическим работам в нефтяной промышленности РД 39-0147139-101-87". На концах каждого профиля за пределами нулевой изолинии оседания должны быть установлены глубинные реперы, а между ними с интервалом 200-300 м устанавливаются грунтовые реперы (марки). Глубинный репер представляет собой обсадную трубу диаметром 219,1 мм, зацементированную внутри и снаружи тампонажным цементом со щебенкой. В устье трубы (на 1,5 м) устанавливается металлический стержень диаметром не менее 25 мм с овальной верхней частью и тоже цементируется. Вокруг каждого репера устраивается курган квадратной формы (длина стороны 2,5 м) с дренажными канавками. Общее количество грунтовых реперов (марок) - 40 шт. До начала строительства подземных резервуаров должен быть проведен фоновый замер отметок реперов нивелированием III класса. Периодическое нивелирование (1 раз в год) на этапе строительства и (2 раза в год при максимальном и минимальном давлениях в подземных резервуарах) при эксплуатации ПХГ даст необходимый материал для контроля и прогнозирования деформаций земной поверхности. При проведении ремонтных работ на подземных резервуарах следует производить [2] их звуколокационную съемку для контроля их формы и объема.

Планово-высотные измерения проводятся на этапе строительства через 12 месяцев после заложения реперов на начальном этапе строительства ПХГ (бурение скважин). Второй этап - через 1 год после начала размыва резервуаров и закачки рассола. Измерения проводят перед началом размыва и после достижения 50% объема и по окончании строительства каждого резервуара. На этапе эксплуатации измерения осуществляются после вывода ПХГ на полный объем и затем первые 2 года после закачки и после отбора. При отсутствии колебаний в пределах погрешностей приборов дальнейшие измерения проводятся 1 раз в 2 года. Через 7 лет проводят второй цикл замеров. В случае отсутствия колебаний следующие назначают через 3-5 лет. Кроме того, целесообразно проводить гравиметричесие и магнитные съемки каждые 5 лет до вывода ПХГ на проектную мощность и затем каждые 10 лет.

Для контроля за напряженно-деформированным состоянием породного массива применяют метод объемной сейсморазведки, для чего на площадке и вне ее располагается сеть сейсмоприемников и пункт приема и обработки информации. Сигналы записываются постоянно, тем самым в комплексе с другими методами контроля будет обеспечено непрерывное наблюдение за недрами.

**Список литературы**

Смирнов В.И., Розанов А.Б., Баклашов И.В., Хлопцов В.Г. Оценка параметров сдвижения земной поверхности над ПХГ в каменной соли// Газовая промышленность, 1998, 11, С. 24-26.

ТЭО Волгоградского ПХГ. 000 "Подземгазпром". М., 1998.

Розанов А.Б. Обоснование мер защиты наземного комплекса подземных хранилищ газа от подработки. Канд. дисс., Москва, 1999, УДК 622.692.24

Шафаренко Е.М. Длительная устойчивость подземных горных выработок в отложениях каменной соли. Диссертация ... докт техн. наук. - Новосибирск, ИГД СО АН СССР, 1985.

Казарян В.А., Шафаренко Е.М. Контроль состояния подземных резервуаров для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации подземных хранилищ. Отчет по НИР (дог. 38/97)/ООО "Подземгазпром". - М., 1998.

Синяков В.Н., Кузнецова С.В., Николаев Ю.П. Геоэкологические проблемы разработки месторождений солей и создания подземных емкостей в соляных массивах. Поволжский экологический вестник, вып. 2., Волгоград, 1995.