

Латвийские геологические  
ФОНДЫ

Инв. **4300**

*Сельской м.г.*

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ  
ЛАТВИ ССР  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ  
*Автор Э.А. Зрикевич*

# ОТЧЕТ

по теме

„ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА  
И ДЛИНЫ ВОДОПРИЁМНОЙ  
ЧАСТИ СКВАЖИНЫ НА ЕЁ ДЕБИТ  
В УСЛОВИЯХ НАПОРНЫХ ВОД”

1964 г.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

Геологоразведочная экспедиция

Лиелайская гидрогеологическая партия

Автор: Э.А.Грикевич



ТВЕРЖДАЮ "

Председатель Государственного производственного геологического комитета ЛССР ( Я. Мисано )

" 30 " декабря 1964 года

О Т Ч Е Т

по теме " Изучение влияния диаметра и длины водопримемной части скважины на ее дебит в условиях напорных вод "

Главный инженер Государственного производственного геологического комитета

( Э. Яльшиев )

Начальник Производственно-геологического отдела

( П. Михайловский )

Начальник Г/разведочной экспедиции

( И. Строгонов )

Гл. геолог Г/разведочной экспедиции

( В. Ляровский )

Ст. гидрогеолог экспедиции

( Э. Линдина )

Начальник Лиелайской г/г партии

( О. Хартин )

гор. Рига

1964 год

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр. 2

Введение.....	4
I. Обзор <sup>работ</sup> проведенных исследований.....	6
II. Задачи и методика экспериментальных работ.....	12
III. Краткая характеристика участка.....	16
IV. Результаты опытных откачек и их анализ..	19
V. Оценка применимости имеющихся решений... 24	
VI. Предлагаемая методика расчета некоторых гидрогеологических параметров по данным откачки из скважины различной конструкции и глубины.....	31
Вводная часть.....	31
I. Общие положения.....	32
2. Определение величины понижения уровня воды у наружной стенки скважины.....	35
3. Определение потерь напора в фильтре..	36
4. Определение потерь напора в колоннах обсадных труб.....	45
5. Сравнительная оценка потерь при движении воды на входе и внутри скважины <sup>напора</sup> .....	48
6. Примеры расчета параметров пласта и скважины.....	52
УП. Некоторые выводы.....	57
Заключение.....	60

Графические приложения

1. Схема расположения опытного участка.
2. Геологический разрез по линии А-Б
3. Геологический разрез по линии В-Г
- 4-7. Кривые зависимости  $Q = f(s, \bar{m})$
- 8-11. Кривые зависимости  $q = f(\bar{m})$
12. График зависимости  $Q = f(d)$  при  $R = 900$  м
13. Кривые зависимости дебита от величины относительного погружения фильтра в водоносный пласт  $Q = f(\gamma, \bar{m})$
15. Кривая зависимости  $q = f(\bar{m})$  по скважинам г. Лиеная.

14. Помограма для определения фильтрационного сопротивления по формуле И. Маскета.
16. Зависимость коэффициента потерь  $\eta_i = \frac{\Delta h \varphi}{Q^2 / A^2 g}$  от параметров фильтра.
17. Зависимость коэффициента потерь  $\eta_i = \frac{\Delta h \varphi}{V^2 / 2g}$  от параметров фильтра.
18. Технический разрез и конструкция скважин, пробуренных на территории гор. Лиеная
- 19-33. Геолого-технические разрезы скважин, пробуренных на опытном участке п. Саулкрасты.

Всего графических приложений - 26 листов.

## В В Е Д Е Н И Е

При картировочном, разведочно-эксплуатационном, инженерно-геологическом и др. видах бурения гидрогеологические исследования занимают одну из существенных сторон производства работ.

Основная задача гидрогеологических исследований заключается в определении водообильности и водопроницаемости водоносных пластов на разведываемой территории, в выявлении особенностей условий питания и свойств заключенных в этих пластах подземных вод.

Следует отметить, что получаемый результат зависит от технических условий производства опытных работ, то-есть, от величины дебита при откачке и конструкции скважины. Как показывает практика, разница в водообильности и в величинах гидрогеологических параметров, определенных при разведочном и разведочно-эксплуатационном бурении, весьма существенна. Эта разница тем больше, чем больше отличие в конструкции опробованных скважин.

Результаты, полученные рядом авторов при исследованиях, и практические рекомендации весьма различны, поэтому зависимость между диаметром, длиной фильтра и дебитом скважины, особенно для скважин, работающих в напорных условиях, нуждается в проверке в полевых условиях.

На основании решения Технического Совета Управления геологии и охраны недр Латвийской ССР Лиенайская гидрогеологическая партия одновременно с изысканиями по водоснабжению гор. Лиеная приступила к экспериментальным работам в районе пос. Саулкрасты.

Полевые работы на выбранном участке проводились с I.УІ.63г. по I.УІ.1964 г. в составе: начальника г/г партии Ю.Хаятина, ст. гидрогеолога Э.Грикевич, ст. техника И.Саксона, ст. бурового мастера Э.Калнозолса, бригад буровых мастеров О.Бергера и Н.Габлика.

Камеральная обработка материала и расчеты выполнены И.Саксоном и Э.Грикевич. Продолжительность камерального периода и составление отчета с I.УІ. по 3I.УІІ.1964г.

Общее руководство полевыми и камеральными работами осуществлялось Э.Грикевич. Буровые работы проводились под руководством Ю.Хаятина, опытные откачки под руководством И.Саксона. Отчет составил Э.Грикевич.

## 1. ОБЗОР <sup>ранее</sup> ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К настоящему времени имеется целый ряд работ, посвященных исследованию вопроса о влиянии диаметра и длины водоприемной части скважины на ее дебит. Причем, большинство работ <sup>рассматривает</sup> [ ] аналитические методы расчета.

Так, для одиночной совершенной скважины Дюпюи получили следующие формулы притока воды :

для условий напорных вод

$$Q = \frac{2\sqrt{\pi} k m s_0}{C_n \frac{R}{\gamma} \gamma_0} \dots (1.1)$$

для условий безнапорных вод

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{C_n \frac{R}{\gamma} \gamma} \dots (1.2)$$

Согласно формулам Дюпюи, дебит совершенной скважины пропорционален логарифму диаметра, то-есть увеличение диаметра незначительно влияет на производительность скважины.

Ч.Слихтер [1] гидравлическим путем решил задачу о притоке воды к скважине с водоприемной частью, прилегающей к водоупорному слою в водоносном пласте неограниченной мощности.

В результате Ч.Слихтером получена следующая формула :

$$Q = \frac{2\pi k \ell s}{C_n \frac{R}{\gamma} \gamma_0} + 2\pi k \gamma_0 s_0 \dots (1.3)$$

По Слихтеру дебит несовершенной скважины прямопропорционален длине фильтра, так как радиус скважины весьма мал и второе слагаемое в формуле (1.3) мало по сравнению с первым.

И.М. Победоносцев [20], пользуясь формулой Вихарда и исследованиями Когени, дал следующую формулу для притока воды к скважине в условиях безнапорных вод :

$$Q = \frac{Hd\sqrt{k}}{8.25 \left(\frac{0.42M}{s}\right)^{1.4}} \quad (14)$$

По формуле И.М. Победоносцева дебит скважины прямо пропорционален диаметру скважины.

Согласно Г.Н. Каменскому [11] влияние диаметра скважины на ее дебит гораздо больше, чем это следует из формулы Дюпюи. По его мнению действительные соотношения между дебитом и диаметром скважины находятся между значениями, получающимися из формулы Дюпюи и из пропорциональной зависимости дебита скважины от ее диаметра.

Зависимость дебита скважины от ее диаметра изучалась в лабораторных и частично полевых условиях А.П. Коротеевым [15,16] Для напорных условий им дано только аналитическое решение.

По данным А.П. Коротеева для напорных условий увеличение диаметра в 10 раз повышает дебит скважины от 1.1 до 2.2 раза. А.П. Коротеев считает, что дебит скважины по мере увеличения диаметра больше возрастает в м/з песках и при больших понижениях, чем в крупнозернистых грунтах и при малых понижениях. Причем, при увеличении малых диаметров буровых скважин дебит возрастает больше, чем при увеличении больших диаметров.

В.Н. Щелкачев [32] показал, что зависимость дебита от диаметра скважины более значительна в несовершенных скважинах по сравнению с совершенными. По В.Н. Щелкачеву прямая пропорциональность дебита скважины ее диаметру сохраняется лишь при незначительной степени вскрытия водоносного пласта.

Пользуясь гидромеханическими методами, М. Маскет [18] иссле-

довал явление притока воды к несовершенной скважине с фильтром, примыкающим к верхнему водоупорному слою водоносного пласта. Полученная формула имеет вид :

$$Q = \frac{2\pi km s_0}{\frac{1}{2\bar{m}} [2\ln \frac{4m}{r_0} - \psi(\bar{m})] + \ln \frac{R}{4m}} \quad (1.5)$$

где  $\bar{m} = \frac{e}{m}$  — отношение длины фильтра к мощности водоносного пласта;

$$\psi(\bar{m}) = \ln \frac{\Gamma(0.875\bar{m}) \times \Gamma(0.125\bar{m})}{\Gamma(1-0.875\bar{m}) \Gamma(1-0.125\bar{m})}$$

$\Gamma$  — обозначение функции Гамма [28]

Согласно формуле М. Маскета по мере увеличения степени погружения фильтра  $\bar{m}$  увеличивается дебит скважины, причем, с приближением конца фильтра к подошве водоносного пласта прирост дебита затухает.

Н.К. Гиринский [9] рассмотрел вопрос о притоке воды к несовершенной скважине с фильтром, примыкающим к водоупорному слою в водоносном пласте неограниченной мощности. В результате применения метода линейных стоков была получена следующая формула для расчета дебита :

$$Q = \frac{2\pi k l s_0}{\ln \frac{1.6l}{r_0}} \quad (1.6)$$

где  $l$  — длина фильтра

По формуле Н.К. Гиринского дебит несовершенной скважины практически пропорционален длине фильтра.

И.Ф. Володько [4] провел опыты для ненапорных вод и дал аналитический расчет для случая напорных вод.

В результате проведенной работы И.Ф. Володько пришел к выводу, что диаметр фильтра и его длина имеют решающее значение в повышении дебита скважины.

И.М. Глоговским [3] методом непосредственного решения уравнения Лапласа получена следующая формула для расчета дебита несовершенной скважины :

$$Q = \frac{2\pi k m S_0}{\ln \frac{R}{r_0}} \left[ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \bar{C}_n U\left(\sqrt{n} \frac{z_0}{m}\right) (-1)^n \right] \dots (17)$$

где  $\bar{C}_n$  - коэффициент, зависящий от степени вскрытия  $\bar{m} = \frac{L}{m}$

$$U\left(\sqrt{n} \frac{z_0}{m}\right) = J_0\left(\sqrt{n} \frac{R}{m}\right) K_0\left(\sqrt{n} \frac{z_0}{m}\right) - J_0\left(\sqrt{n} \frac{z_0}{m}\right) K_0\left(\sqrt{n} \frac{R}{m}\right),$$

а  $J_0$  и  $K_0$  - функция Бесселя соответственно первого и второго нулевого порядка от мнимого аргумента

Согласно формуле И.М. Глоговского в пласте относительно большой мощности ( $z_0 \ll m$ ) коэффициент совершенства скважины ( $\beta = \frac{Q_{\text{несов}}}{Q_{\text{сов}}}$ ) стремится к значению степени вскрытия  $\bar{m}$  [17]

И.М. Буачидзе и В.М. Насберг [3] подтвердили вывод А.П. Коротеева о неточности распространенной диаграммы Е. Принца и показали расхождение диаграммы с формулой Дюпюи при малых диаметрах. Рассматривая же вопрос о влиянии диаметра грунтового совершенного колодца на его дебит, И.М. Буачидзе и В.М. Насберг пришли к выводу, что это влияние может быть выражено формулой Дюпюи с достаточной для практических расчетов точностью.

С.К. Абрамов и В.Д. Бабушкин [1] в целях оценки пригодности для практического использования ранее предложенных и новых решений по притоку воды к скважине, провели экспериментальные исследования методом ЭГДА.

Исследования для одиночных скважин, работающих в напорных условиях, выявили следующее:

1. По сравнению с другими факторами, основное влияние на изменение дебита скважины оказывает степень погружения фильтра в водоносный пласт.

2. Рост дебита за счет длины фильтра  $\ell$  затухает с погружением его в водоносный пласт мощности  $m$ ; затухание роста дебита по мере погружения является наиболее значительным с  $\frac{\ell}{m} > 0.7-0.9$

3. Зависимости дебита от диаметра при одной и той же мощности слоя являются логарифмическими и однотипными для любой степени погружения скважины в пласт.

Значительный интерес представляют экспериментальные исследования для условий безнапорных вод, впервые проведенные в полевых условиях Г.Н. Ассовским и А.А. Комаровой [2]

На опытном участке было пробурено 32 скважины, из них 8 опытных, 16 наблюдательных и 8 затрубных. Опытные скважины имели следующие диаметры фильтров: 95 мм — 2 скв., 133 мм — 2 скв., 174 мм — 2 скв., 227 мм — 1 скв., 281 мм — 1 скв. Глубины скважин около 10 м. Рабочие части опытных скважин (сетчатый фильтр) оборудовались на всю мощность водоносного горизонта и имели длину около 5,5 м. Скважность опорного каркаса составляла 15 %, скважность сетки около 31 %.

Полученные результаты показали, что в конкретных условиях опыта (мелкозернистые пески, гидродинамически совершенные скважины, безнапорные воды) дебит увеличивается приблизительно пропорционально половине относительного увеличения диаметра скважины, т.е. Г.Н. Ассовским и А.А. Комаровой в полевых условиях установлена более значительная зависимость дебита от диаметра скважины, чем это следует из формулы Дюпюи.

И.А. Чарным [3] при исследовании вопроса расчета фильтрационного сопротивления получена следующая формула, определяющая приток воды в несовершенную скважину, расположенную в однородно-анизотропном пласте:

$$Q = \frac{2\pi m k S}{\ln \frac{R_0}{r_c} + (\frac{\pi}{\psi} - 1) \ln \frac{R_0}{r_c}} \dots (I.8)$$

где  $\psi = \pi \bar{m}$

Согласно формуле И.А. Чарного дебит несовершенной скважины прямопропорционален степени вскрытия  $\bar{m}$ .

Путем совместного решения уравнения А.А. Краснопольского и уравнения захватной способности фильтра И.В. Володько [5] рассчитал графики зависимости дебита совершенной скважины от понижения при разных диаметрах фильтров для разных коэффициентов фильтрации.

Исходные уравнения, по которым строились графики, имеют вид :

$$Q_{кр} = 2\pi r m k i_{кр} \dots (I.9a)$$

$$Q_3 = 2\pi a m k i_{кр} \dots (I.9b)$$

$$S_{акр} = 2.3 a l q \frac{R}{a} i_{кр} \dots (I.9c)$$

$$S_{скв} = S_{акр} + \frac{a}{r} i_{кр} (\alpha - \gamma) \dots (I.9d)$$

где  $Q_3$  и  $Q_{кр}$  — соответственно эксплуатационный и критические дебиты скважины,

$a$  — радиус зоны турбулентного режима,

$r$  — радиус фильтра,

$i_{кр}$  — критический градиент,

$S_{акр}$  — критическое понижение на границе сферы распространения турбулентного режима.

По мнению И.В. Володько, построенные графики позволяют прогнозировать величины возможных дебитов и понижений в скважинах, а также подбирать наиболее оптимальные размеры фильтра и тип водоподъемника.

Как показывает обзор имеющихся работ, все исследования, за исключением опыта Г.Н. Ассовского и А.А. Комаровой, проводились аналитическим путем или были выполнены в лабораторных условиях. Таким образом, исследование вопроса о влиянии конструктивных элементов скважины на ее дебит в полевых условиях имеет большое практическое значение.

#### II. ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ОПЫТНЫХ РАБОТ

Опытные работы выполнялись в целях проверки предложенных решений по притоку воды к скважинам с различной конструкцией и выявления решений, наиболее пригодных для практического использования в местных условиях.

Исследования проводились на скважинах, пробуренных в песчаниках ивентойско-тартуского водоносного комплекса, воды которого являются основным источником водоснабжения на значительной части территории Латв.ССР.

На основании бурения разведочных скважин был выбран участок сравнительно однородный по проницаемости, с приемлемой мощностью песчаников, перекрытых сверху и снизу водоупорными слоями, выдержанными в пределах возможного "радиуса влияния" откачки. Для выявления литолого-фациальных изменений "опытного" пласта в пределах участка разбуривались разведочные скважины по двум лучам (рис. I).

Бурение разведочных скважин проводилось самоходным агрегатом СБУ-150-ЗИВ колонковым способом с полным отбором керна в большинстве скважин.

Скважины проходились в "Всухую". При бурении отбирались пробы пород на определение их физико-механических свойств. Водоприемная часть разведочных скважин оборудовалась дырчатым фильтром. После установки фильтров производилась прокачка в течение 4-8 часов, а в некоторых скважинах и свабирование.

Бурение опытных скважин диаметром 73 и 127 мм осуществлялось агрегатом СБУ-150-ЗИВ. Скважины диаметром 219 и 325 мм проходились агрегатом УКС-22. Фильтровые колонны застраивались впотай. Фильтры опытных скважин представляли собой дырчатую трубу с диаметром отверстий 15 мм, расстоянием между отверстиями от 33,6 до 34,5 мм и скважностью от 14,8 до 15,8 %. После установки фильтров и перед началом опытных откачек производилась прокачка для очистки скважины от шлама и создания ~~натурального~~ естественного фильтра вокруг скважины. Прокачки велись с переменной производительностью, нарастающей к концу прокачки. Продолжительность прокачки достигала 5 <sup>ч.</sup> и/см.ч.

Откачки в опытных скважинах производились поочередно двумя ступенями понижений, причем, на первом этапе откачек скважина испытывалась на три понижения для установления характера кривой  $Q = f(s)$ . По опробованию одной из опытных скважин откачка в соседней начиналась лишь после восстановления уровня воды до его статического значения. Скважины опробовались в интервалах вскрытия  $m \approx 0.1, 0.3; 0.5; 0.7; 0.9$ . Опробование шло с низу вверх. Для сохранения естественной структуры породы установление необходимого интервала вскрытия достигалось цементацией нижнего конца фильтра посредством налива цементного раствора через 50 мм штанги до расчетной отметки. В качестве водоподъемников использовались насос С-245

с двигателем Т-62 и компрессор ЗИФ-55 с двигателем ЗИЛ-120.

Дебит скважин измерялся расходными баками емкостью 0,66, 0,50 и 0,10 м<sup>3</sup>. Откачиваемая вода отводилась в имеющиеся на участке дренажные канавы. Дебит замерялся учащенно в первый час <sup>откачки</sup>, затем ежегодно в дневное время и каждые два часа ночью.

Уровень в опытных скважинах замерялся электроуровнемером, в наблюдательных (разведочных) скважинах — юлушкой. Частота замера уровня в опытных скважинах аналогична частоте замеров дебита. В наблюдательных скважинах частота замера уровня была различная в зависимости от местоположения скважины, но в общем не менее 5 раз в сутки; наблюдения за уровнем велись только в дневное время.

Результаты откачки обрабатывались согласно общепринятой методике. Для уточнения полученных выводов данные экспериментальных исследований были дополнены фактическим материалом по опробованию глубоких скважин в Лиенайском районе.

Согласно проекту Лиенайская гидрогеологическая партия на опытном участке произвела:

- 1) бурение 1 разведочной и 10 наблюдательных скважин;
- 2) бурение 4 опытных скважин конечным диаметром 73, 127, 219 и 325 мм;
- 3) опытные откачки центробежным насосом и эрлифтной установкой всего — 205 маш/смен.

Основные виды работ, их объемы и фактическая стоимость приведены в таблице II.1.

Таблица I.1.

Наименование работ	Единица измерения	Объем выполн. работ	Полная стоимость в руб.
I. Проектно-сметные работы (с пересоставлением сметной документации в связи с изменением норм и расценок).	%	100	1107
II. Бурение скважин			
1. Разведочные и наблюдательные скважины.	п.м.	286,6	1263
2. Опытные скважины	"	113,8	753
3. Изготовление фильтров диаметром 325, 219, 168, 127 и 73 мм	"	142,3	1687
4. Трубы, оставленные в скважинах.	"	374,0	1220
III. Гидрогеологические исследования			
1. Откачки центробежным насосом	м/с	137,2	3227
2. Откачки эрлифтной установкой	"	67,6	2463
3. Замеры уровня воды в наблюдательных скважинах.	замер	890	392
IV. Топогеодезические работы (техническое нивелирование и привязка скважин).	км/скв.	$\frac{10}{15}$	57
V. Лабораторные работы (определение грансостава и коэффициента фильтрации пород).	опред.	$\frac{33}{14}$	118
VI. Камеральные работы и оформление отчета.	цел/м.	5	983
Итого: стоимость основных работ на опытном участке			13270 руб.

Полная сметная стоимость опытных работ на участке составляла 38,8 тыс.руб. Всего израсходовано 27,6 тыс.руб., из них по забракованному участку 6,6 тыс.руб., по опытному 21,0 тыс.руб.



Мощность " чистых " песчаников на территории участка опытных работ составляет 6-13 м, коэффициенты неоднородности в подавляющем большинстве случаев находятся в пределах 2.0-4.2 ( табл. III.1 ). По данным откачек коэффициенты фильтрации для всей мощности пласта изменяются в местах заложения скважин незначительно ( от 10.0 до 12.3 м<sup>сут</sup> ). Однако в вертикальном разрезе характерно закономерное уменьшение коэффициентов фильтрации песчаников по мере приближения к водоупорной кровле ( табл. III.2 и III.3 ). Глубины залегания уровня воды от поверхности земли + 1.2 - 2.5 м, высота напора 8-16 м.

Ниже песчаников залегают глины, минимальная мощность которых достигает 2 м. Несмотря на сравнительно малую мощность, глины в условиях опыта служат достаточно надежным перекрытием для притока вод из подстилающих водоносных слоев.

Ввиду наличия верхнего и нижнего водоупоров, небольшой мощности пласта и закономерного изменения гранулометрического состава песчаников и коэффициентов фильтрации по вертикали, движение подземных вод к скважине можно принять как движение напорных вод в пласте ограниченной мощности, а испытываемую толщу считать однородно-анизотропной средой со своим коэффициентом фильтрации для каждого интервала вскрытия.

Вблизи участка значительных населенных пунктов не имеется. Расположенные поблизости хутора насчитывают всего несколько семей. Местное водоснабжение осуществляется забором воды из реки Кимупе и колодцев глубиной 4-6 м, застроенных в четвертичных отложениях.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО  
СОСТАВА  
ПЕСЧАНИКОВ**

ТАБЛ. III.1

№ образца	Глубина вскрытия м	K=				№ образца	Глубина вскрытия м	K=			
		$d_{60}$	$d_{10}$	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	$d_{50}$			$d_{60}$	$d_{10}$	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	$d_{50}$
3P	15.4	0.15	-	-	0.13	3H	20.0	0.28	0.10	2.8	0.25
	18.0	0.22	0.11	2.0	0.20		23.3	0.40	0.10	4.0	0.36
	19.0	0.20	0.16	2.0	0.18	4H	14.0	0.18	0.06	3.0	0.17
	21.5	0.35	0.10	3.5	0.30		17.0	0.32	0.10	3.2	0.30
	24.8	0.30	0.12	2.5	0.28		20.0	0.28	0.08	3.5	0.25
1H	17.8	0.24	-	-	0.17	6H	23.0	0.20	0.03	6.6	0.17
	18.5	0.23	0.08	2.7	0.19		14.0	0.16	0.01	24.2	0.14
	20.3	0.29	0.10	2.9	0.26		16.1	0.17	0.03	6.5	0.15
	21.6	0.35	0.10	3.5	0.31		20.0	0.24	0.04	5.4	0.21
2H	23.7	0.33	0.08	4.1	0.29	9H	25.5	0.30	0.10	3.0	0.25
	16.5	0.18	0.07	2.6	0.17		21.0	0.18	0.05	3.6	0.16
	19.1	0.17	0.07	2.4	0.16		23.0	0.21	0.05	4.2	0.17
	21.4	0.18	0.07	2.6	0.16		26.4	0.35	0.10	3.5	0.30
	24.6	0.30	0.11	2.7	0.26		10H	15.5	0.33	0.12	2.8
25.7	0.36	0.11	3.3	0.33	18.0	0.27		0.12	2.3	0.25	
3H	15.0	0.35	0.10	3.5	0.29	21.0		0.22	0.02	11.0	0.21
	16.1	0.23	0.09	2.6	0.20	25.0	0.15	0.05	3.0	0.13	

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАСТА

Табл. III 2

№ скважины	Степень вскрытия $\Gamma = \Pi$	Интервал опробования М	Кэф. водопров. "кп"	Кэф. пьезопроводности "а"	Мощность слоя, м	Кэф. фильтрации "к"
I	0.92	15.0 - 26.4	160	$2.0 \times 10^6 - 4.1 \times 10^6$	13.0	12.3
	0.31	15.0 - 19.0	110	$1.7 \times 10^6 - 3.3 \times 10^6$		8.5
II	0.82	15.1 - 24.7	123	$1.3 \times 10^6 - 3.9 \times 10^6$	11.70	10.5
	0.70	15.1 - 23.3	122	$2.9 \times 10^6 - 3.7 \times 10^6$		10.4
	0.53	15.1 - 21.4	128	$1.9 \times 10^6 - 3.2 \times 10^6$		10.9
	0.37	15.1 - 19.4	98	$9.4 \times 10^5 - 1.0 \times 10^6$		8.4
	0.22	15.1 - 17.7	106	$1.2 \times 10^6 - 2.0 \times 10^6$		9.1
III	0.93	15.8 - 26.4	130	$2.7 \times 10^6 - 2.8 \times 10^6$	11.45	11.3
	0.83	15.8 - 25.3	150	$2.2 \times 10^6 - 9.0 \times 10^6$		13.1
	0.66	15.8 - 23.4	150	$2.3 \times 10^6 - 4.0 \times 10^6$		13.1
	0.45	15.8 - 21.0	73	$6.8 \times 10^5 - 3.0 \times 10^6$		6.4
IV	0.90	14.4 - 26.3	133	$1.2 \times 10^6 - 5.0 \times 10^6$	13.20	10.1
	0.63	14.4 - 22.7	132	$4.1 \times 10^6 - 5.2 \times 10^6$		10.0
	0.40	14.4 - 19.7	100	$1.2 \times 10^6 - 3.4 \times 10^6$		7.6
	0.27	14.4 - 18.0	115	$2.7 \times 10^6 - 4.9 \times 10^6$		8.7

Примечание: коэффициенты водопроницаемости "кп" и пьезопроводности "а" определялись по наблюдательным скважинам, исходя из кривой  $S = Blnt + A$

Составил: *С.М.* (Грикевич)

Копировала: *И. Зуйкина* (Гриетена)

КОЭФФИЦИЕНТЫ ФИЛЬТРАЦИИ, УСТАНОВЛЕННЫЕ  
ЛАБОРАТОРНЫМИ ИСПЫТАНИЯМИ

Таблица III.3

№ скважины	Глубина отбора проб м	Серия отбора	Коэф. фильтрат. м/сутки	№ скважины	Глубина отбора проб м	Серия отбора	Коэф. фильтрат. м/сутки
3р	15.4	1	0.04	3н	20.0	2	1.46
	18.0	1	0.75		23.3	2	2.66
	19.0	1	0.75	4н	14.0	2	0.71
	21.5	1	0.44		17.0	2	1.09
	24.8	1	0.75		20.0	2	0.31
	25.9	1	1.12		23.0	2	0.19
1н	17.8	1	0.41	6н	14.0	2	0.07
	18.5	2	0.15		16.1	2	0.11
	20.3	1	0.57		20.0	2	0.39
	21.5	2	1.12		25.5	2	0.73
	23.7	1	0.19		21.0	2	1.12
2н	16.5	1	0.48	9н	23.0	2	0.45
	19.1	1	0.27		26.4	2	0.75
	21.4	1	0.46	10н	15.5	2	888
	24.6	1	1.12		18.0	2	2.41
	25.7	1	0.75		21.0	2	1.17
3н	15.0	2	0.50		25.0	2	0.53
	16.1	2	1.95				

Примечание: Лабораторные определения производились в Центральной лаборатории ГПГК (г. Рига)

Копию снял: *См* /Грикевич/

## 1.9. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНЫХ ОТКАЧЕК И ИХ АНАЛИЗ

Опытные откачки выполнялись в четырех скважинах диаметром 73, 127, 219 и 325 мм. Мощности пласта в скважинах соответственно равны: 11,45, 11,70, 13,00 и 13,20 м. Величины дебитов при откачке от 0,3 до 7,1 л/сек, понижения от 1,7 до 9,5 м. Кривые зависимости  $Q = f(s)$  и  $q = f(\bar{m})$  приведены на рис. 4-7 и 8-11.

Как следует из рис. 4-7 и 8-11, изменение длины фильтра скважины существенным образом влияет на величину дебита. Прирост дебита особенно интенсивен в интервале вскрытия  $\bar{m} = 0,1 \div 0,4$ , затем меняется пропорционально длине фильтра и затухает, начиная с интервала  $\bar{m} = 0,7 \div 0,8$ . Причем, несмотря на некоторую погрешность графиков (за счет изменения проницаемости в верхней части разреза см. гл. III), можно отметить, что рост дебита по мере вскрытия горизонта гораздо интенсивнее его затухания при приближении фильтра к подошве водоносного пласта.

Прежде чем рассмотреть зависимость дебита от диаметра скважины, приведем основные особенности производства буровых работ.

Как указывалось ранее, бурение скважин производилось двумя различными станками: СБУ-150-ЗМВ и УКС-22. Скважины малого диаметра (II и III) бурились колонковым способом, скважины большого диаметра (I и II) — ударно-канатным способом. Кроме того, при откачке из скв. I наблюдался вынос песка, поэтому величина дебита в скв. I будет несколько больше, чем этого следовало бы ожидать, исходя из диаметра скважины.

Для выявления зависимости дебита от диаметра скважины сравним величины дебитов опытных скважин при одной и той же длине фильтра равной 9.57 м (максимальная длина фильтра в скв. II). С учетом разности в мощностях каждой скважины из рис. 8-II при  $s = 5$  м получим :

скв. III, $d = 0,078$ мм,	$Q_{III} = 4,00$ л/сек
скв. II $d = 0,127$ мм,	$Q_{II} = 4,20$ л/сек или 105% по отношению к скв. III.
скв. I $d = 0,219$ мм,	$Q_{I} = 4,95$ л/сек или 124% по отношению к скв. III.
скв. IV $d = 0,325$ мм,	$Q_{IV} = 4,00$ л/сек или 100% по отношению к скв. III.

Как следует из приведенных данных, изменение величины диаметра незначительно влияет на дебит скважины, более существенным фактором в условиях проведенного опыта оказался способ проходки скважины.

В целях более правильной интерпретации результатов опыта проанализируем уравнение Дюпюи ( I.1 ) и данные экспериментальных исследований С.К. Абрамова [1] .

Рассмотрим вначале формулу Дюпюи применительно к двум скважинам разного диаметра, пробуренным в однородно-изотропной толще. Согласно Дюпюи имеем :

$$Q = \frac{2\pi kms}{\ln \frac{R_1}{r}} \quad \text{и} \quad Q_2 = \frac{2\pi kms}{\ln \frac{R_2}{r_2}}$$

Примем, что радиус первой скважины в  $a$  раз меньше, чем радиус второй скважины, то-есть  $r_1 = \frac{r_2}{a}$  . Поскольку скважина большего диаметра должна давать больше воды, примем также  $R_1 = \frac{R_2}{a}$

Тогда отношение дебита скважины с большим диаметром к дебиту скважины с меньшим диаметром будет равно :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(1 + \frac{\ln \frac{a}{r_2}}{\ln \frac{R_2}{r_2}}\right) \dots$$

$$Q_2 = Q \left(1 + \frac{\ln \frac{a}{r_2}}{\ln \frac{R_2}{r_2}}\right) \dots (IV.1)$$

По формуле ( IV.1 ) составлен график зависимости дебита скважины от диаметра. Согласно графику ( рис.12 ) дебит скважины незначительно зависит от диаметра. Так, например, при увеличении диаметра в 5,5 раза дебит увеличивается всего на 20 %.

Исходя из рис. 12, величины дебита в опытных скважинах были бы равны:  $Q_{III} = 100\%$ ,  $Q_{II} = 106\%$  и  $Q_I = 112\%$ . Таким образом, фактический дебит в скв. II совпадает, а в скв. I несколько увеличен по сравнению с соответствующими значениями, вычисленными по формуле Дюпюи.

Помимо зависимости ( IV.1 ), в результате дополнительной обработки экспериментальных исследований С.К. Абрамова ( рис.13 ) нами была получена следующая обобщающая формула:

$$Q = 4.4^d \times 1.3 m \times \bar{m}^{0.04m + 0.24} \dots (IV.2)$$

- где :
- $Q$  - дебит скважины,  $m^3 A$
  - $d$  - диаметр скважины, см
  - $m$  - мощность слоя, см
  - $e$  - длина фильтра, см
  - $\bar{m} = \frac{e}{m}$  - степень погружения скважины в пласт.

Расхождение между величинами дебита, полученными по формуле ( IV.2 ) и по зависимостям, изображенным на рис.13, довольно незначительно и в подавляющем большинстве случаев не превышает 10-11%. Исключение составляет зависимость

$$Q = f(r, m) \quad \text{при } m = 15 \text{ см и } z_0 = 0.025 \text{ см, которая и}$$

на приведенных графиках отличается от других аналогичных зависимостей, что по-видимому объясняется условиями произ-

водства данного опыта.

Согласно формулы ( IV.2 ) и выводам С.К. Абрамова можно добавить следующее :

1. Увеличение степени погружения фильтра в пласт в два-три раза эффективнее увеличения диаметра скважины при одинаковой кратности их увеличения.

2. Рост дебита за счет длины фильтра затухает с погружением его в водоносный пласт. Для пласта небольшой мощности затухание роста дебита по мере погружения является наиболее значительным при  $\bar{m} = \frac{e}{m} 0.7 \div 0.9$ . Для пласта достаточно большой мощности это затухание теоретически незначительно.

3. Возрастание дебита по мере увеличения диаметра в скважинах несовершенного типа больше, чем в совершенных. Величины возрастания дебита совершенных скважин в пластах малой мощности приближаются к значениям, вычисленным по формуле Дюпюи ( рис. 12 ).

Согласно формуле ( VI.2 ) величины дебита в опытных скважинах были бы равны:  $Q_{II} = 100\%$ ,  $Q_{II} = 103\%$  и

$Q_I = 107\%$ . Как и в предыдущем случае фактический дебит в скв. II совпадает, а в скв. I увеличен по сравнению с значениями, вычисленными по формуле ( VI.2 ).

Учитывая, что в скв. I вследствие выноса песка дебит несколько преувеличен, на основании данных откачек и анализа формул ( VI.1 ) и ( VI.2 ) можно сделать следующий вывод: при малой мощности горизонта и небольших глубинах залегания напорного водоносного горизонта зависимость дебита от диаметра совершенной скважины с достаточной для практики точностью выражается формулой Дюпюи.

Для анализа зависимости дебита от степени погружения фильтра в водоносный пласт сравним результаты откачек по скв. III с экспериментальными данными С.К. Абрамова

Табл. IV. I

$m$	По откачке из скв. III		По опытам С.К. Абрамова	
	$q$ л/сек	$q\%$	$q$ м <sup>3</sup>	$q\%$
1.0	0.91	100	6.95	100.00
0.9	0.86	94.5	6.70	96.5
0.8	0.75	82.5	6.30	90.5
0.7	0.60	66.0	5.90	84.9
0.6	0.40	44.0	5.35	77.0
0.5	0.25	27.4	4.75	68.4
0.4	0.14	15.5	4.15	59.7
0.3	0.06	6.6	3.40	48.9
0.2	0.03	3.3	2.45	35.3
0.1	0.01	1.1	1.45	20.8

Из таблицы I видно, что степень погружения фильтра в пласт оказывает большое влияние на дебит скважины, причем, полевыми работами на опытном участке <sup>по скв. III</sup> установлено более значительное влияние, чем в случае лабораторных испытаний. Последнее объясняется уменьшением проницаемости слоев по мере приближения к кроне пласта (т. II. 2)

На основании анализа результатов опытных работ можно сделать следующие выводы:

I. Характер изменения дебита скважины зависит от природной водопроницаемости породы, длины фильтра, его диаметра, степени и характера нарушения породы, обусловленного проведением буровых и опытных работ. Как показывают опытные откачки, при неглубоком залегании водоносного горизонта особенности производства буровых и опытных работ могут оказать гораздо большее влияние на величину дебита скважин, чем изменения в ее диаметре.

2. Для совершенных скважин при неглубоком залегании напорного водоносного горизонта зависимость дебита от диаметра скважины с достаточной точностью выражается формулой Дюпюи. В несовершенных скважинах зависимость дебита от диаметра более значительна.

3. На величину дебита существенным образом влияет изменение длины фильтра. Прирост дебита особенно интенсивен в интервале вскрытия  $m = 0.1 \div 0.4$ , затем меняется пропорционально длине фильтра и затухает, начиная с интервала вскрытия  $m = 0.7 \div 0.8$ . Причем, рост дебита по мере вскрытия пласта гораздо интенсивнее его затухания при приближении фильтра к подошве водоносного пласта.

4. Увеличение степени погружения фильтра в пласт гораздо эффективнее увеличения диаметра скважины при одинаковой крайности их увеличения.

Как следует из вышеприведенного, опытные полевые работы подтвердили основные закономерности, выявленные С.К. Абрамовым в лабораторных условиях.

У. ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ИМЕЮЩИХСЯ РЕШЕНИЙ

В целях определения количественных закономерностей в изменении дебита скважины при любой глубине залегания водоносного горизонта рассмотрим имеющиеся решения применительно к фактическому материалу, полученному на опытных работах в пос. Саулирасти и в г. Лена. Для этого вначале приведем все анализируемые формулы в виду удобному для

расчетов, а затем произведем по ним вычисления и сравним результаты с опытными данными.

Согласно мнению И.А. Чарного [31] формула М. Маскета (1.5) вполне пригодна для практических расчетов. Пользование ею допустимо при  $\frac{e}{r_0} \geq 5$  и  $R > m$

Изменим несколько вид знаменателя формулы (1.5), для чего раскроем скобки и представим  $\ln R$  в виде  $\ln R = \ln r_0 + \ln \frac{R}{r_0}$

После преобразования получим :

$$\frac{1}{2m} \left[ 2 \ln \frac{4m}{r_0} - \psi(\bar{m}) \right] - \ln \frac{4m}{R} = \left( \frac{1}{\bar{m}} - 1 \right) \ln \frac{4m}{r_0} - \frac{\psi(\bar{m})}{2\bar{m}} + \ln \frac{R}{r_0}$$

Тогда формула (1.5) будет иметь вид :

$$Q = \frac{2\pi k m S_0}{\left[ \left( \frac{1}{\bar{m}} - 1 \right) \ln \frac{4m}{r_0} - \frac{\psi(\bar{m})}{2\bar{m}} \right] + \ln \frac{R}{r_0}} \dots (v.1)$$

Если в формуле (v.1)  $\bar{m}$  принять равным единице ( $e=m$ ), то она приводится к формуле Дюпюи для совершенной скважины. Следовательно, выражение

$$\left( \frac{1}{\bar{m}} - 1 \right) \ln \frac{4m}{r_0} - \frac{\psi(\bar{m})}{2\bar{m}} = \psi_0$$

есть фильтрационное сопротивление, обусловленное несовершенством скважины.

Исходя из формулы (v.1) определим переводной коэффициент, позволяющий находить понижение в несовершенной скважине при различных степенях вскрытия, если известно понижение для полного вскрытия пласта или параметры пласта :

Из формулы (v.1)

$$S_0 = \frac{Q \left( \psi_0 + \ln \frac{R}{r_0} \right)}{2\pi k m} \dots (v.2)$$

При одном и том же дебите скважины понижение в несовершенной скважине относится к понижению в совершенной скважине, как

$$\frac{S_H}{S_c} = \frac{(\psi + \ln \frac{R}{r_0})}{\ln \frac{R}{r_0}}$$

Отсюда

$$S_H = S_c \times \left( \frac{\psi}{\ln \frac{R}{r_0}} + 1 \right) \dots (v.3)$$

или

$$S_H = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{2\pi km} \left( \frac{\psi}{\ln \frac{R}{r_0}} + 1 \right) \dots (v.4)$$

Для практического пользования формулу ( v.4 ) более удобно представить в смешанной системе единиц :

$$S_H = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 km} \left( \frac{\psi}{\ln \frac{R}{r_0}} + 1 \right) \dots (v.5)$$

где Q — дебит, л/сек ;

R и r<sub>0</sub> — соответственно " радиус влияния" и радиус скважины, м ;

km — коэффициент водопроницаемости, м<sup>2</sup>/сутки.

Значение фильтрационного сопротивления ψ в формулах ( v.3 ) и ( v.5 ) определяются по составленной нами номограмме ( рис.14 ).

Аналогичным образом преобразуем формулу И.М.Глогговского ( 1.7 ) и найдем зависимость между понижениями несовершенной и совершенной скважин при одном и том же дебите :

$$S_H = \frac{S_c}{\left[ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \bar{C}_n U(\pi n \frac{r_0}{m}) (-1)^n \right]} \dots (v.6)$$

или

$$S_H = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 km \left[ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \bar{C}_n U(\pi n \frac{r_0}{m}) (-1)^n \right]} \dots (v.7)$$

Так как даже приближенное решение формул (У.5) и (У.7) может быть получено заменой бесконечного числа уравнений системой не менее 10 уравнений, воспользуемся следующим свойством формулы И.М. Глоговского: при  $\frac{z_0}{m} \rightarrow 0$  коэффициент совершенства скважины  $\delta$  стремится к значению степени вскрытия  $\bar{m}$ .

Как известно  $\delta = \frac{Q_H}{Q_c}$ . Используя уравнение (1.7), получим:

$$\delta = \left[ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \bar{C}_n U\left(\pi n \frac{z_0}{m}\right) (-1)^n \right]$$

Следовательно, при относительно большой мощности пласта ( $\frac{z_0}{m} \rightarrow 0$ ) уравнения (У.6) и (У.7) примут вид:

$$S_H = S_c \cdot \frac{1}{\bar{m}} \quad \dots \quad (v.8)$$

$$S_H = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 km} \cdot \frac{1}{\bar{m}} \quad \dots \quad (v.9)$$

где  $Q$  — дебит скважины, л/сек;

$R$  и  $r_0$  — соответственно радиус влияния и радиус скважины, м;

$km$  — коэффициент водопроницаемости, м<sup>2</sup>/сутки;

$\bar{m} = \frac{e}{m}$  — степень вскрытия пласта.

Приведем также формулу И.А. Чарного для притока воды в однородно-анизотропном пласте. По И.А. Чарному [3] при незначительном коэффициенте фильтрации в направлении перпендикулярном пласту:

$$Q = \frac{2\pi km S_0}{\ln \frac{R}{r_0} + \psi_1}$$

$$\text{где } \frac{1}{m} = \frac{1}{\ln \frac{R}{r_0}}$$

- фильтрационное сопротивление, обусловленное несовершенством скважины

или

$$Q = \frac{0.0727 km S_0}{\ln \frac{R}{r_0} + \left(\frac{1}{m} - 1\right) \ln \frac{R}{r_0}} = \frac{0.0727 km S_0}{\ln \frac{R}{r_0}} \cdot m \quad (\text{v.10})$$

Отсюда понижение в несовершенной скважине равно :

$$S_H = S_0 \cdot \frac{1}{m} \quad (\text{v.11})$$

или

$$S_H = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 km} \cdot \frac{1}{m} \quad (\text{v.12})$$

То-есть, в этом случае формулы расчета величин понижений несовершенных скважин идентичны формулам, полученным из уравнения Глогговского ( 1.7 ) для пласта относительно большой мощности.

Произведем расчеты понижений по вышеприведенным формулам, вычислим удельные дебиты при разных степенях вскрытия и сравним с данными откачек на опытном участке в пос. Саулкрасты и в г. Лиеная ( рис. 15 ).

По данным откачек в пос. Саулкрасты при дебите  $Q = 1,36$  л/сек " радиус влияния "  $R \approx 150$  м, коэффициент водопроводимости  $km = 105$  м<sup>2</sup>/сутки.

Согласно формулам ( У.5, У.9, У.12 ) для совершенной скважины диаметром 73 мм имеем :

$$S_0 = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 km} = 1.50 \text{ м}$$

По данным откачек в скважинах г. Лиеная при дебите  $Q = 15,1$  л/сек " радиус влияния "  $R \approx 2000$  м, коэффициент водопроводимости  $km = 540$  м<sup>2</sup>/сутки.

Следовательно, для совершенной скважины диаметром 114 мм имеем :

$$S_0 = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 \times kM} = 4,02 \text{ м}$$

Последующие расчеты сведены в таблицу У.1 и У.2.

Как следует из таблицы У.1 и У.2 ( см. стр. 30 ), расчетные величины удельных дебитов отличаются от соответствующих значений в опробованных скважинах.

На опытном участке в пос. Сауликрасти более близкие результаты дают формулы Глогровского- Чарного. Расхождение между фактическими и вычисленными удельными дебитами становится существенным, начиная с интервала вскрытия  $r_{\bar{n}} = 0,4$ . Отмеченное расхождение ~~можно~~ можно объяснить уменьшением проницаемости песчаников в верхней части разреза.

По глубоким скважинам г. Линая расчетные величины удельных дебитов намного больше фактических. Следовательно, применение формул ( 1.7 ) и ( 1.8 ) без ввода поправочных коэффициентов может привести к значительным ошибкам во всем интервале вскрытия.

Анализ данных таблицы ( У.1 ) позволяет сделать следующие выводы :

1. При небольшой глубине залегания напорного водоносного горизонта приток воды в совершенную скважину с достаточной точностью определяется формулой Дюпюи. При глубоком залегании водоносного горизонта в формулу Дюпюи необходимо вводить поправочные коэффициенты.

2. В несовершенных скважинах, вскрывающих напорный пласт на небольшой глубине, расчет дебита и понижений можно производить по формулам ( 1.7 ) и ( 1.8 ) . В случае глубоких скважин в формулы ( 1.7 ) и ( 1.8 ) должны быть введены поправочные

# Опытный участок в р-не поселка Саулкрасты

табл. V.1

№ скважин.	Глуб. вскрытия м-м	Уд. дебит по кривой, $q$ , л/сек	Расчетные величины удельных дебитов						№ скважин	Глубина вскрытия м-м	Уд. дебит по кривой $q$ , л/сек.	Расчетные величины условных дебитов					
			По формуле (V.3)			По формуле (V.8; V.11)						По формуле (V.3)			По формуле (V.8; V.11)		
			$q$	$\Delta q$	$\Delta q\%$	$q$	$\Delta q$	$\Delta q\%$				$q$	$\Delta q$	$\Delta q\%$	$q$	$\Delta q$	$\Delta q\%$
III	1.0	0.91	0.91	0.0	0.0	0.91	0.0	0.0	I	1.0	1.43	1.43	0.0	0.0	1.43	0.0	0.0
	0.9	0.86	0.86	0.0	0.0	0.82	+0.04	4.7		0.9	1.34	1.35	-0.01	0.7	1.29	+0.05	3.7
	0.8	0.75	0.79	-0.04	5.3	0.73	+0.02	2.7		0.8	1.17	1.25	-0.08	6.8	1.15	+0.02	1.7
	0.7	0.60	0.72	-0.12	20.0	0.64	-0.04	6.7		0.7	0.94	1.13	-0.19	20.2	1.00	-0.06	6.4
	0.6	0.40	0.64	-0.24	60.0	0.55	-0.15	37.5		0.6	0.67	1.00	-0.33	49.2	0.86	-0.19	28.2
	0.5	0.25	0.55	-0.30	120	0.46	-0.21	84.0		0.5	0.47	0.87	-0.40	85.0	0.72	-0.25	53.2
	0.4	0.14	0.46	-0.32	248	0.36	-0.22	157		0.4	0.34	0.73	-0.39	115	0.57	-0.23	67.6
	0.3	0.06	0.37	-0.31	516	0.27	-0.21	350		0.3	0.24	0.58	-0.34	142	0.43	-0.19	79.2
	0.2	0.03	0.26	-0.23	766	0.18	-0.15	500		0.2	0.14	0.42	-0.28	200	0.29	-0.15	107
II	1.0	0.90	0.90	0.0	0.0	0.90	0.0	0.0	IV	1.0	0.98	0.98	0.0	0.0	0.98	0.0	0.0
	0.9	0.86	0.85	+0.01	1.2	0.81	+0.05	58		0.9	0.93	0.92	+0.01	1.8	0.88	+0.05	54
	0.8	0.81	0.78	+0.03	3.7	0.72	+0.09	11.1		0.8	0.85	0.85	0.0	0.0	0.78	+0.07	8.2
	0.7	0.75	0.71	+0.04	5.3	0.63	+0.12	16.0		0.7	0.74	0.77	-0.03	4.6	0.69	+0.05	6.7
	0.6	0.66	0.63	+0.03	1.5	0.54	+0.12	18.2		0.6	0.62	0.69	-0.07	11.3	0.59	+0.03	4.7
	0.5	0.53	0.55	-0.02	3.8	0.65	+0.08	15.1		0.5	0.49	0.60	-0.11	22.5	0.49	0.0	0.0
	0.4	0.40	0.46	-0.06	15.0	0.36	+0.04	10.0		0.4	0.36	0.50	-0.14	38.9	0.39	-0.03	8.3
	0.3	0.26	0.36	-0.10	38.5	0.27	-0.01	3.8		0.3	0.23	0.39	-0.16	69.6	0.29	-0.06	26.1
	0.2	0.14	0.26	-0.12	85.7	0.18	-0.04	28.6		0.2	0.13	0.28	-0.15	116.0	0.20	-0.07	54.0

## Скважины в Липая

табл. V.2

860, 861, 866, 859, 3Г.	1.0	1.68	3.76	-2.08	124	3.76	-2.08	124
	0.9	1.54	3.50	-1.96	127	3.38	-1.84	119
	0.8	1.34	3.22	-1.88	140	3.00	-1.66	124
	0.7	1.12	2.88	-1.76	157	2.63	-1.51	135
	0.6	0.88	2.54	-1.66	189	2.25	-1.37	156
	0.5	0.60	2.19	-1.59	265	1.88	-1.28	214

Составил *И. /Зрикевич/*

Копировала: *Б. /Зрикевич/*

коэффициенты.

У1. ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕКОТОРЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПО ДАННЫМ ОТКАЧКИ ИЗ СКВАЖИН РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ И ГЛУБИНЫ.

Как известно, опытные откачки являются важнейшей частью гидрогеологических исследований. В результате проведения опытных откачек устанавливаются удельный и общий дебит скважины, коэффициенты водопроницаемости и изотропности водоносных горизонтов, размеры, форма и темп роста депрессионных воронок, гидравлическая связь между отдельными горизонтами и химический состав воды. С помощью метода аналогии, полученные данные переносятся на неизученные участки, после чего, например, становится возможным приблизительно оценить эксплуатационные запасы подземных вод при гидрогеологической съемке, проектировать одиночные скважины для водоснабжения, делать предварительные заключения о годности отдельных участков под размещение тех или иных строительных объектов.

Действующие инструкции, методические указания и справочники весьма подробно излагают сущность методов расчета параметров пласта и скважины, дают критерии возможности использования проводимых формул и рекомендуют различные способы бурения в конкретных гидрогеологических условиях. Однако, несмотря на это, в практике гидрогеологических работ отмечаются иногда существенные расхождения между фактическими величинами параметров и их расчетными значениями. К одной

из серьезных причин подобного явления следует отнести недооценку влияния всех конструктивных элементов скважины на получаемый результат.

В методических руководствах и справочниках до настоящего времени влиянию конструктивных элементов скважины на результаты откачки уделяется недостаточное внимание, несмотря на то, что данный вопрос исследовался целым рядом авторов. Как правило, результаты исследований не увязаны в одно целое с методами расчета притока воды в скважину. Характерно отметить, что даже в справочной и методической литературе последних лет [22, 14, 19] влияние конструктивных элементов скважины на результаты откачки в напорных водах совершенно не рассматривается. Как следствие этого, в расчетах гидрогеологов-практиков особенности конструкции скважины не учитываются и обобщение полевого материала зачастую делается на основании параметров, полученных при совершенно различных условиях производства работ.

Исходя из вышесказанного, в данной главе делается попытка оценить в первом приближении влияние некоторых конструктивных элементов скважины на результаты откачки. Более серьезное изучение требует детальных и всесторонних исследований, проведение которых в условиях текущей сугубо производственной работы невозможно.

### 1. Общие положения

Как известно, течение воды в пористых средах отличается особой сложностью, обусловленной характером микроструктуры среды. Любому произвольно выбранному макрообъему свойственна

хаотичная укладка зерен скелета разнообразной формы и, вследствие этого, неупорядоченное микростроение порового пространства. Частицы воды при движении переносятся многочисленными микропотоками, которые сужаются, расширяются, меняют направление, разветвляются и соединяются друг с другом. Для пористой среды характерным является непрерывное изменение сечения и скоростей микропотока и огромная поверхность соприкосновения частиц воды с зернами скелета. Указанные особенности способствуют появлению значительного сопротивления движению потока. Вследствие потери энергии потока на преодоление этого сопротивления уровень воды при откачке снижается по мере приближения от краевой зоны к скважине. Иначе говоря, движение потока через пористую среду сопровождается потерей напора, величина которой непрерывно возрастает и достигает максимума у стенки скважины.

При подходе частиц воды к фильтру происходит сжатие потока. В результате сжатия потока и возникновения дополнительных сил трения часть энергии потока расходуется на преодоление этого сопротивления. Вход отдельных струй в фильтр сопровождается изменением направления и скорости потока. Если у стенок скважины отмечается торможение, то на некотором удалении от них поток приобретает ускорение в направлении параллельном осевой линии фильтра. Естественно, что торможение у стенок фильтра, ускорение частиц внутри фильтра и вторичное сжатие потока в самом фильтре вызывают дополнительные потери напора.

Дальнейшее движение воды по глухой части фильтра и колоннам обсадных труб также сопровождается рассеиванием энергии

потока. Это рассеивание вызвано как работой против касательных сил, возникающих у стенок фильтра и обсадных колонн, так и работой сил внутренних, связанных с относительным перемещением частиц жидкости в потоке. Причем следует отметить, что к указанным потерям при движении воды по глухой части фильтра и обсадным трубам добавляются еще потери напора, вызванные изменением диаметра труб и наличием выступов шероховатости на внутренней их поверхности.

Итак, в результате движения частиц воды в породе, фильтре и в обсадных колоннах происходит потеря напора, которая выражается в снижении уровня как в породе, так и в скважине. Таким образом, независимо от условий течения воды (напорные или безнапорные) между уровнями воды за стенкой скважины и внутри скважины существует разрыв. Величина разрыва уровней зависит от коллекторских свойств вскрытых пород и конструктивных особенностей скважины в целом.

Исходя из вышесказанного, понижение уровня воды (потеря напора) внутри скважины равно :

$$S = S_0 + \Delta h_{\varphi} + \Delta h_{\tau} \dots (VI.1)$$

где  $S$  — понижение уровня воды (потеря напора) внутри скважины ;

$S_0$  — понижение уровня воды ( потеря напора) у наружной стенки скважины ;

$\Delta h_{\varphi}$  — потеря напора в фильтре ;

$\Delta h_{\tau}$  — потеря напора в колоннах обсадных труб.

Учитывая, что во всех предложенных расчетных формулах значение  $S_0$  равно именно понижению уровня воды у наружной стенки скважины, обобщенную формулу для определения притока напорных вод в скважину запишем в виде :

$$Q = \frac{2\pi km [s(\Delta h\phi + \Delta h\tau)]}{R + \zeta} \dots (vi.2)$$

где  $[s(\Delta h\phi + \Delta h\tau)]$  - понижение уровня воды ( потеря напора) у наружной стенки скважины ;

$R$  - фильтрационное сопротивление, зависящее от водопроницаемости пласта, геометрии пласта в плане, схемы расположения скважины и ее диаметра ;

$\zeta$  - фильтрационное сопротивление, обусловленное степенью вскрытия пласта ( степенью совершенства скважины ).

## 2. Определение величины понижения уровня воды у наружной стенки скважины, пробуренной в напорном водоносном горизонте

Понижение уровня у наружной стенки скважины ( потеря на сопротивление породы ) зависит от водопроницаемых свойств пласта, геометрии пласта в плане, схемы расположения скважины, ее диаметра и степени несовершенства. Величина понижения находится путем элементарного преобразования соответствующих формул притока воды к скважинам.

Так, например, понижение уровня у наружной стенки совершенной скважины при круговом контуре питания может быть получено из формулы ( 1.1 ) :

$$S_0 = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 km} \dots (vi.3)$$

где  $Q$  - дебит скважины, л/сек ;

$R$  и  $r_0$  - соответственно " радиус влияния " и радиус скважины, м ;

$km$  - коэффициент водопроводимости, м<sup>2</sup>/сутки.

Если скважина несовершенна по степени вскрытия и контур питания практически неограничен, расчет величин понижений у наружной стенки скважины может производиться по формулам (У.5) или (У.9). Причем, формулу (У.5) следует применить для случая однородно-изотропной пористой среды, а формулу (У.9) при однородно - анизотропной пористой среде.

3. Определение потерь напора в фильтре

Изучению сопротивлений фильтра посвящено незначительное число работ. Основные исследования проводились с целью определения величины разрыва уровней для скважин, пробуренных в безнапорном водоносном пласте. Большинство полученных формул учитывали только искривление поверхностей равного напора вблизи грунтового колодца, конструкция фильтра во внимание не принималась [7]. Наиболее объемную формулу предложили С.К. Абрамов [6]. Эмпирическая формула С.К. Абрамова помимо искривления поверхностей равного напора учитывает влияние конструкции фильтра на разрыв уровня в грунтовом колодце.

Большой интерес представляет работа по изучению входных сопротивлений фильтра, выполненная группой американских ученых [34]. В результате аналитического решения получена следующая формула :

$$\frac{\Delta h_{pz}}{Q^2/A^2g} = \frac{ch \frac{cL}{D} + 1}{ch \frac{cL}{D} - 1} \dots (VI.4)$$

или в переводе на скорость

$$\frac{\Delta h_{pz}}{V^2/2g} = 2 \frac{ch \frac{cL}{D} + 1}{ch \frac{cL}{D} - 1} \dots (VI.5)$$

- где  $\Delta h_{pz}$  - потеря напора при входе в фильтр, м ;  
 $Q$  - дебит скважины, м<sup>3</sup>/сек ;  
 $A = \frac{\pi d^2}{4}$  - площадь поперечного сечения фильтра, м<sup>2</sup> ;  
 $v$  - средняя скорость потока в фильтре, м/сек ;  
 $g$  - ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup> ;  
 $L$  - длина фильтра, м ;  
 $D$  - диаметр фильтра, м ;  
 $C$  - коэффициент, учитывающий гидравлические

параметры фильтра; для фильтра, выполненного в виде перфорированной трубы,  $C$  зависит от коэффициента сжатия струи и скважности фильтра и равняется  $C = 11,31 \epsilon \eta$

$2 \frac{ch \frac{cL}{D} + 1}{ch \frac{cL}{D} - 1}$  - коэффициент гидравлических потерь.

Необходимо сразу же оговорить, что вероятно, вследствие типографской ошибки формула ( У1.4 ) в подлиннике <sup>[34]</sup> имеет вид :

$$\frac{\Delta h_{pz}}{Q^2/A^2g} = \frac{ch(\frac{cL}{D} + 1)}{ch(\frac{cL}{D} - 1)} \dots (VI.6)$$

Разница в коэффициентах потерь, вычисленных по формуле ( У1.4 ) и выражению ( У1.6 ) от 7,4 до 1500 раз.

К сожалению, эта же опечатка перенесена в монографию В.И.Гаврилко [7] и в немецкое издание статьи [35] Ошибочность выражения ( У1.6 ) видна из нижеследующего.

На основании совместного решения уравнения истечения жидкость через небольшие отверстия, уравнения неразрывности потока и теоремы об изменении количества движения было получено выражение :

$$\frac{c}{D} dL = \frac{d(\Delta h p z)}{\sqrt{(\Delta h p z)^2 - \Delta h' p z \cdot \Delta h p z}} \dots (vi.7)$$

Интегрируя выражения ( У1.7 ), будем иметь :

$$\frac{cL}{D} = \ln \left[ \frac{2\Delta h p z - \Delta h' p z}{\Delta h' p z} + \sqrt{\left( \frac{2\Delta h p z - \Delta h' p z}{\Delta h' p z} \right)^2 - 1} \right] + C, \dots (vi.8)$$

Учитывая, что постоянная интегрирования в уравнении ( У1.8 ) равна нулю и  $\ln(x \pm \sqrt{x^2 - 1}) = A \operatorname{Arch} x$  [33] уравнение ( У1.8 ) приведем к виду :

$$\frac{cL}{D} = \operatorname{Arch} \frac{2\Delta h p z - \Delta h' p z}{\Delta h' p z}$$

или

$$\operatorname{ch} \frac{cL}{D} = \frac{2\Delta h p z - \Delta h' p z}{\Delta h' p z} \dots (vi.9)$$

Подставляя в выражение ( У1.9 ) значение  $\Delta h' p z = \Delta h p z - \frac{Q_2^2}{A^2 g}$  и несколько преобразовав его, получим :

$$\Delta h p z \left( \operatorname{ch} \frac{cL}{D} - 1 \right) = \frac{Q_2^2}{A^2 g} \left( \operatorname{ch} \frac{cL}{D} + 1 \right)$$

Или окончательно

$$\frac{\Delta h p z}{Q_2^2 / A^2 g} = \frac{\operatorname{ch} \frac{cL}{D} + 1}{\operatorname{ch} \frac{cL}{D} - 1} \dots (vi.10)$$

Полученное выражение идентично формуле ( У1.4 ),

Справедливость формулы ( У1.4 ) была проверена американскими учеными на лабораторной установке. Испытанию подвергались различные типы фильтров. Расходы воды при испытаниях находились в диапазоне  $Q = 3.54 \text{ --- } 56.6$  л/сек. Длины, диаметры и тип фильтров указаны в таблице У1.1 ( см. стр. 39 )

Расхождения между опытными точками и теоретической кривой

## Характеристика фильтров, примененных в опытных работах

табл. VI. I

Тип фильтра	Индекс	Диаметр фильтра, мм	Длина фильтра, мм	Размер проходных отверстий, мм	Сквозняемость фильтра, %	Толщина стенки фильтра, мм
Перфорированная труба с отверстия- ми круглой формы	A-a	307.2	609.6	12.7	19.63	1.1
	A-b	307.2	609.6	6.4	4.93	1.1
	A-c	307.2	609.6	3.2	1.23	0.5
	A-d	76.8	1219.2	3.2	19.71	0.5
	A-e	76.8	1219.2	3.2	4.93	0.5
Штампованный со щелями типа "мост"	B-a	298.8	630.9	1.6	3.46	2.0
	B-b	298.8	615.7	3.2	7.15	2.0
	B-c	298.8	637.0	4.8	11.23	2.0
	B-d	298.8	637.0	6.4	14.62	2.0
Проволочный	C-a	276.0	618.7	0.5	18.18	3.6
	C-b	276.0	609.6	1.0	30.76	3.6
	C-c	276.0	612.6	2.5	52.63	3.6
	C-d	276.0	618.7	5.1	68.96	3.6
Щелевой с выступа- ющими кромками	D-a	298.8	609.6	3.2	4.77	2.0
Дырчатый с сеткой на поверхности с сеткой квадратно- го плетения	E-a	256.6	609.6	12.7	14.75	8.7
	F-a	281.4	609.6	3.7	33.64	6.4

Составил *СМ*

/Грикевич/

для фильтров типа А указаны на рис. 16. После введения поправок на диаметр фильтра, вязкостное влияние и условия граничной зоны опытные точки совпали с теоретической кривой. (рис 17)

Основные выводы по выполненным исследованиям свелись к следующему ( формула VI.4 и рис. 16 ):

а) с увеличением отношения  $\frac{CL}{D}$  коэффициент потерь  $\frac{\Delta h_{pZ}}{Q^2/A^2g}$  асимптотически приближается к единице ;

б) так как при всех значениях  $\frac{CL}{D} \geq 6$  коэффициент потерь есть величина постоянная и минимальная из всех возможных, число 6 является критическим числом для любого конструктивного типа фильтра ;

в) отношение  $\frac{CL}{D} \geq 6$  можно достичь, увеличивая длину фильтра и его скважность, а также создавая наиболее обтекаемые кромки входных отверстий; уменьшение диаметра эффекта не даст, ввиду того, что потеря напора обратнопропорциональна диаметру в четвертой степени, а отношение  $\frac{CL}{D}$  обратнопропорционально диаметру в первой степени.

К достоинствам работы американских ученых можно отнести детальное освещение вопроса о входных сопротивлениях фильтра; к недостатку - недооценку потерь напора при движении внутри реального фильтра.

Исходя из физических особенностей движения воды в фильтре ( см § I настоящей главы ) общую потерю напора в фильтре можно представить в виде двух слагаемых :

$$\Delta h_{\varphi} = \Delta h'_{\varphi} + \Delta h''_{\varphi} \dots (VI.10)$$

- где  $\Delta h'_{\varphi}$  - потеря напора при входе в фильтр, м
- $\Delta h''_{\varphi}$  - потери напора при движении потока внутри фильтра, м.

# Потери напора при движении потока внутри фильтра, $\Delta h_{\phi}, \text{ м}$

табл. VI-2

Наружный диаметр фильтра, м	Дебит скважины, Q л/сек.													
	3.0							5.0						
	Длина фильтра, м							Длина фильтра, м						
	10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70
0.073	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.62	0.73	0.27	0.54	0.81	1.08	1.36	1.63	1.90
0.089	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.09	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.65
0.108	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.04	0.07	0.10	0.14	0.18	0.21	0.24
0.114	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18
0.127	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10
0.146	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
0.168	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03

Составил: *Велицкий*  
Копировала: *Виз - Гривич*

# Потери напора при движении потока внутри фильтра. $\Delta h_{ф.м}$

табл. VI. 2

Наружный диаметр фильтра, м	Дебит скважины, Q л/сек													
	7.0							10.0						
	Длина фильтра							Длина фильтра						
	10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70
0.073	0.52	1.04	1.57	2.09	2.61	3.14	3.66	0.98	1.96	2.93	3.91	4.89	5.87	6.84
0.089	0.17	0.35	0.52	0.70	0.87	1.04	1.22	0.34	0.67	1.01	1.35	1.68	2.02	2.36
0.108	0.06	0.13	0.20	0.26	0.33	0.39	0.46	0.13	0.25	0.38	0.51	0.63	0.76	0.88
0.114	0.05	0.10	0.15	0.20	0.24	0.29	0.34	0.10	0.19	0.28	0.38	0.48	0.57	0.66
0.127	0.03	0.06	0.09	0.11	0.14	0.17	0.20	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39
0.146	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.03	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17	0.19
0.168	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10

Составил: Усманов/Саксон/  
Копировала: Влр - Зружевич

**Потери напора при движении потока внутри фильтра,  
 $\Delta h_{\phi}$ , м.**

табл. VI. 2

Наружный диаметр фильтра, м	Дебит скважины, Q л/сек													
	15.0							20.0						
	Длина фильтра, м							Длина фильтра м						
	10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70
0.073	2.07	4.14	6.21	8.28	10.35	12.42	14.49	3.52	7.05	10.58	14.10	17.62	21.15	24.68
0.089	0.71	1.42	2.14	2.85	3.56	4.27	4.98	1.21	2.43	3.64	4.86	6.07	7.28	8.50
0.108	0.26	0.53	0.80	1.06	1.33	1.59	1.86	0.46	0.91	1.37	1.83	2.28	2.74	3.20
0.114	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.21	1.41	0.34	0.68	1.03	1.37	1.71	2.06	2.40
0.127	0.12	0.24	0.36	0.47	0.59	0.71	0.83	0.20	0.40	0.60	0.81	1.01	1.21	1.41
0.146	0.06	0.12	0.18	0.24	0.29	0.35	0.41	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
0.168	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.22	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36
0.219														

Составил: *Великов/Сохом/*  
Копировала: *Вир Серикович/*

Потери напора при движении потока внутри фильтра,  
 $\Delta h_{ф. м.}$

табл. VI. 2

Наружный диаметр фильтра, м	Дебит скважины $Q$ л/сек													
	25.0							30.0						
	Длина фильтра, м							Длина фильтра, м						
	10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70
0.073	5.27	10.54	15.80	21.07	26.34	31.61	36.87	7.45	14.90	22.36	29.81	37.26	44.71	52.16
0.089	1.77	3.54	5.32	7.09	8.86	10.63	12.41	2.25	4.49	6.74	8.98	11.23	13.48	15.72
0.108	0.67	1.34	2.00	2.67	3.34	4.01	4.67	0.96	1.93	2.90	3.86	4.83	5.80	6.76
0.114	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	0.72	1.45	2.17	2.90	3.62	4.35	5.07
0.127	0.29	0.59	0.88	1.18	1.47	1.77	2.06	0.43	0.85	1.28	1.71	2.13	2.56	2.99
0.146	0.14	0.29	0.44	0.58	0.73	0.87	1.02	0.21	0.42	0.64	0.85	1.06	1.27	1.48
0.168	0.08	0.15	0.23	0.30	0.38	0.46	0.53	0.10	0.20	0.30	0.41	0.51	0.61	0.71

Составил: *Васильев/Саксон/*  
 Копировала: *Вурм/Грижевич/*

Первое слагаемое ( $\Delta h' \varphi$ ) с точностью достаточной для практических расчетов может быть определено из формулы (У1.4) <sup>Критерий для более удобного пользования формулой (VI.4)</sup> лучше представить в смешанной системе единиц :

$$\Delta h' \varphi = \frac{Q^2}{10^{6.78} \times d^4} \times \frac{ch \frac{ce}{d} + 1}{ch \frac{ce}{d} - 1} \dots (VI.11)$$

где  $Q$  — дебит скважины, л/сек;

$d$  — внутренний диаметр скважины, м ;

$e$  — длина фильтра, м .

Второе слагаемое ( $\Delta h'' \varphi$ ) находится по таблице У1.2 ( см. стр. 41-44 ) х).

#### 4. Определение потерь напора в колонках обсадных труб.

Ф.А. Шевелевым [29] в результате экспериментальных исследований течения воды по стальным бесшовным трубам диаметром от 15,5 до 302 мм получены следующие формулы для определения потерь напора :

$$\text{при } V < 1,2 \text{ м/сек } i = 0,000912 \frac{V^2}{d_p^{1.3}} \left(1 + \frac{0,867}{V}\right)^{0.3} \dots (VI.12)$$

$$\text{при } V \geq 1,2 \text{ м/сек } i = 0,00107 \frac{V^2}{d_p^{1.3}} \dots (VI.13)$$

где  $i$  — гидравлический уклон ;

$V$  — средняя скорость движения воды, м/сек ;

$d_p$  — расчетный внутренний диаметр трубы, м.

По формулам ( У1.12 ) и ( У1.13 ) рассчитаны таблицы [30] .  
Несмотря на то, что таблицы составлены для широкого диапазона

х) Вывод приближенной формулы для определения потерь напора при движении потока внутри фильтра дается в § 4.

изменения расходов и диаметров, при пользовании указанными таблицами могут быть допущены существенные ошибки за счет разницы табличных расчетных диаметров и диаметров, применяемых в геологоразведочной практике.

Исходя из вышеизложенного, нами был произведен анализ формул ( VI.12) и ( VI.13). Анализ формул показал, что при средних скоростях течения до 1,7-2,0 м/сек зависимость гидравлического уклона от диаметра и расхода воды с высокой степенью точности определяется уравнением типа  $i = aQ^b$ .  
Полученная аппроксимированная формула в смешанной системе единиц имеет вид :

$$i = \frac{Q^{1.85}}{10^{8.25} \times d^{4.98}}$$

Следовательно, потери напора в обсадной колонне или в глухой части  $\Phi$  фильтровой колонны равны :

$$\Delta h'_T = \frac{Q^{1.85} \times l}{10^{8.25} \times d_s^{4.98}} \dots (VI.14) \quad (VI.14),$$

где  $\Delta h'_T$  - потери напора при движении воды в обсадной колонне или в глухой части фильтровой колонны м ;

$Q$  - дебит скважины , л/сек ;

$l$  - длина обсадной колонны или длина глухой части  $\Phi$  фильтровой колонны, м .

$d$  - внутренний диаметр обсадной колонны или внутренний диаметр глухой части фильтровой колонны, м.

Формулой ( VI.14) можно пользоваться при любых внутренних диаметрах труб, применяемых на геологоразведочных работах. Максимальная погрешность формулы около 5%.

Помимо потерь напора на преодоление сопротивления, возникающего непосредственно в обсадной колонне, имеются потери, связанные с внезапным изменением диаметра труб при переходе от глухой части фильтра к обсадной колонне и от колонны к колонне. Подобные потери напора в гидравлике называются потерями напора на местные сопротивления.

По теореме Борда [13] потеря напора на местное сопротивление равна :

$$\Delta h''_T = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (VI.15)$$

Для внезапного расширения потока коэффициент местных потерь определяется из выражения :

$$\zeta = \left( \frac{F_2}{F_1} - 1 \right)^2 \dots (VI.16)$$

где  $F_1$  — площадь, поперечного сечения колонны, расположенной ниже по течению ;

$F_2$  — площадь поперечного сечения колонны, расположенной выше по течению.

При внезапном сужении потока потери напора меньше, чем при расширении. Коэффициент местных потерь напора по данным ЦАГИ

$$\zeta = 0.5 \left( 1 - \frac{F_2}{F_1} \right) \dots (VI.17)$$

Для практического пользования формулу ( VI.15 ) более удобно представить в виде :

$$\Delta h''_T = \zeta \cdot \frac{Q^2}{10^7 \cdot D^5} \dots (VI.18)$$

где  $\Delta h''_T$  — потеря напора на внезапное расширение или сужение потока в связи с изменением диаметра колонны, м ;

$\xi$  - безразмерный коэффициент, зависящий только от относительных размеров соответствующих расширений или сужений; определяется по формулам (VI.16) или (VI.17).

$Q$  - дебит скважины, л/сек;

$d$  - внутренний диаметр колонны, расположенной выше по течению, м.

Таким образом, общая потеря напора в глухой части фильтра и в колоннах обсадных труб равна:

$$\Delta h_T = \sum_{m=1}^{m=n} \frac{Q^{1.85} \times l}{10^{8.25} \times d^{4.98}} + \sum_{m=1}^{m=n-1} \xi \frac{Q^2}{10^{7.08} \times d^4} \dots (VI.19)$$

где  $\sum$  - символ суммы отдельных потерь напора на преодоление соответствующих сопротивлений.

На основании формулы (VI.14) можно найти приближенную величину второго слагаемого ( $\Delta h_{\text{фр}}''$ ). Допустим, что поступление воды в фильтр по всей его длине происходит равномерно. Разделим объем фильтра на  $n$  равных объемов. Тогда в любом произвольно выбранном объеме средний расход определится следующим выражением:

$$Q_i = Q \frac{2^{m-1}}{2^n} \dots (VI.20)$$

где  $Q$  - дебит скважины;  $n$  - количество равных объемов, выделенных в фильтре;  $m$  - порядковый номер объема, начиная от конца фильтра.

При увеличении числа выделенных объемов движение потока внутри любого объема может быть принято за движение с постоянным расходом равным среднему расходу  $Q$ . Следовательно, пренебрегая толщиной пограничного слоя, потери напора в пределах элементарного объема фильтра возможно рассчитать, исходя из формулы потерь напора внутри обсадной трубы.

Потеря напора в обсадной трубе равна:

$$\Delta h_T = \frac{Q^{1.85} \times l}{10^{8.25} \times d^{4.98}}$$

где  $Q$  - дебит скважины, л/сек;  $l$  - длина трубы, м;  
 $d$  - внутренний диаметр, м.

Заменяя в приведенной формуле дебит скважины средним расходом элементарного объема и длину обсадной трубы высотой этого объема, получим формулу для определения потерь напора в любом произвольно выбранном малом объеме:

$$\Delta h_i = 0.2774 \frac{Q^{1.85} \times l}{10^{8.25} \times d^{4.98}} \times \frac{(2m-1)^{1.85}}{n^{2.85}} \dots (VI.21)$$

Потеря напора при движении потока внутри фильтра ( $\Delta h_{\text{ф}}''$ ) равна пределу суммы потерь напора в элементарных объемах при неограниченном увеличении их числа:

$$\Delta h_{\text{ф}}'' = 0.2774 \frac{Q^{1.85} \times l}{10^{8.25} \times d^{4.98}} \times \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{m=1}^n \frac{(2m-1)^{1.85}}{n^{2.85}} \dots (VI.22)$$

В формуле (VI.22) сумму степеней натуральных чисел можно представить в виде ряда:

$$\sum_{m=1}^n \frac{(2m-1)^q}{n^{q+1}} = \frac{1}{n^{q+1}} \sum_{m=1}^n (2m-1)^q = \frac{1}{n^{q+1}} \left[ \frac{2^q}{q+1} n^{q+1} - \frac{1}{2} \binom{q}{1} 2^{q-1} \times B_2 n^{q-1} - \frac{1}{4} \binom{q}{3} 2^{q-3} (2^3-1) B_4 n^{q-3} - \dots \right] \quad (VI.23)$$

где  $\binom{q}{n} = \frac{q(q-1)\dots(q-n+1)}{1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n}$ , а  $B_2, B_4, \dots$  - числа Бернулли.

Отсюда предел суммы  $\sum_{m=1}^n$  при  $n \rightarrow \infty$  равен:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{m=1}^n \frac{(2m-1)^{1.85}}{n^{2.85}} = 1.265$$

Следовательно, потеря напора при движении потока внутри фильтра равна:

$$\Delta h_{\text{ф}}'' = 0.35 \times \frac{Q^{1.85} \times l}{10^{8.25} \times d^{4.98}} \dots (VI.24)$$

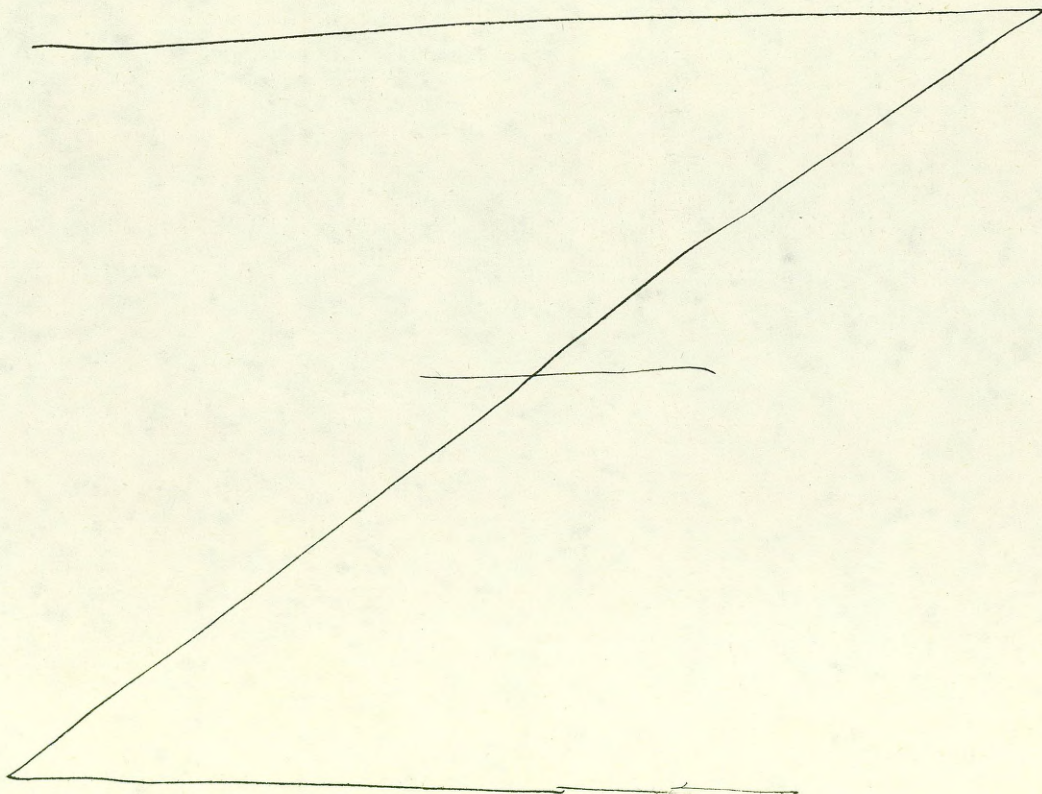
а общая потеря напора в фильтре

$$\Delta h_{\text{ф}} = \frac{Q^2}{10^{6.78} \times d^4} \times \frac{\operatorname{ch} \frac{ca}{d} + 1}{\operatorname{ch} \frac{ca}{d} - 1} + 0.35 \frac{Q^{1.85} \times l}{10^{8.25} \times d^{4.98}} \dots (VI.25)$$

5. Сравнительная оценка потерь напора при движении воды на входе и внутри скважин

Величина потерь, возникающих в потоке при прохождении через скважину, в общем случае зависит от :

- а) длины и диаметра фильтра и обсадных колонн ;
- б) количества откачиваемой из скважины воды;
- в) скважности фильтра ;
- г) конструктивного типа фильтра (перфорированная труба, сетчатый фильтр и т.п. ) .
- д) внутренней шероховатости стенок фильтра и обсадных колонн; ь
- е) плотности и динамического коэффициента вязкости притекающей воды.



Для оценки величин потерь напора проанализируем ~~формулы~~ формулы ( VI.11 ), ( VI.14 ), ( VI.18 ) и ( VI.24 )

Как следует из формулы ( VI.11 ), при отношении  $\frac{ce}{d} \geq 6$  второй ее сомножитель становится равным единице, т.е. входные потери напора в фильтре могут определяться, исходя из следующего выражения :

$$\Delta h'_{\phi} = \frac{Q^2}{106.78 \times d^4} \dots (VI.26)$$

Для фильтров выполненных в виде перфорированной трубы со скважностью 10-25 % отношение  $\frac{ce}{d}$  практически всегда больше 6. Поэтому согласно формуле ( VI.26 ) при достаточной длине рабочей части фильтра его скважность <sup>существенно</sup> не влияет на величину потерь напора и потери напора зависят только от диаметра и дебита скважины, причем, влияние диаметра более значительно. Абсолютная величина потерь напора обычно невелика и выражается в десятых долях метра. В сетчатых и некоторых других типах фильтров эта величина может быть выше.

Гораздо большее значение имеют потери напора при движении воды внутри рабочей части фильтра ( ~~формулы~~ VI.24 ). Величина их зависит как от дебита и диаметра скважины, так и от длины фильтра: чем длиннее фильтр, тем больше абсолютное значение потерь. Однако, уменьшать длину фильтра на этом основании нельзя, так как выигрыш в потерях напора внутри фильтра незначителен по сравнению с увеличением потерь на сопротивление породы ввиду созданного несовершенства скважины ( см. например формулу V.11 или V.12 ).

При прохождении воды по глухой части фильтра или по обсадным колоннам потери напора согласно формуле ( VI.14 ) также зависят от дебита скважины, ее диаметра и длины глухой

части фильтра или обсадных колонн. Абсолютная величина этих потерь гораздо больше <sup>или</sup> величина потерь напора при движении потока внутри рабочей части фильтра при одинаковых диаметрах и длинах глухой трубы и рабочей части фильтра. Исходя из этого, при проектировании скважины длина глухой части фильтра должна быть сведена до возможного минимума. Для наглядности величины потерь в глухих трубах при разных дебитах приведены в таблице У1.3 ( см. стр. 51 ).

Наименьшее значение имеют потери напора, возникающие благодаря телескопичной застройке ствола скважины. Несмотря на то, что формула потерь напора при внезапном расширении ( У1.18 ) аналогична формуле ( У1.26 ), величина потерь напора при внезапном расширении незначительна и составляет как максимум 5-10 % от потерь напора при входе в фильтр. Поэтому при двух-трех обсадных колоннах и обычной их застройке ( через два диаметра ) этими потерями в расчетах можно пренебречь.

Как видно из перечисленного, потери напора, связанные с влиянием конструктивных элементов скважины, могут находиться в различных количественных соотношениях между собой. Определяющим фактором явля ется соотношение параметров конструктивных элементов.

Потеря напора в породе для мелких скважин больше потерь напора в самой скважине. В глубоких скважинах потери напора в породе могут быть меньше потерь напора внутри скважины.

Значение скоростей потока и потерь напора на каждые 100 м пути при движении воды в глухих трубах

табл. VI.3

Внутренний диаметр труб, мм	Дебит скважины $Q$ , л/сек													
	3.0		5.0		7.0		10.0		15.0		20.0		25.0	
	$V$	$\Delta h'_T$	$V$	$\Delta h'_T$	$V$	$\Delta h'_T$	$V$	$\Delta h'_T$	$V$	$\Delta h'_T$	$V$	$\Delta h'_T$	$V$	$\Delta h'_T$
53	1.41	9.98	2.35	27.7										
68	0.85	2.74	1.42	7.23	1.99	14.2	2.84	28.9						
80.5	0.60	1.17	1.01	3.00	1.41	5.73	2.01	11.7	2.92	24.5				
106	0.35	0.30	0.58	0.75	0.81	1.39	1.15	2.69	1.73	6.02	2.31	10.7	2.89	16.7
126	0.24	0.13	0.41	0.32	0.57	0.58	0.81	1.12	1.22	2.39	1.63	4.25	2.04	6.63
148			0.29	0.14	0.41	0.26	0.59	0.50	0.88	1.06	1.18	1.81	1.47	2.81
199					0.23	0.06	0.32	0.12	0.49	0.24	0.65	0.41	0.81	0.61
253							0.20	0.04	0.30	0.07	0.40	0.12	0.50	0.19
305									0.21	0.03	0.28	0.05	0.35	0.08

Примечание:

Скорость потока указана в м/сек, потеря напора в м.

Составил *Григорьев*

Копировал

Григорьев

6. Примеры расчета параметров пласта и скважины

Примеры расчета параметров пласта и скважины даются только для небольшого числа частных случаев. Методика расчета для других условий, в том числе и для неустановившегося движения аналогична ниже изложенной. Расчеты приводятся для иллюстрации положений, содержащихся в предыдущих параграфах и главах, и поэтому формулировка особенностей геометрии пласта и характера фильтрации носит несколько условный характер.

*a* РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ВОДОПРОВОДИМОСТИ *км*"

Примем, что приток воды в совершенную скважину, расположенную в круговом пласте, имеет установившийся характер, а водоносный пласт представляет из себя однородно-анизотропную среду.

По данным откачки из скв. 860 при понижении  $s = 9.0$  м дебит скважины  $Q = 15.1$  л/сек. Наблюдениями по разведочным скважинам установлен радиус влияния  $R \approx 2000$  м. Конструкция скважины приведена на рис. 18.

Согласно формулы (У1.2) определим понижение у наружной стенки скважины, для чего сначала вычислим потери напора в скважине.

По формуле (У1.26)  $\Delta h'_{\phi} = \frac{15.1^2}{106.78 \times 0.107^4} = 0.29 \text{ м.}$

по формуле (У1.24)  $\Delta h''_{\phi} = 1.27 \text{ м}$

По формуле (У1.14) для диаметра  $d = 0.107$  м

$\Delta h'_T = \frac{15.1^{1.85} \times 33.0}{10^{8.25} \times 0.107^{4.98}} = 1.92 \text{ м, для диаметра } d = 0.156 \text{ м}$

$\Delta h'_{\tau} = 1.23 \text{ м}$ , для диаметра  $d = 0.258 \text{ м}$  и  $\Delta h'_{\tau} = 0.05 \text{ м}$ .

Сумма потерь напора на сопротивление фильтра и обсадных колонн равна:

$$\sum \Delta h = \Delta h_{\varphi} + \Delta h_{\tau} = (0.29 + 1.27) + (1.92 + 1.23 + 0.05) = 4.76 \text{ м}$$

Следовательно, понижение уровня воды у наружной стенки скважины, исходя из выражения (У1.1) равно:

$$S_0 = S - (\Delta h_{\varphi} + \Delta h_{\tau}) = 9.00 - 4.76 = 4.24 \text{ м}$$

Согласно условию коэффициент водопроницаемости можно определить по формуле (У1.3)

$$K_{\text{м}} = \frac{Q \ln \frac{R}{r_0}}{0.0727 \times S_0} = \frac{15.1 \times \ln \frac{2000}{0.053}}{0.0727 \times 4.24} = 516 \text{ м}^2/\text{сутки}$$

Если же в формулу (У1.3) вместо понижения у наружной стенки скважины  $S_0$  подставить фактически наблюдаемое понижение внутри скважины  $S$ , как это обычно делается, то коэффициент водопроницаемости будет равен:

$$K_{\text{м}} = \frac{15.1 \times \ln \frac{2000}{0.053}}{0.0727 \times 9.00} \approx 243 \text{ м}^2/\text{сутки}$$

Из сравнения значений "  $K_{\text{м}}$  ", вычисленных по предлагаемой методике и по существующей, видно, что в случае недооценки потерь напора внутри скважины ошибка в "  $K_{\text{м}}$  " достигает существенной величины. Именно этим обстоятельством зачастую объясняется разница в вычисленных значениях "  $K_{\text{м}}$  " для глубоководных артезианских бассейнов и для бассейнов открытого типа, расположенных относительно близко от поверхности земли.

Следует отметить, что ошибка в "K<sub>т</sub>" может быть гораздо больше полученной, если сравнение провести по скважинам меньшего диаметра.

Для несовершенной скважины вычисление коэффициента "K<sub>т</sub>" необходимо проводить с учетом степени вскрытия пласта. Как и в предыдущем случае, вначале необходимо вычислить понижение у наружной стенки скважины, а затем по формуле (У.9) получить значение "K<sub>т</sub>".

8. Расчет понижения и удельного дебита проектируемой несовершенной скважины по данным отточки из совершенной скважины с аналогичной конструкцией.

Исходя из условия пункта "а" удельный дебит совершенной скв. 860 равен :

$$q_c = \frac{Q}{S} = \frac{15.1}{9.0} = 1.68 \text{ л/сек}$$

Для несовершенной скважины со степенью вскрытия пласта  $\bar{m} = 0.5$  при той же самом дебите возможное понижение у наружной стенки скважины можно вычислить по формуле (У.8) :

$$S_H = S_c \cdot \frac{1}{\bar{m}} = 4.24 \times \frac{1}{0.5} = 8.48 \text{ м}$$

Величины потерь напора в глухой части фильтра и обсадных колоннах для несовершенной и совершенной скважин равны в силу идентичности их конструкции. Различие будет лишь в потерях напора на движение потока внутри рабочей части фильтра. Так как эти потери при одном и том же диаметре и конструктивном типе фильтра пропорциональны длине фильтра, то в несовершенной скважине

$$\Delta h_{\phi}'' = 1.27 \times 0.5 = 0.64 \text{ м}$$

Полная потеря напора в несовершенной скважине равна :

$$\sum \Delta h = \Delta h_{\phi} + \Delta h_{\tau} = (0.29 + 0.64) + (1.92 + 1.23 + 0.05) = 4.13 \text{ м}$$

Следовательно, понижение внутри несовершенной скважины равно :

$$s = S_0 + (\Delta h_{\phi} + \Delta h_{\tau}) = 8.48 + 4.13 = 12.61, \text{ и удельный дебит } q_H = \frac{15.1}{12.61} = 1.20 \text{ л/сек}$$

8. Расчет понижения и удельного дебита проектируемых несовершенных скважин произвольной конструкции на основе данных откачки совершенной скважины.

В качестве примера рассмотрим расчет понижений и удельных дебитов по скважинам, пробуренным на территории г. Лиеная. Конструкции скважин указаны на рис. 18.3а и сключением скв. 861, бурение производилось шарошечным долотом с промывкой забоя глинистым раствором. Скважина 861 проходила шарошечным долотом с промывкой забоя естественным раствором, затем расширялась долотом РХ с промывкой забоя чистой водой. Величины понижений приводимых скважин при дебите 15 л/сек сняты с фактических прямых  $Q = f(s)$

Аналогично пункту "а" произведем расчет потерь напора в фильтре и обсадных колоннах. Результаты вычислений сведем в таблицу У1.4 ( графа 6 ).


Исходя из понижения у наружной стенки совершенной скв. 860, по формуле ( У.8 ) вычислим те же понижения в несовершенных скважинах ( графа 10 ). Далее по выражению ( У1.1 ) определим понижение внутри несовершенных скважин ( графа 11 ), а затем и удельный дебит ( графа 12 ).

Понижения и удельный дебит проектируемых несовершенных скважин различной конструкции

табл. VI.4.

№ скважин	Глубина скважины, м	Дебит скважины, л/сек	Понижение внутри скважины, см	Удельный дебит по откачке, л/сек	Общая потеря напора в скважине $\Sigma \Delta h = \Delta h_p + \Delta h_t$	Степень несовершенства скважины, $m = \frac{r}{r_0}$	$\frac{1}{m}$	Понижение у наружной стенки совершенной скважины, см	Понижение у наружной стенки несовершенной скважины, см	Расчетное понижение внутри скважины, см	Расчетный удельный дебит, л/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
860	302	15.1	9.00	1.68	4.76	1.00	1.00	4.24	4.24	9.00	1.68
861	334	15.1	9.45	1.60	6.27	0.89	1.12	—	4.75	11.02	1.37
866	328	15.1	10.85	1.40	4.45	0.87	1.15	—	4.88	9.33	1.62
859	307	15.1	15.30	1.00	6.31	0.61	1.64	—	6.95	13.26	1.14
3Г	343	15.1	21.50	0.70	10.79	0.57	1.75	—	7.42	18.21	0.83

Составил

 / Грикевич /

Копировала

/ Грикевич /

Как следует из таблицы У1.4, предлагаемая методика прогнозирования производительности и возможных понижений в проектируемых скважинах различной глубины и конструкции может быть принята в практике гидрогеологических расчетов.

#### УП. Некоторые выводы

1. При движении воды в породе, фильтре и в обсадных колоннах происходит потеря напора, которая выражается в снижении уровня как в породе, так и в скважине. Таким образом, независимо от условий фильтрации между уровнями за стенкой и внутри скважины существует разрыв. Ввиду наличия разрыва уровней вычисление параметров пласта и скважины нельзя производить непосредственно по формулам притока воды к скважине. Для расчета параметров необходимо определить отдельно понижения уровня у наружной стенки скважины и величину потерь напора внутри скважины.

Понижение уровня воды у наружной стенки скважины зависит от водопроницаемых свойств пласта, геометрии пласта в плане, схемы расположения скважины, ее диаметра, количества забираемой воды и степени вскрытия пласта. Величина понижения уровня при прочих равных условиях тем больше, чем меньше степень вскрытия пласта и диаметр скважины. Расчет понижения ведется согласно имеющимся формулам притока воды к скважинам (например, по формулам 1.1, 1.5, 1.6, 1.8 и др.).

Потери напора воды внутри скважины зависят от количества откачиваемой воды и конструктивных особенностей скважины. При прочих равных условиях эти потери тем больше, чем больше количество откачиваемой воды из скважины, ее глубина и чем

меньше диаметры. Расчет потерь напора внутри скважины предлагается производить по формулам ( У1.11), У1.20), ( У1.14 ) и таблице У1.2.

Обобщенная схематическая формула для определения притока воды в скважину может быть представлена в виде формулы ( У1.2). Расчеты, выполненные согласно этой формуле, позволяют более достоверно подойти к оценке условий обводненности пластов и возможности использования тех или иных участков под строительство водозаборных сооружений.

2. Проведенными опытными работами и фактическим материалом откачек из разведочно-эксплуатационных скважин подтверждено и установлено следующее :

а) характер изменения дебита скважин зависит от природной проницаемости породы, длины фильтра, его диаметра, глубины скважины, степени и характера нарушения породы, обусловленного проведением буровых и опытных работ . При неглубоком залегании водоносного горизонта особенности производства буровых и опытных работ могут оказать гораздо большее влияние на величину дебита скважины, чем изменения в ее диаметре ;

б) увеличение степени погружения фильтра в пласт значительно эффективнее увеличения диаметра при одинаковой кратности их увеличения. Прирост дебита особенно интенсивен в интервале вскрытия  $m = 0.1 \div 0.4$  , затем меняется пропорционально длине фильтра и затухает, начиная с интервала вскрытия  $m = 0.7 \div 0.8$  . Причем, рост дебита по мере вскрытия пласта гораздо интенсивнее затухания при приближении фильтра к подошве пласта.

в. Для совершенных скважин при неглубоком залегании водоносного горизонта зависимость дебита от диаметра скважины с достаточной точностью выражается формулой Дюпюи. В несовершенных скважинах любой глубины и в глубоких совершенных скважинах влияния диаметра на дебит более значительно и зависит от соотношения диаметров и длин конструктивных элементов скважины.

2. Сопоставление расчетов параметров пласта из скважины по предлагаемой методике с фактическим материалом откачек показало приемлемую сходимость их между собой и пригодность для практического пользования.

3. Данные, полученные в результате проведенных работ, могут иметь практическое значение для решения ряда вопросов при постановке разведки на воду, гидрогеологической съемке, проектировании отдельных скважин и водозаборов централизованного водоснабжения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целях возможности применения предложенных решений по притоку воды к скважинам различной конструкции были выполнены опытные работы в природных условиях и использован фактический материал откачек из разведочно-эксплуатационных скважин.

В результате проведения опытных работ, дальнейшей их камеральной обработки и использования ранее предложенных решений получены ряд зависимостей, которые позволяют :

1) более достоверно оценивать коллекторские свойства водоносных пластов и возможности использования подземных вод для нужд водоснабжения и др. целей ;

2) определять расчетным путем параметры скважин различного диаметра для стадий предварительной и детальной разведки на воду ;

3) наиболее рационально проектировать конструкции разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин, исходя из задач разведки, необходимого количества воды и геолого-гидро-геологических условий участка.

По мнению автора, предлагаемая методика расчета параметров скважин даст определенный экономический эффект, обсчет которого может быть произведен после составления типовых конструкций скважин для территории Латвийской ССР.

Для проверки предлагаемой расчетной методики всем подразделениям Управления геологии необходимо дать указание об определении скважности фильтров и толщины стенок застраиваемых труб. Указанные величины наравне с другими данными должны заноситься в паспорт скважин и. Это позволит без дополнительных затрат получить ценные исходные данные.

В связи с ростом объема бурения глубоких скважин на воду и необходимостью дальнейших теоретических и экспериментальных исследований предлагается провести еще одну серию опытов с различными типами фильтров на прежнем участке и вновь выбранном с глубиной залегания водоносного горизонта порядка 150-200 м.

Кроме того, на детально разведанном опытном участке у пос. Сауикрасти желательна провести геофизические исследования для отработки методики определения пористости пласта, коэффициента фильтрации и скорости потока.

Ст. гидрогеолог



(Э. Гриневич)

ЛИТЕРАТУРА

1. А б р а м о в С.К., Б а б у ш к и н В.Д. Методы расчета притока воды к буровым скважинам. Госстройиздат, 1955.
2. А с с о в с к и й Г.Н. и А.А. К о м а р о в а . Экспериментальные исследования о влиянии диаметра скважины на ее дебит. Разведка и охрана недр № 7, 1957.
3. Б у а ч и д з е И.М. и Н а с б е р г В.М. К вопросу о влиянии диаметра грунтового совершенного колодца на его дебит. Разведка и охрана недр, № 2, 1955.
4. В о л о д ь к о И.Ф. Зависимость эксплуатационного понижения и дебита скважин от диаметра и длины фильтра. Гидротехника и мелиорация, № 4, 1951.
5. В о л о д ь к о И.Ф. Водозаборы и особенности поисков подземных вод в различных гидрогеологических условиях. Госгеолтехиздат, 1963.
6. Г а в р и л к о В.М., А б р а м о в С.К. Фильтры буровых скважин. Госстройиздат, 1954.
7. Г а в р и л к о В.М. Фильтры водозаборных, водопонижительных и гидрогеологических скважин. Госстройиздат, 1962.
8. Г л о г о в с к и й М.М. Дебит скважин, несовершенных по степени вскрытия пласта. Труды МИИ им. Губкина, вып. II, 1952.
9. Г и р и н с к и й Н.К. Определение коэффициента фильтрации по данным откачек при неустановившемся дебите и понижениях. Госгеолтехиздат, 1950.
10. Д у б р о в с к и й В.В., К е р ч е н с к и й М.М., Л е б е д е в К.П., П л о х о в В.М. Справочник по бурению скважин на воду. Госгостехиздат, 1960.
11. К а м е н с к и й Г.Н. Основы динамики подземных вод. Госгеолтехиздат, 1948.

12. Каменский Г.Н. Поиски и разведка подземных вод. Госгеолтехиздат, 1947.
13. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. Госэнергоиздат, 1961.
14. Климентов П.П. Методика гидрогеологических исследований. Госгеолтехиздат, 1961.
15. Коротеев А.П. Зависимость дебита колодца от его радиуса. Разведка недр, № 1, 1938.
16. Коротеев А.П. Влияние диаметра буровой скважины на ее дебит. Сб. материалов по технической информации и обмену опытом, вып. 20. Главспеццветмет, 1951.
17. Крестева Н. Подземная гидравлика, т.1, Гостоптехиздат, 1961.
18. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. Гостоптехиздат, 1949.
19. Методическое руководство по гидрогеологической съемке. Госгеолтехиздат, 1961.
20. Победоносцев Н.М. \* Метод определения коэффициента фильтрации водоносных грунтов при помощи пробных откачек из отдельных буровых скважин. Сб. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, вып. 8, Гидротехгеоинститут, 1933.
21. Принц Е. Гидрогеология, 1932.
22. Справочник гидрогеолога. Под общей редакцией М.А. Альтовского, Госгеолтехиздат, 1962.
23. Справочник по специальным работам. Проектирование и сооружение скважин для водоснабжения. Под общей редакцией Н.А. Плотникова. Госстройиздат, 1960.

24. Справочное руководство гидрогеолога. Под редакцией В.М.Максимова. Гостоптехиздат, 1959.
25. С у р е н ь я н ц Я.С. Водяные скважины. Изд-во коммунального хозяйства РСФСР, 1961.
26. Технические условия проектирования и сооружения буровых скважин на воду ( СН 4-57). Госстройиздат, 1958.
27. Т р е б и н Г.Ф. Фильтрация жидкостей и газов в пористых средах Гостоптехиздат, 1959.
28. Сегаль Б.И. и Семенов К.А. Пятизначные математические таблицы. Физматгиз, 1962.
29. Ш е в е л е в Ф.А. Исследование основных гидравлических закономерностей турбулентного движения в трубах. Госстройиздат, 1958.
30. Ш е в е л е в Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных и асбестоцементных водопроводных труб. Госстройиздат, 1962.
31. Ч а р н ы й И.А. Подземная гидрогазодинамика. Гостоптехиздат, 1963.
32. Щ е л к а ч е в В.Н. Влияние проницаемости призабойной области и диаметра скважины на ее дебит. Нефтяное хозяйство № 10, 1945 и № 2 1946, Гостоптехиздат.
33. Я н и о л ь с к и й А.Р. Гиперболические функции. Физматгиз, 1960.
34. I. Petersen, C. Rohwer, M. Albertson. Effect of well screens on flow into wells. Proceedings ASCE, Vol. 79, Separate Nr. 365, New York.

9 38

9

36. Отчеты о сооружении скважин ЗГ, 859, 866, 861 и 860.  
Фонды Управления геологии и охраны недр Латв.ССР.

37. Гаврилова А.В., Страуме Я.А., Трацевский Г.Д. и Фельдман Л.В. Геологическое строение и гидрогеологические условия территории листа 0-35-XXV. Отчет Огрской комплексной ГСП по работам 1959-1960г.  
Фонды Управления геологии и охраны недр Латв.ССР.