

М.М. Бураков

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТНЫХ ОТКАЧЕК
С ПЕРЕМЕННЫМ ДЕБИТОМ**

Алматы, 2017

УДК 556.33.04

ББК 26.35

Б 91

Б 91 **Бураков М.М.** Теоретические и методические проблемы интерпретации результатов опытных откачек с переменным дебитом. Алматы: Apple-print, 2017. – 132 с.

ISBN 978-601-7922-25-2

Приведены и исследованы точные и приближенные решения задач о возмущении водоносных горизонтов откачками с дебитом, изменяющимся по линейному, параболическому и степенному законам, а также при возмущении их с постоянным понижением уровня в возмущающей скважине. Рассмотрены авторские методы определения фильтрационных и емкостных параметров водоносных горизонтов по результатам прослеживания приведенных понижений уровня подземных вод в возмущающих и наблюдательных скважинах опытных кустов при проведении откачек с переменным дебитом. Эти методы доведены до уровня методических рекомендаций. Изложена авторская модель восстановления уровня после откачки с переменным дебитом. Показано, что восстановление уровня после откачки с дебитом, изменяющимся по любому закону, выраженному гладкой функцией, происходит точно так же, как и после остановки откачки с постоянным дебитом, равным расходу откачки на момент ее остановки.

Для специалистов, интересующихся проблемами гидродинамики и использующих в своей работе математические методы, гидрогеологов, занятых разведкой подземных вод и оценкой их эксплуатационных запасов.

Ил. 21, табл. 9, список лит. 50 назв.

Печатается на основании решения НТС ТОО Научно-Производственная и Проектная Фирма "КазГИДЭК"

УДК 556.33.04

ББК 26.35

Рецензент: *О.В. Подольный*, д-р геол.-минер. наук (ТОО НППФ "КазГИДЭК")

ISBN 978-601-7922-25-2

© М.М. Бураков, 2017

ВВЕДЕНИЕ

До настоящего времени мало исследованной остается проблема выявления и интерпретации закономерностей снижения и восстановления уровня подземных вод (ПВ) в водоносном горизонте на протяжении откачки с переменным дебитом и после остановки такой откачки, а также в процессе и после возмущения водоносного горизонта с постоянным понижением уровня в возмущающей скважине¹. А между тем такого рода возмущения не являются таким уж редким событием, чтобы можно было их игнорировать.

Так, схема возмущения с постоянным понижением уровня ПВ в возмущающей скважине характерна для опытных выпусков из самоизливающих скважин и откачек с использованием поверхностных центробежных насосов, имеющих ограниченную высоту всасывания. Реально на практике дебиты действующих водозаборов являются переменными во времени, при этом скачкообразное изменение дебита, которым обычно его аппроксимируют, скорее исключение, чем правило. В подавляющем большинстве случаев рудничный водоотлив следует рассматривать как переменный.

Ясно, что при планировании и проведении опытно-фильтрационного опробования (ОФО) того или иного водоносного горизонта предпочтение всегда следует отдавать тем схемам фильтрации ПВ, которые обеспечивают наиболее эффективное определение фильтрационных и емкостных параметров водовмещающих отложений. Такая эффективность определения параметров достигается, в частности, выбором наиболее простой схемы возмущения водоносного го-

¹ Откачку с постоянным понижением уровня в возмущающей скважине можно рассматривать как возмущение с переменным дебитом, уменьшающимся таким образом, что в возмущающей скважине уровень ПВ на всем протяжении возмущения остается постоянным.

ризонта, определяемой наиболее простыми краевыми (начальными и граничными) условиями фильтрации ПВ, по возможности, остающимися постоянными на всем протяжении возмущения. Именно этими соображениями обосновывается преимущественное ОФО различных водоносных систем пробными, опытными и опытно-эксплуатационными одиночными, кустовыми и групповыми откачками (или выпусками) с постоянным дебитом.

Нелишне заметить, что схема возмущения водоносного горизонта с постоянным дебитом обеспечивает простую интерпретацию процессу восстановления уровня ПВ в возмущающей и наблюдательных скважинах опытных кустов после остановки откачки. Тем самым обеспечивается еще один метод обработки результатов ОФО с целью определения параметров опробуемых водоносных горизонтов, которому многие исследователи отдают предпочтение.

Следствием малого внимания, уделяемого теоретическому изучению фильтрации ПВ в водоносных горизонтах при возмущении их опытными и опытно-эксплуатационными откачками (или выпусками) с переменным дебитом, стало явно недостаточное теоретическое обоснование способов интерпретации индикаторных кривых прослеживания, как снижения, так и восстановления уровня ПВ, в том числе, для определения фильтрационных и емкостных параметров опробуемых горизонтов. Недостаточное теоретическое обоснование таких способов не позволяет, в частности, рекомендовать преимущественное использование опытных данных того или иного этапа возмущения (откачки или восстановления уровня). Соответственно практически не существует базы для оценок достоверности определяемых параметров водовмещающих отложений.

В этой связи возникает насущная потребность теоретического анализа применимости имеющихся методов проведения и интерпретации результатов ОФО водоносных горизонтов с переменным дебитом с целью оценки фильтрационных и емкостных параметров этих горизонтов, установления причин возникающих при интерпретации подобных опытов погрешностей и разночтений. А если такие методы отсутствуют, то возникает необходимость их разработки.

Именно этой проблеме посвящена настоящая работа. В ней изложены авторские методы интерпретации результатов ОФО с переменным дебитом, определяемым гладкой функцией. Представлена принципиально новая интерпретация процесса восстановления уровня ПВ в возмущающей и наблюдательных скважинах опытных кустов после остановки откачки с переменным дебитом. Тем самым теоретически обоснован метод определения фильтрационных и ем-

костных параметров опробуемых водоносных горизонтов по результатам прослеживания восстановления уровня ПВ.

Помимо основного автора в написании подраздела 3.3 настоящей работы принимали участие В.С. Салыбекова и Т.А. Рахимов, ими же обработаны данные опытного выпуска. Раздел 4 написан автором совместно с Л.М. Павличенко.

4. МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОСЛЕ ОТКАЧКИ С ПЕРЕМЕННЫМ ДЕБИТОМ

Как уже отмечалось ранее, практически не исследована модель восстановления уровня ПВ после откачки с переменным дебитом. Такая задача достаточно просто решается для случая прослеживания восстановления уровня ПВ после остановки возмущения водоносного горизонта с постоянным дебитом. Повторим – при этом предполагается, что откачка продолжается и после ее остановки, а повышение уровня обуславливается нагнетанием с дебитом откачки, в результате получается нулевой расход воды, и возле возмущающей скважины уровень ПВ восстанавливается до невозмущенного положения [45].

Так, в работе [34] предпринята попытка аналогичной интерпретации восстановления уровня ПВ после откачки с дебитом, меняющимся по линейному и параболическому законам. В этой работе также полагается, что по истечении промежутка времени t_1 на продолжающуюся откачку накладывается нагнетание с переменным расходом, равным расходу откачки. Например, если возмущение проводилось с дебитом, возрастающим по параболическому закону (как и во втором уравнении в (1.10)) – см. рис. 1.1

$$Q(t) = Q_0 + v_2 t^2, \quad t < t_1, \quad (4.1)$$

где Q_0 – как и прежде, начальный дебит возмущения, а v_2 – постоянная, то в соответствии с этой моделью на откачку, продолжающуюся и по истечении времени t_1 с расходом, меняющимся по тому же закону (4.1), накладывается нагнетание с дебитом $Q(t + t_1)$, также увеличивающимся согласно (4.1). Совершенно аналогично интерпретируется и восстановление уровня ПВ после остановки откачки с дебитом, изменяющимся по линейному закону. Такую аналогию можно распространить и на случаи откачек с дебитом, возрастающим (или снижающимся) по любому закону, выраженному гладкой функцией.

Однако, как нами показано в работах [15, 21, 22] (см. также ниже), такая интерпретация восстановления уровня ПВ содержит принципиальные ошибки и не отвечает реальному процессу. Очевидна поэтому необходимость разработки

4. МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОСЛЕ ОТКАЧКИ С ПЕРЕМЕННЫМ ДЕБИТОМ	86
4.1. Модель восстановления уровня после откачки с постоянным дебитом	87
4.2. Модель восстановления уровня после откачки с переменным дебитом	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	106
ПРИЛОЖЕНИЯ	110

Михаил Максимович Бураков

Теоретические и методические проблемы интерпретации результатов опытных откачек с переменным дебитом

Подписано в печать 30.01.2017
Формат 60×84/8. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 8,5.
Тираж 400 экз. Заказ 55.

Типография Apple-print
050026. г. Алматы, ул Богенбай батыра, 221