



**ДЕПРОИЛ**

ДЕТАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

**85% -  
ФАКТИЧЕСКАЯ  
ВЕРОЯТНОСТЬ  
УСПЕХА (POS)  
25 месторождений  
81 скважина  
166 испытаний**

- ✔ Сверхточные повторные гравиметрические исследования
- ✔ Детальные 4D пространственные модели пластовой системы подземного хранилища газа:
- ✔ 4D модель плотности породы
- ✔ 4D модель пластового давления
- ✔ 4D модель плотности активного и буферного газа на единицу объема породы
- ✔ Динамические резервуары газа
- ✔ Пути движения активного газа



**МОНИТОРИНГ  
ПОДЗЕМНЫХ  
ХРАНИЛИЩ ГАЗА**

**20 ЛЕТ ОПЫТА КАРТИРОВАНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ  
УГЛЕВОДОРОДОВ**

# 4D МОДЕЛЬ ПЛАСТОВОЙ СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА, ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕХНОГЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ОСНОВЕ ПОВТОРНОЙ ВЫСОКОТОЧНОЙ ГРАВИРАЗВЕДКИ

Дашавское подземное хранилище газа (ПХГ), Бильче-Волицкая зона Предкарпатского прогиба, Украина. Гравиметрические исследования, 2012-2013 гг.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

ПХГ создано в 1972 году в шести истощенных залежах Дашавского месторождения. Резервуары ПХГ приурочены к двум продуктивным горизонтам НД-8 и НД-9 нижедашавской подсвиты сарматского яруса неогена. Глубина - 570-590 м. Коллектор - песчаник со средней пористостью 26,1% и газонасыщенностью 90%. Эффективная толщина - 10-60 метров. Площадь газохранилища - 45,8 км<sup>2</sup>. ПХГ эксплуатируется в газовом режиме. Интервал изменения пластового давления - 19,7-58,6 ат. Проектный общий объем газа 5,34 млрд.м<sup>3</sup>, проектный объем активного газа 2,15 млрд.м<sup>3</sup>. На протяжении 27 полных циклов закачки и отбора происходило постепенное падение пластового давления при одинаковом общем количестве газа в ПХГ, что способствовало увеличению количества буферного газа. Сложившаяся ситуация указывает на сложность газогидродинамической системы ПХГ и постоянное задействование дополнительного объема резервуаров к процессу циклического хранения газа. Отсутствие детальных 3D моделей пористости и проницаемости делает бесперспективным использование методов динамического моделирования пластовой системы. Принимая во внимание зависимость между плотностью газа и пластовым давлением, был избран гравитационный метод. Для установления мест накопления буферного газа проведены мониторинговые гравиметрические исследования.

## МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛИ

На протяжении двух лет были выполнены 4 серии сверхточных мониторинговых гравиметрических исследований со средней погрешностью наблюдений 4,3 мкГал. По две серии при максимальном заполнении и истощении ПХГ (Рисунок 1). Двукратные гравиметрические измерения произведены на 530 пунктах (Рисунок 2). С целью построения карты изменения гравитационного поля при закачивании газа все гравиметрические исследования были разделены на три класса (Рисунок 3): I класс - гравитационное поле меняется прямо пропорционально к изменениям пластового давления (красные участки на Рисунок 4); II класс - гравитационное поле меняется обратно пропорционально (синие участки на Рисунок 4); III класс - гравитационное поле не меняется в процессе закачки и отбора газа (коричневые участки на Рисунок 4). На следующем этапе создана 3D модель Дашавского ПХГ, объясняющая процессы, происходящие в газохранилище. Структурная модель построена с использованием результатов 3D и 2D сейсмических данных. Результаты ГИС и измерений пластового давления в скважинах использованы в качестве априорной информации для создания начальной 3D модели плотности Дашавского ПХГ на период его истощения 2012 г. 3D модель плотности состояла из 29,8 млн ячеек, размером 50 x 50 метров в плане и 1 метр по глубине. Пространственные размеры модели 8 x 12 км. Интервал глубин, охватывающий модель, от 0 до 790 м. Отклонение между гравитационными полями для конечной 3D модели плотности, полученной в результате общей инверсии гравиметрических и скважинных данных на период заполнения ПХГ составило 3,6 мкГал (Рисунок 5). На основании использования зависимости между изменением пластового давления в скважинах и изменением плотности породы 3D модель изменения плотности резервуаров пересчитана в 3D модель изменения пластового давления. На основании полученной 4D модели пластового давления рассчитана 4D модель распределения объема буферного и активного газа. Относительная погрешность прогноза пластового давления в 4D модели на период истощения составила 3,7%, на период заполнения - 3,5%. Относительная погрешность определения объема активного газа составила 1,0%.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты повторных гравиметрических исследований подтвердили наличие гравитационных аномалий, связанных с работой ПХГ на уровне 12-24 мкГал. Созданные 4D модели плотности, давления и объема газа позволили закартировать положение динамических резервуаров, в которых происходит накопление буферного газа, рассчитать объем газа, который хранится в этих резервуарах, закартировать пути миграции активного газа от эксплуатационных скважин к динамическим резервуарам (Рисунок 6). Для прекращения накопления буферного газа рекомендовано блокировать пути миграции газа к динамическим резервуарам.

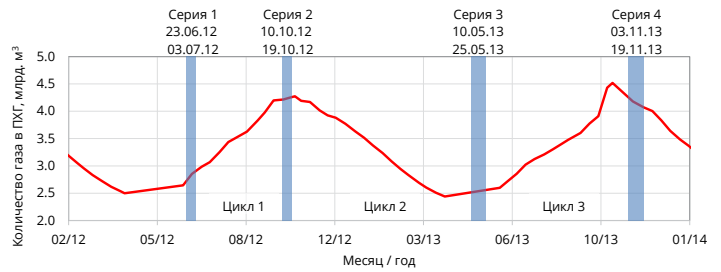


Рисунок 1. Динамика изменения количества газа в Дашавском ПХГ и периоды проведения повторных гравиметрических наблюдений

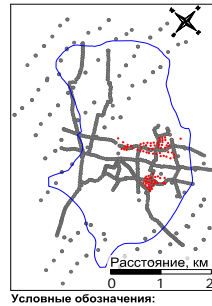
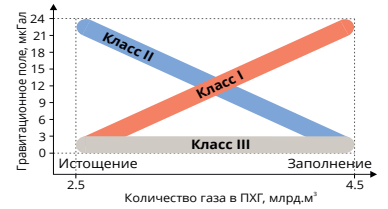


Рисунок 2. Схема размещения пунктов повторных гравиметрических наблюдений



Цикл	Операция	Год	Соотношение пунктов разных классов		
			I	II	III
1	Закачка	2012	32.3%	37.7%	30.0%
2	Отбор	2012-2013	52.8%	22.3%	24.9%
3	Закачка	2013	55.2%	20.9%	23.9%
Количество гравиметрических пунктов I и II класса			60.2%	39.8%	

Рисунок 3. Классификация гравиметрических пунктов на основании зависимости между изменением количества газа в ПХГ и гравитационным полем

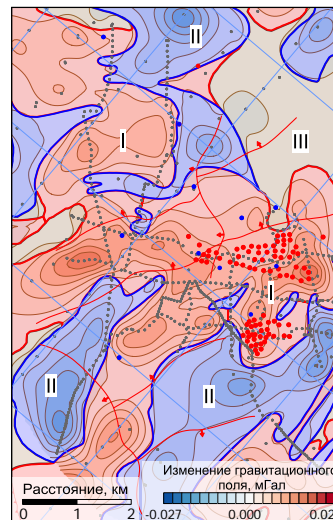


Рисунок 4. Аномальное гравитационное поле, связанное с закачкой газа в ПХГ

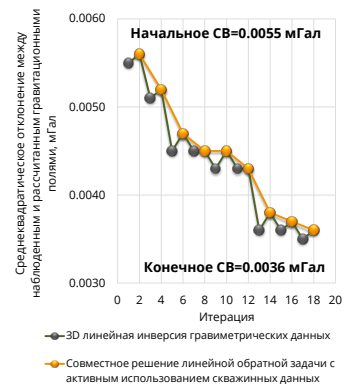


Рисунок 5. Итеративное улучшение 3D модели плотности

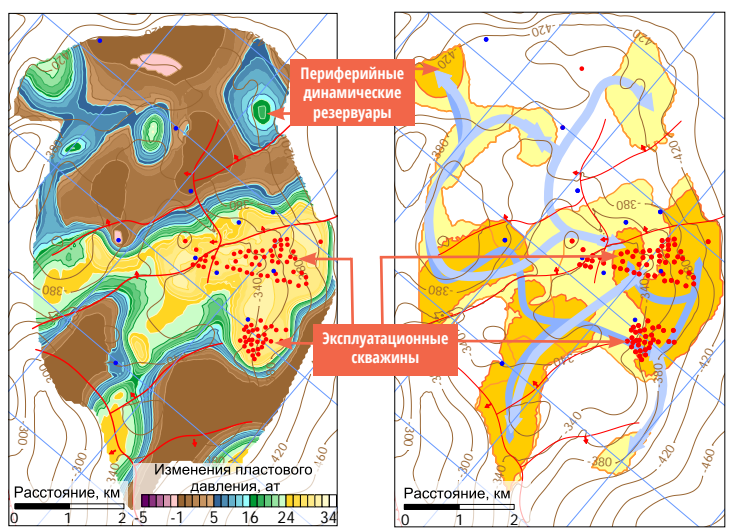


Рисунок 6. Изменение пластового давления (слева) и положения динамических резервуаров и путей миграции газа в пределах горизонта НД-8 (справа)