Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т.105

УДК 622.143:628.1

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ В ПРИСКВАЖИННЫХ ЗОНАХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПРИ ИХ БУРЕНИИ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

В.А.БЕРЕЖНОЙ, В.В.АНТОНОВ, Ю.М.ПАРИЙСКИЙ

В процессе бурения и оборудования гидрогеологических скважин естественное состояние и свойства горных пород в прискважинной зоне в той или иной степени меняются. Подобное нарушение природных условий может вызвать существенные изменения фильтрационных свойств горных пород. Этот процесс является одним из наиболее распространенных геологических осложнений в практике освоения месторождений подземных вод. Среди причин снижения проницаемости выделим основные:

1) кольматация горных пород, обусловленная проникновением в коллектор глинистого раствора и тонкодисперсного бурового шлама;

2) уплотнение (или разуплотнение) пород под влиянием динамических нагрузок при бурении и установке обсадных и фильтровых труб;

3) обрушение вышележащих слабопроницаемых пород;

4) изменение напряженного состояния массива горных пород (увеличение эффективного напряжения, выдавливание глинистого материала и пластичного цемента из трещин и прослоев в проводящие каналы, смыкание трещин).

Для большинства сооружаемых гидрогеологических скважин, имеющих, как правило, относительно небольшую глубину, интенсивность изменения проницаемости определяется кольматацией и уплотнением (разуплотнением) горных пород опробуемого водоносного горизонта, которые зависят от способа и режимов бурения гидрогеологических скважин. Поэтому представляет интерес сопоставление результатов исследований при различных способах и режимах бурения скважин с точки зрения их влияния на качество получаемой при опробовании гидрогеологической информации.

Пористый коллектор, представленный переслаиванием песчано-глинистых пород, опробован нами в районе г.Благовещенска Амурской области [1]. Скважины, имевшие глубину до 100 м, бурились роторным способом с промывкой глинистым раствором. Чисто трещинный коллектор, представленный гранитами рапакиви, исследовался нами на полигоне ЛГИ в г.Выборге [3] (табл.1). Трещиновато-пористый коллектор, представленный интенсивно трещиноватыми и закарстованными известняками, изучался в бассейне р.Онеги в Архангельской области [2], карбонатный комплекс разбуривался безнасосным способом или роторным с промывкой глинистым раствором.

Таблица 1

Изменение фильтрационных свойств горных пород в прискважинных зонах

Тип коллектора	Способ бурения	Охлаждение забоя и вынос шлама			Радиус заиления по наблюдательным скважинам, м	Приведенный коэффициент фильтрации
		Агент	Плотность, кг/м³	Вязкость, с		
Трещиноватые граниты зоны выветривания	Пневмоударный	Воздух от ДК-9	-	-	-	4-6
	Колонковый	Техническая вода	1000		Более 25	0,5-0,8
		Глинистый раствор	1080	35	Менее 6	Менее 0,15
Закарстованные карбонаты	Колонковый	Вода	-	-	Не определялся	0,4-0,8
	Роторный	Глинистый раствор	1100	50	Более 60	Менее 0,2
Песчано-глинистые породы	Роторный	То же	1050	-	Менее 1	0,2-0,4

Изменение фильтрационных свойств горных пород в прифильтровой зоне пробуренных скважин оценивалось по величине приведенного коэффициента фильтрации, равного отношению коэффициента фильтрации, вычисленного по данным опробования одиночных скважин, к коэффициенту фильтрации, определяемому по наиболее информативному эксперименту - кустовым откачкам, для которого влияние прискважинных зон опытных скважин полностью исключено [I]. Приведенный коэффициент фильтрации показывает, во сколько раз уменьшается (или увеличивается) коэффициент фильтрации прискважинной зоны в зависимости от технологии проходки скважин.

Результаты опробования показали, что во всех типах коллекторов колонковое и роторное бурение приводит к значительному заилению прискважинных зон опытных скважин, в связи с чем коэффициент фильтрации уменьшился в 2-7 раз.

Уменьшение проницаемости прифильтровых зон скважин создает дополнительное фильтрационное сопротивление (табл.2), которое в песчано-глинистых породах приводит к скачку уровней воды внутри скважины и за ее стенкой: в трещиноватых и трещинно-пористых породах радиус зон кольматации увеличивается так, что ближайшие наблюдательные скважины оказываются в зоне снижения проницаемости, и поэтому расчетные значения фильтрационных параметров могут быть искаженными. Дополнительное фильтрационное сопротивление и относительный скачок уровней соответственно

$$\Phi_{доп} = \Delta S/Q\ ; \quad \Delta S_{отн} = \Delta S/S,$$

где ΔS - скачок уровней (скин-эффект), обусловленный кольматацией прифильтровых зон скважин; Q - расход опытных возмущений; S - общее понижение в опытной скважине.

Таблица 2

Характеристика степени кольматации прифильтровых зон скважин песчано-глинистых коллекторов

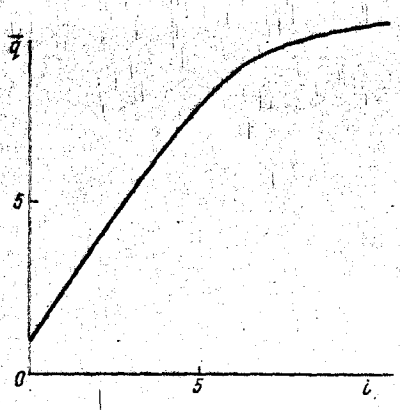
Номер скважины	ΔS, м	$\Delta S_{отн}$	$\Phi_{доп}$, сутки/м^2	Номер скважины	ΔS, м	$\Delta S_{отн}$	$\Phi_{доп}$, сутки/м^2
8	9,1 / 11,0	0,46 / 0,44	0,019 / 0,018	20	9,2 / 15,6	0,61 / 0,65	0,037 / 0,041
15	10,8 / 15,6	0,72 / 0,75	0,128 / 0,142	21	13,3 / 17,6	0,66 / 0,71	0,063 / 0,061
16	7,4 / 10,6	0,62 / 0,66	0,074 / 0,088	22	7,2 / 30,3	0,60 / 0,78	0,038 / 0,090
17	14,0 / 21,8	0,72 / 0,76	0,106 / 0,095	25	7,9 / 10,3	0,61 / 0,61	0,061 / 0,064

Примечание. В числителе и знаменателе соответственно - опыты 1 и 2.

Данные табл.2 подтверждают весьма существенное влияние кольматации прискважинных зон на гидродинамические характеристики фильтрационных потоков. Например, среднее значение $\Delta S_{отн}$, равное 0,65, свидетельствует о том, что более половины величины понижения в скважинах связано с сопротивлением их прифильтровых зон.

Пневмоударное бурение с продувкой воздухом приводит к дроблению пород в околоскважинном пространстве, а проникновение в искусственные трещины частиц шлама предотвращает возможность их последующего смыкания, что в конечном итоге приводит к увеличению проницаемости коллекторов в прискважинных зонах.

Для снижения отрицательного воздействия кольматации околоскважинного пространства применяют различные способы разглинизации пробуренных скважин [5-7]. Выполненные нами эксперименты по разглинизации скважин на описанных выше участках подтвердили низкую эффективность гидравлических методов разглинизации. Если за критерий окончания разглинизации принималось получение "чистой" воды, в дальнейшем во многих случаях наблюдался рост удельных дебитов скважин при проведении опытных откачек на разных ступенях понижений динамического уровня подземных вод или снижение величины понижения при постоянном дебите откачек. Поэтому на одной из скважин Онежского участка разглинизация карбонатных пород проводилась по несколько измененной методике: с поочередным проведением свабирования и прокачек эрлифтом с частыми остановками и последующими включениями компрессора (создание гидравлических ударов). В опыте глубина установки насосно-компрессорных



Увеличение приведенного удельного дебита скважины q при ее разглинизации

$q = q_i / q_0$, где q_i и q_0 – фактический удельный дебит соответственно i-й и 1-й ступеней разглинизации

труб оставалась постоянной, а расход воздуха менялся. Продолжительность разглинизации по описанной методике, конечно, растет, однако ее качество значительно улучшается. Увеличение удельного дебита скважины в II раз свидетельствует о существенном снижении кольматации околоскважинного пространства (см. рисунок).

Однако аналогичная методика, реализованная на скважине, вскрывающей трещинный коллектор гранитов рапакиви и пробуренной с промывкой глинистым раствором оказалась неэффективной: статический уровень в данной скважине по-прежнему остался на 6 м ниже, чем в соседних, удаленных не более чем на 10 м от нее, а режим колебания уровня под действием климатических факторов характеризовался значительным запаздыванием. Поэтому на опытных скважинах Выборгского полигона была произведена оценка эффективности применения механических методов создания техногенной трещиноватости энергией камуфлетных взрывов, гидроразрывов и гидромикроторпедирования [3, 4]. Как показал эксперимент, эти методы весьма эффективны для снижения фильтрационных сопротивлений в прискважинных зонах и позволяют увеличить проницаемость коллектора (фиктивный диаметр скважин) в 10-10000 раз. Но контрастность фильтрационных свойств искусственных и естественных трещинных зон приводит к резкому перераспределению фильтрационных потоков в плане и разрезе, а конфигурация искусственных зон проницаемости и геометрия отдельных блоков при взрывании в значительной степени зависит от структурных особенностей естественной микротрещиноватости.

Выводы

1. Изменение проницаемости коллекторов в прискважинных зонах при бурении скважин в различных геологических условиях отмечается во всех случаях.

2. Интенсивность изменения проницаемости зависит от способа и режима бурения гидрогеологических скважин. Максимальное снижение естественной проницаемости отмечается при колонковом и роторном бурении с промывкой глинистыми растворами. При пневмоударном бурении естественная проницаемость в прискважинной зоне увеличивается.

3. Метод разглинизации опытных скважин следует выбирать с учетом типа опробуемого коллектора.

4. Во многих случаях выбор способа и режима бурения является более важным, чем выбор методов разглинизации и восстановления скважин, так как последние не могут полностью ликвидировать отрицательных последствий воз-

действия процесса бурения на свойства околоскважинного пространства гидрогеологических скважин.

5. Эффективность механических методов воздействия на строение трещиноватых и трещинно-пористых коллекторов, широко применяемых в практике нефтяной и газовой промышленности и горно-добывающей отрасли, целесообразно апробировать на реальных объектах разведки подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В.В., Мироненко В.А. Сравнительный анализ расчетных гидрогеологических параметров, определяемых одиночными и кустовыми откачками. - Разведка и охрана недр, 1975, № 3.

2. Бережной В.А. Учет особенностей геологического строения при изучении режима карстовых вод Онего-Двинского междуречья и схематизации гидрогеологических условий. - Труды ПГО „Севзапгеология". „Вопросы гидрогеологии северо-запада РСФСР", 1985.

3. Бережной В.А., Александрова В.А. Стадии натурного моделирования нестационарного теплообмена в подземных коллекторах. - Физические процессы горного производства. Физические процессы при разработке геотермальных месторождений. Сб. научн. трудов. Л., изд. ЛГИ, 1983.

4. Бережной В.А., Александрова В.А., Шебеста А.А. Эксперимент по гидроразрыву скальных горных пород. - Физические процессы горного производства. Управление горным давлением. Сб. научн. трудов. Л., изд. ЛГИ, 1984.

5. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. М., Недра, 1976.

6. Кулибаба Ф.М. Зависимость результатов опытных откачек от качества предварительной прокачки скважин. - Разведка и охрана недр, 1960, № 3.

7. Справочник гидрогеолога / Под ред. В.М.Максимова. Л., Недра, 1978.