

Луг

ГОССТРОЙ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ
(ВНИИ «ВОДГЕО»)

РЕКОМЕНДАЦИИ

по определению фильтрационных параметров
горных пород и грунтов методом экспресс-
налива в несовершенные скважины

Москва — 1979

Рекомендации по определению фильтрационных параметров горных пород и грунтов методом экспресс-налива в несовершенные скважины. М., ВНИИ «ВОДГЕО», 1978, 32 стр. (Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии Госстроя СССР).

В Рекомендациях излагается технология опробования гидродинамически несовершенных скважин путем мгновенного изменения в них уровня с последующим прослеживанием его восстановления. По данным такого опробования оценивается величина коэффициентов водопроводимости (коэффициента фильтрации), водоотдачи или обобщенного сопротивления скважины. Описывается методика интерпретации опытных данных и опыт применения экспресс-налива в различных гидрогеологических условиях.

Рекомендации предназначены для специалистов в области инженерной гидрогеологии, изыскателей гидротехнических и мелиоративных систем.

Рекомендации публикуются в соответствии с решением секции водного хозяйства НТС ВНИИ «ВОДГЕО» от 23 декабря 1977 г.

Утверждены 29 мая 1978 г. директором ВНИИ «ВОДГЕО» докт. техн. наук, профессором С. В. Яковлевым.

Научный редактор

Рекомендаций — канд. техн. наук Э. М. Хохлатов

ВВЕДЕНИЕ

Гидродинамические методы исследования водоносных пластов для определения фильтрационных параметров, а также скважин для оценки их производительности, состояния фильтра и призабойной зоны весьма разнообразны как по схеме и технологии эксперимента, так и по применяемому оборудованию. Если измерять эти методы по затратам труда и времени на один опыт, то условно можно выделить группу методов, где эти затраты минимальны. Методы этой группы поэтому называют экспресс-методами, подразумевая под этим достаточно быстрое определение ограниченного числа параметров.

Дополнительной характерной особенностью экспресс-методов является проведение исследований в одной скважине с локальным воздействием на весьма ограниченную по размерам зону пласта. Эта особенность определяет как преимущества, так и недостатки экспресс-методов. Преимуществом следует считать возможность оценки параметров пласта в малом фиксированном пространстве, что позволяет при большом числе интервалов опробования получать высокую степень детализации, прежде всего по проницаемости. К недостаткам можно отнести трудность определения комплекса параметров, учет влияния границ пласта и его неоднородности в плане и разрезе. Вполне надежно с помощью этих методов можно определить лишь один параметр при известных других. Обычно это коэффициент фильтрации, водопроводимость или обобщенное сопротивление скважины. В случае определения двух параметров один из них является грубооценочным.

В последнее время экспресс-методы исследования пластов и скважин находят широкое применение в практике гидрогеологических работ. Наиболее простым по технологии и применяемому оборудованию является способ экспресс-налива. В специальной литературе, включая методические указания и инструкции, для обработки опытных данных с целью вычисления параметров рекомендуются, как правило, приближенные методы, основанные на использовании конечного

участка кривой восстановления уровня в скважине. При этом получают ошибочные результаты [7]. Методы, основанные на использовании точных решений, разработаны недостаточно.

Учитывая эти обстоятельства, ВНИИ «ВОДГЕО» разработал технологию исследования скважин способом экспресс-налива и методы обработки получаемых экспериментальных данных. Их проверка осуществлена на опытном полигоне ВСЕГИНГЕО, ряде водозаборов подземных вод и при разведке месторождений горнохимического сырья. Получена удовлетворительная сходимость результатов кустовых опытов и исследований экспресс-наливом, что позволило подготовить настоящие рекомендации.

Рекомендации составлены кандидатами технических наук Б. С. Шержуковым, В. С. Алексеевым и А. Д. Курманенко.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Сущность экспресс-налива и условия его применения

1.1.1. Опробование опытных скважин способом экспресс-налива производится путем очень быстрого («мгновенного») возмущения напора водоносного пласта с последующей регистрацией изменений уровня воды в скважине. Источником возмущения напора может быть налив фиксированного объема воды в скважину или изъятие его из скважины, спуск под уровень в скважине емкости, вытесняющей определенный объем воды, отжатие уровня нагнетанием в скважину сжатого воздуха. Экспериментальные данные представляются в виде кривой восстановления уровня во времени, по которой расчетом определяются фильтрационные параметры.

1.1.2. Экспресс-налив позволяет получить сведения о фильтрационных параметрах опробуемых водоносных пластов при изысканиях в области хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, ирригации, обводнения пастбищных угодий и осушения месторождений полезных ископаемых, защиты водоносных горизонтов от загрязнения и засоления и может быть, в частности, использован [1, 2]:

1) для быстрого и без больших затрат средств и времени определения величин коэффициента фильтрации или водопроницаемости обводненных пород на поисковой и предварительной стадиях разведки;

2) для получения данных о фильтрационных свойствах пород месторождений полезных ископаемых путем опробования разведочных скважин на любой стадии разведки;

3) для определения фильтрационных свойств пород призабойной зоны скважины или небольших участков, непосредственно примыкающих к опытной скважине;

4) для оценки состояния ранее пробуренных скважин;

5) для быстрой характеристики состояния эксплуатационных скважин подземной выплавки серы или выщелачивания соли, оценки их приемистости и планирования работ, которые помогут достичь требуемых технологией гидродинамических параметров этих скважин;

6) для оценки состояния и инерционности наблюдательных скважин;

7) для определения степени несовершенства скважин.

1.1.3. Одним из преимуществ экспресс-налива является возможность провести ускоренное массовое опробование скважин на значительной площади, что важно при создании сеточной модели гидрогеологических условий. Комплексное применение отдельного опробования скважин и исследований с помощью откаток и экспресс-налива в общем случае позволяет решить эту задачу с достаточной степенью надежности и получить значительную экономию средств и времени.

1.2. Принципиальная схема опробования при возбуждении водоносного горизонта с помощью погружаемого под уровень воды в скважине груза

1.2.1. Погружаемый под уровень груз представляет собой пустотелую трубу, заглушенную с двух сторон, диаметром меньшим диаметра обсадной колонны на величину зазора, не вызывающего дополнительного гидравлического сопротивления движению воды по стволу скважины при восстановлении уровня. Для удобства груз делается из соединенных с помощью троса герметичных отрезков труб длиной 1,0—1,5 м.

1.2.2. Объем погружаемого под уровень воды в скважине груза зависит от диаметра скважины и величины требуемого возмущения. Наилучшие условия для использования экспресс-налива при этом способе возмущения создаются в скважинах небольшого диаметра, поскольку при увеличении диаметра скважины резко возрастает необходимый объем груза. А для работы с большими грузами требуются специальные сложные устройства или подъемные механизмы, что сводит к минимуму все преимущества метода.

1.2.3. Типовая схема опробования скважин экспресс-наливом при возбуждении водоносного горизонта с помощью погружения под уровень воды в скважине груза представлена

на рис. 1. Здесь же представлена аппаратура, с помощью которой можно фиксировать кривую восстановления уровня воды в скважине после его мгновенного подъема или понижения [3].

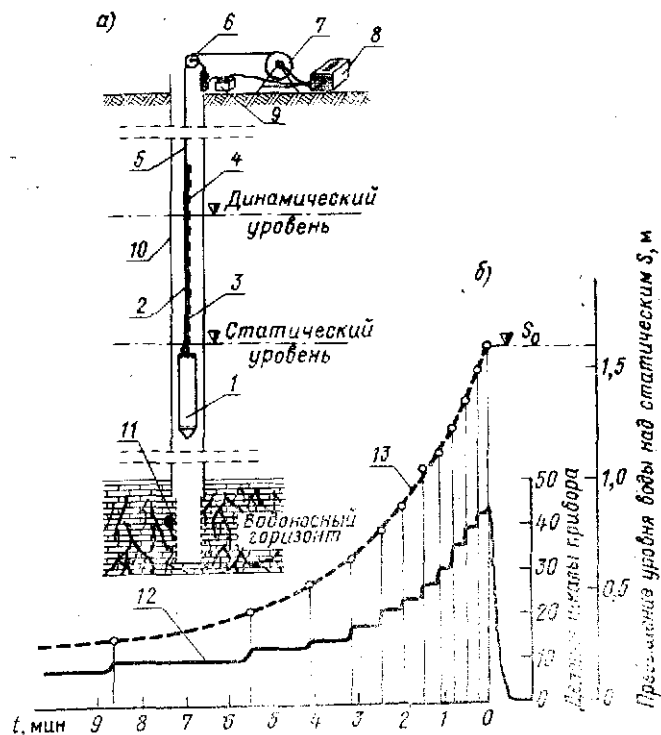


Рис. 1. Схема опробования (а) и данные восстановления уровня воды (б) в скважине при экспресс-наливе:

1 — груз; 2 — несущие жилы кабеля; 3 — датчик уровня; 4 — резисторы типа ОМЛТ или ВС; 5 — кабель; 6 — блок-баланс; 7 — лебедка; 8 — самописец; 9 — электрическая батарея; 10 — обсадная колонна; 11 — фильтр или открытая часть ствола скважины; 12 — вид записи на ленте самописца; 13 — кривая восстановления уровня

Применяемое при этом устройство (рис. 1, а) состоит из датчика уровня 3, спускаемого в скважину, груза 1 и регистрирующего прибора 8. Датчик уровня 3 представляет собой цепь последовательно соединенных резисторов типа ОМЛТ или ВС, расположенных на фиксированном расстоянии друг от друга. Сами резисторы покрыты изоляционным материалом,

а места их соединения (места пайки) не изолированы. Общая длина датчика зависит от величины вызываемого изменения уровня воды в скважине и обычно равна 2—3 м.

При падении уровня воды резисторы, находившиеся ранее в воде коротко замкнутыми, в момент выхода из воды подключаются к электрической цепи, вызывая скачкообразное изменение силы тока. Поэтому записанная на ленточной диаграмме кривая 12, показывающая изменения величины силы тока во времени, имеет ступенчатый характер. При этом положение каждой ступени на диаграмме определяется положением данного резистора в цепи и в общем случае равно

$$I_1 = \frac{U}{\Sigma R_n},$$

где I_1 — величина силы тока, соответствующая данной ступени; U — напряжение в цепи; ΣR_n — суммарное сопротивление резисторов, находящихся выше уровня воды.

По известной величине I_1 , согласно тарировочному графику, определяется положение уровня. Для удобства обработки опытных данных обычно нуль отсчета датчика устанавливается на глубине, соответствующей статическому уровню. Тогда зафиксированная в момент скачка величина уровня численно равна превышению уровня над статическим S в данный момент времени t . По полученным величинам строится кривая 13 (рис. 1, б) $S = f(t)$.

Полученная кривая восстановления уровня является основой для вычисления коэффициента водопроницаемости или коэффициента фильтрации пород.

1.2.4. При экспериментальных исследованиях на месторождениях горнохимического сырья использовались емкости (болванки) диаметром 100 и 76 мм, длиной 1000 мм, которые опускались в скважину на двух несущих жилах кабеля КТШ-2. Вместо третьей жилы была подвешена цепочка из последовательно соединенных резисторов ОМЛТ-0,5. Для питания схемы служила батарея 69-ГРМЦ-6, а регистрирующим прибором был ампервольтметр самопишущий Н-390 с преобразователем П-39, подключенным к автомобильному аккумулятору.

1.3. Принципиальная схема опробования при возбуждении водоносного горизонта с помощью отжатия уровня воды в скважине сжатым воздухом

1.3.1. Использование данного способа возбуждения водоносного горизонта ограничивается скважинами, имеющими

на рис. 1. Здесь же представлена аппаратура, с помощью которой можно фиксировать кривую восстановления уровня воды в скважине после его мгновенного подъема или понижения [3].

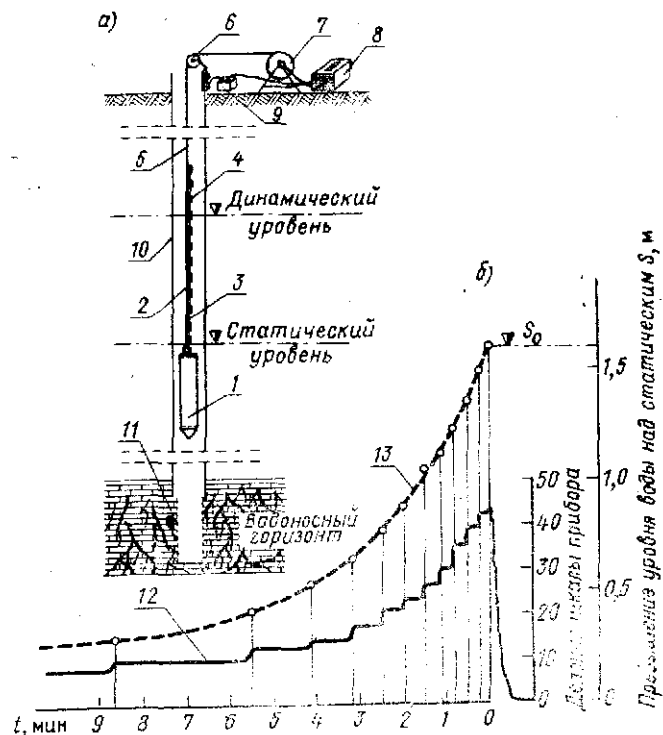


Рис. 1. Схема опробования (а) и данные восстановления уровня воды (б) в скважине при экспресс-наливе:

1 — груз; 2 — несущие жилы кабеля; 3 — датчик уровня; 4 — резисторы типа ОМЛТ или ВС; 5 — кабель; 6 — блок-баланс; 7 — лебедка; 8 — самописец; 9 — электрическая батарея; 10 — обсадная колонна; 11 — фильтр или открытая часть ствола скважины; 12 — вид записи на ленте самописца; 13 — кривая восстановления уровня

Применяемое при этом устройство (рис. 1, а) состоит из датчика уровня 3, спускаемого в скважину, груза 1 и регистрирующего прибора 8. Датчик уровня 3 представляет собой цепь последовательно соединенных резисторов типа ОМЛТ или ВС, расположенных на фиксированном расстоянии друг от друга. Сами резисторы покрыты изоляционным материалом,

а места их соединения (места пайки) не изолированы. Общая длина датчика зависит от величины вызываемого изменения уровня воды в скважине и обычно равна 2—3 м.

При падении уровня воды резисторы, находившиеся ранее в воде коротко замкнутыми, в момент выхода из воды подключаются к электрической цепи, вызывая скачкообразное изменение силы тока. Поэтому записанная на ленточной диаграмме кривая 12, показывающая изменения величины силы тока во времени, имеет ступенчатый характер. При этом положение каждой ступени на диаграмме определяется положением данного резистора в цепи и в общем случае равно

$$I_1 = \frac{U}{\Sigma R_n},$$

где I_1 — величина силы тока, соответствующая данной ступени; U — напряжение в цепи; ΣR_n — суммарное сопротивление резисторов, находящихся выше уровня воды.

По известной величине I_1 , согласно тарировочному графику, определяется положение уровня. Для удобства обработки опытных данных обычно нуль отсчета датчика устанавливается на глубине, соответствующей статическому уровню. Тогда зафиксированная в момент скачка величина уровня численно равна превышению уровня над статическим S в данный момент времени t . По полученным величинам строится кривая 13 (рис. 1, б) $S = f(t)$.

Полученная кривая восстановления уровня является основой для вычисления коэффициента водопроницаемости или коэффициента фильтрации пород.

1.2.4. При экспериментальных исследованиях на месторождениях горнохимического сырья использовались емкости (болванки) диаметром 100 и 76 мм, длиной 1000 мм, которые опускались в скважину на двух несущих жилах кабеля КТЩ-2. Вместо третьей жилы была подвешена цепочка из последовательно соединенных резисторов ОМЛТ-0,5. Для питания схемы служила батарея 69-ГРМЦ-6, а регистрирующим прибором был ампервольтметр самопишущий Н-390 с преобразователем П-39, подключенным к автомобильному аккумулятору.

1.3. Принципиальная схема опробования при возбуждении водоносного горизонта с помощью отжатия уровня воды в скважине сжатым воздухом

1.3.1. Использование данного способа возбуждения водоносного горизонта ограничивается скважинами, имеющими

герметичную обсадную колонну труб до глубины снижения уровня воды в скважине при опробовании.

1.3.2. Оборудование входного узла оголовка опробуемой скважины должно обеспечивать возможность:

- измерения давления воздуха в скважине;
- определения величины отжатия уровня воды в скважине;
- измерения динамического уровня воды в скважине;
- регулирования подачи сжатого воздуха и полного отключения скважины от питающего трубопровода;
- сброса сжатого воздуха из скважины;

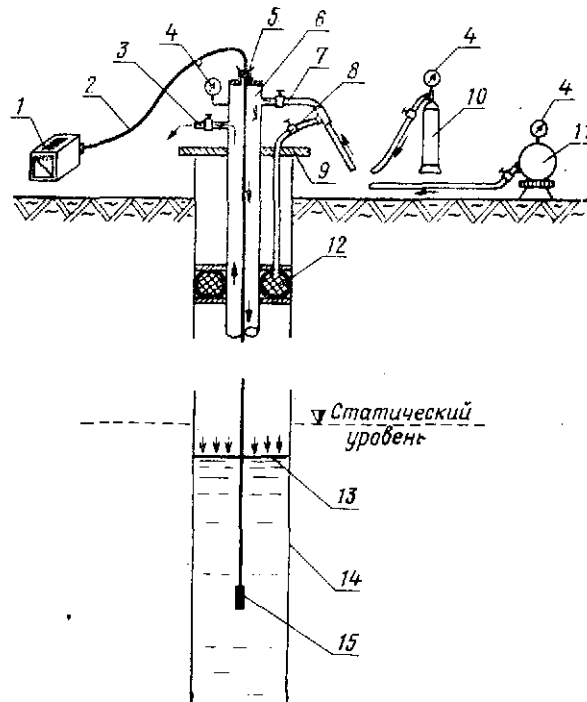


Рис. 2. Устьевое устройство для опробования скважин экспресс-наливом с помощью сжатого воздуха: 1 — самописец уровня воды; 2 — кабель; 3 — штуцер с вентилем для сбрасывания давления; 4 — манометры; 5 — сальник; 6 — труба для закачки воздуха и крепления тампона; 7—8 — шланги для подачи сжатого воздуха; 9 — фланец; 10 — баллон со сжатым воздухом; 11 — компрессор; 12 — пневматический тампон; 13 — динамический уровень воды в скважине; 14 — обсадная труба; 15 — датчик уровня

е) герметизация устья скважины.

Обязательным условием качественного производства работ рассматриваемым способом является обеспечение практически мгновенного стравливания воздуха после выдержки заданного давления в скважине.

Типовая схема устьевого устройства приведена на рис. 2.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПО ДАННЫМ ЭКСПРЕСС-НАЛИВА

2.1. Теоретические основы метода

2.1.1. Несовершенство опытных скважин оценивается обобщенным показателем дополнительного сопротивления

$$\xi = \xi_0 + \xi_c, \quad (2.1)$$

в котором ξ_0 определяет сопротивление, обусловленное неполнотой вскрытия пласта фильтром скважины, а ξ_c является суммарным сопротивлением, обусловленным конструкцией фильтра, изменением структуры и проницаемости пород в прискважинной зоне.

2.1.2. Расчетная схема скважины, имеющей в общем случае разные радиусы фильтра r_0 и ствола r_c , в пределах которого происходит изменение уровня, представлена на рис. 3. Для этой схемы математическая модель неустановившейся фильтрации, вызванной мгновенным повышением уровня в скважине в момент времени $t = 0$ на величину S_0 , представляется дифференциальным уравнением

$$\frac{a}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial s}{\partial r} = \frac{\partial s}{\partial t}, \quad r_0 \leq r \leq \infty, \quad t \geq 0 \quad (2.2)$$

и краевыми условиями

$$s(r, 0) = 0, \quad S(0) = S_0$$

$$\frac{\partial S(t)}{\partial t} = \frac{2k m r_0}{r_c^2} \frac{\partial s(r_0, t)}{\partial r}; \quad (2.3)$$

$$\partial s(\infty, t) / \partial r = 0,$$

$$S(t) = s(r_0, t) - \xi \frac{r_0}{2} \frac{\partial s(r_0, t)}{\partial r},$$

где k , a и m — коэффициент фильтрации, преезопроводность и мощность пласта;

s и S — повышение уровня в пласте на расстоянии r от центра скважины и в стволе скважины.

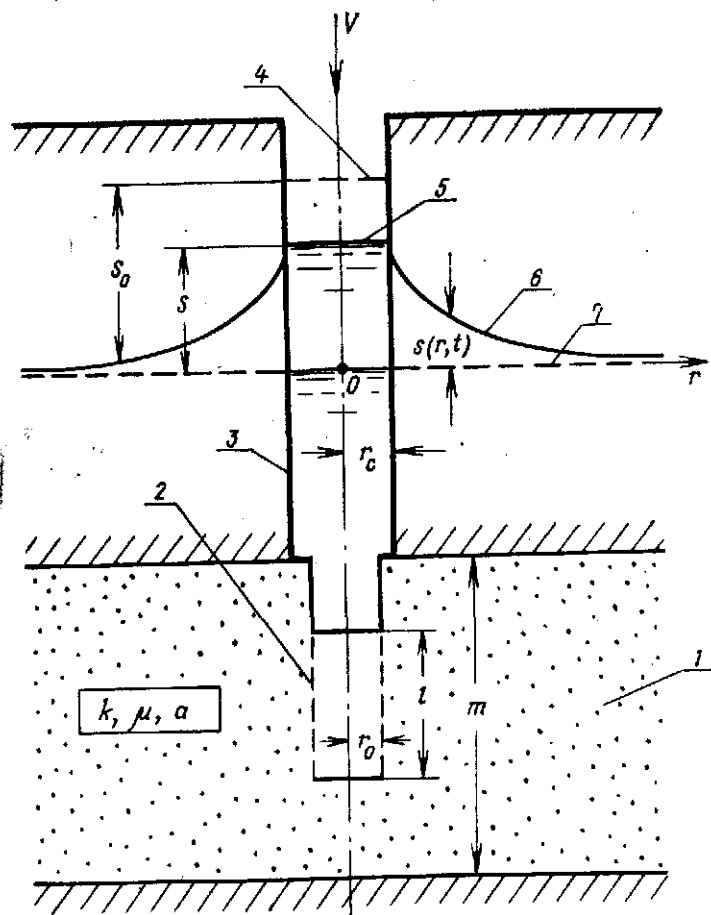


Рис. 3. Расчетная схема экспресс-налива в несовершенную скважину:

1 — водоносный пласт; 2 — фильтр или открытый забой скважины; 3 — обсадная колонна; 4 — уровень воды в скважине после налива ($t = 0$); 5 — уровень воды в скважине во время $t > 0$; 6 — пьезометрический уровень в пласте; 7 — статический уровень в пласте

2.1.3. Решение задачи (2.2) — (2.3) для изменения уровня в пласте и скважине получено Б. С. Шержуквым [4]. Восстановление уровня в скважине, возмущенного в начальный момент времени на величину S_0 посредством мгновенного налива или откачки, определяется зависимостью

$$\frac{S(t)}{S_0} = f_1(\mu^*, \zeta, \tau) = \frac{8\mu^*}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\nu^2 \tau}}{N} \frac{d\nu}{\nu}, \quad (2.4)$$

где

$$N = \left[\nu J_0(\nu) - \frac{\zeta}{2} \left(\frac{4\mu^*}{\zeta} - \nu^2 \right) J_1(\nu) \right]^2 + \left[\nu Y_0(\nu) - \frac{\zeta}{2} \left(\frac{4\mu^*}{\zeta} - \nu^2 \right) Y_1(\nu) \right]^2;$$

$$\tau = at/r_0^2;$$

$$\mu^* = \mu r_0^2 / r_c^2;$$

r_0 и r_c — радиусы фильтра и ствола скважины;

μ и a — коэффициенты упругоэластичности и преезопроводности пласта;

ζ — обобщенное сопротивление скважины;

$J_0(\nu)$, $J_1(\nu)$, $Y_0(\nu)$ и $Y_1(\nu)$ — функции Бесселя.

Функция f_1 табулирована и представлена в виде графиков [4] в диапазоне $\mu^* = 0,01-0,5$, $\zeta = 0-10$, т. е. для безнапорных пластов и небольших значений сопротивления скважин.

2.1.4. Зависимость для изменений уровня в совершенной скважине, вытекающая из (2.4) при $\zeta = 0$, имеет вид:

$$\frac{S(t)}{S_0} = I_1(\mu^*, \tau) = \frac{8\mu^*}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\nu^2 \tau}}{N_0} \frac{d\nu}{\nu}. \quad (2.5)$$

В этом случае $N_0(\nu) = N(\nu) / \zeta = 0$

Другая форма решения (2.5):

$$\frac{S(t)}{S_0} = I_1^*(\mu^*, \theta) = \frac{8\mu^*}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\nu^2 \theta / \mu^*}}{N_0} \frac{d\nu}{\nu}, \quad (2.6)$$

в котором $\theta = kmt/r_c^2 = \mu^* \tau$.

где k , a и m — коэффициент фильтрации, проницаемость и мощность пласта;

s и S — повышение уровня в пласте на расстоянии r от центра скважины и в стволе скважины.

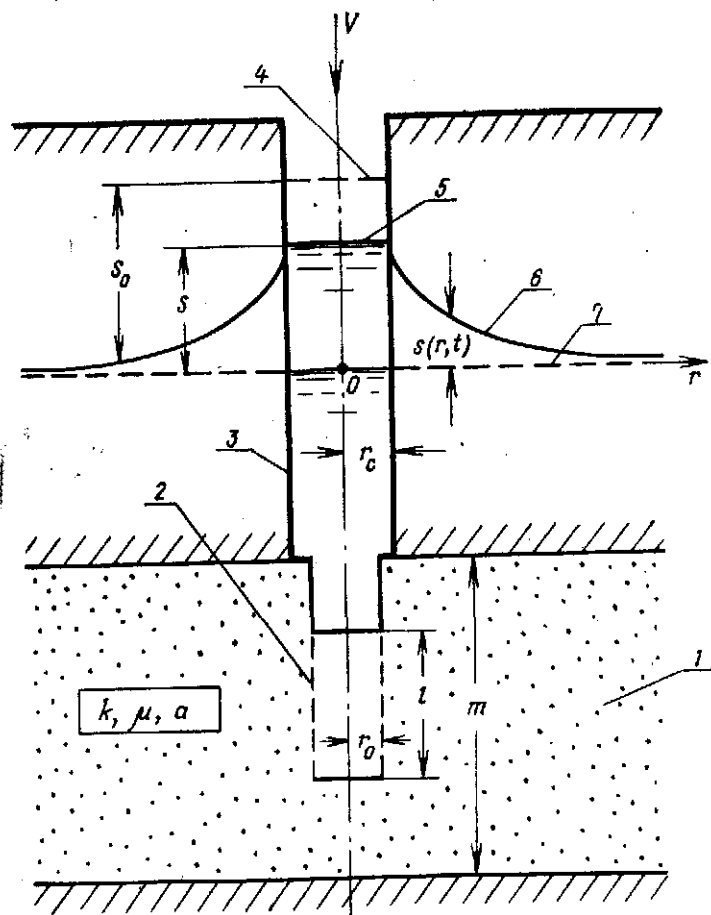


Рис. 3. Расчетная схема экспресс-налива в несовершенную скважину:

1 — водоносный пласт; 2 — фильтр или открытый забой скважины; 3 — обсадная колонна; 4 — уровень воды в скважине до налива ($t = 0$); 5 — уровень воды в скважине во время $t > 0$; 6 — пьезометрический уровень в пласте; 7 — статический уровень в пласте

2.1.3. Решение задачи (2.2) — (2.3) для изменения уровня в пласте и скважине получено Б. С. Шержуксовым [4]. Восстановление уровня в скважине, возмущенного в начальный момент времени на величину S_0 посредством мгновенного налива или откачки, определяется зависимостью

$$\frac{S(t)}{S_0} = f_1(\mu^*, \zeta, \tau) = \frac{8\mu^*}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{e^{-v^2 \tau}}{N} \frac{dv}{v}, \quad (2.4)$$

где

$$N = \left[v J_0(v) - \frac{\zeta}{2} \left(\frac{4\mu^*}{\zeta} - v^2 \right) J_1(v) \right]^2 + \left[v Y_0(v) - \frac{\zeta}{2} \left(\frac{4\mu^*}{\zeta} - v^2 \right) Y_1(v) \right]^2;$$

$$\tau = at/r_0^2;$$

$$\mu^* = \mu r_0^2 / r_c^2;$$

r_0 и r_c — радиусы фильтра и ствола скважины;

μ и a — коэффициенты упругоэластичности и проницаемости пласта;

ζ — обобщенное сопротивление скважины;

$J_0(v)$, $J_1(v)$, $Y_0(v)$ и $Y_1(v)$ — функции Бесселя.

Функция f_1 табулирована и представлена в виде графиков [4] в диапазоне $\mu^* = 0,01-0,5$, $\zeta = 0-10$, т. е. для безнапорных пластов и небольших значений сопротивления скважин.

2.1.4. Зависимость для изменений уровня в совершенной скважине, вытекающая из (2.4) при $\zeta = 0$, имеет вид:

$$\frac{S(t)}{S_0} = I_1(\mu^*, \tau) = \frac{8\mu^*}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{e^{-v^2 \tau}}{N_0} \frac{dv}{v}. \quad (2.5)$$

В этом случае $N_0(v) = N(v) / \zeta = 0$

Другая форма решения (2.5):

$$\frac{S(t)}{S_0} = I_1^*(\mu^*, \theta) = \frac{8\mu^*}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{e^{-v^2 \theta / \mu^*}}{N_0} \frac{dv}{v}, \quad (2.6)$$

в котором $\theta = km t / r_c^2 = \mu^* \tau$.

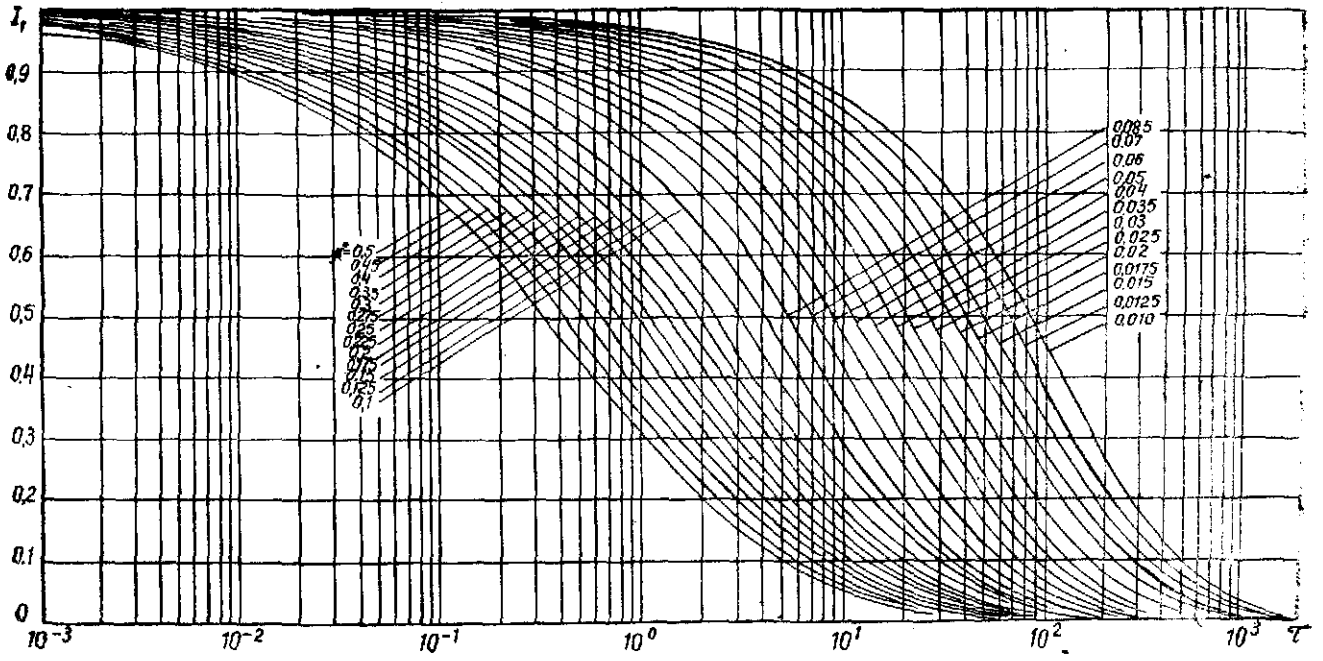


Рис. 4. График I_1 (μ^* , τ) при $\mu^* = 0,5-0,01$

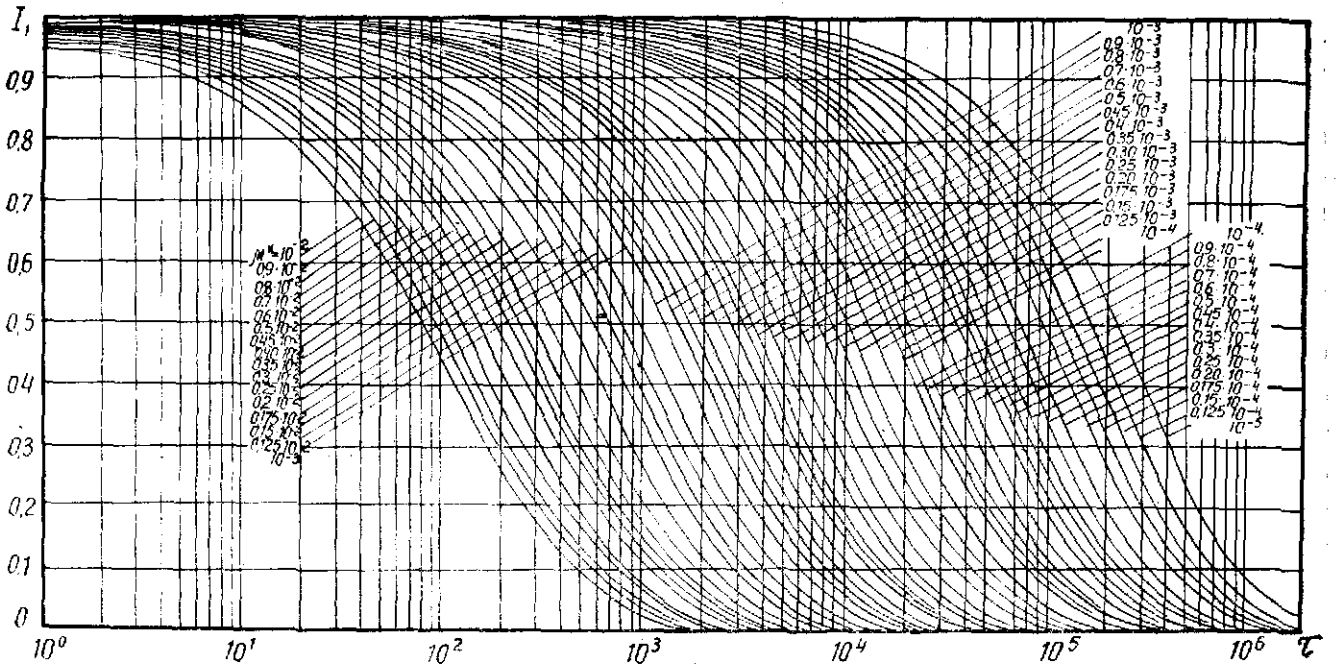


Рис. 5. График I_1 (μ^* , τ) при $\mu^* = 10^{-2} - 10^{-5}$

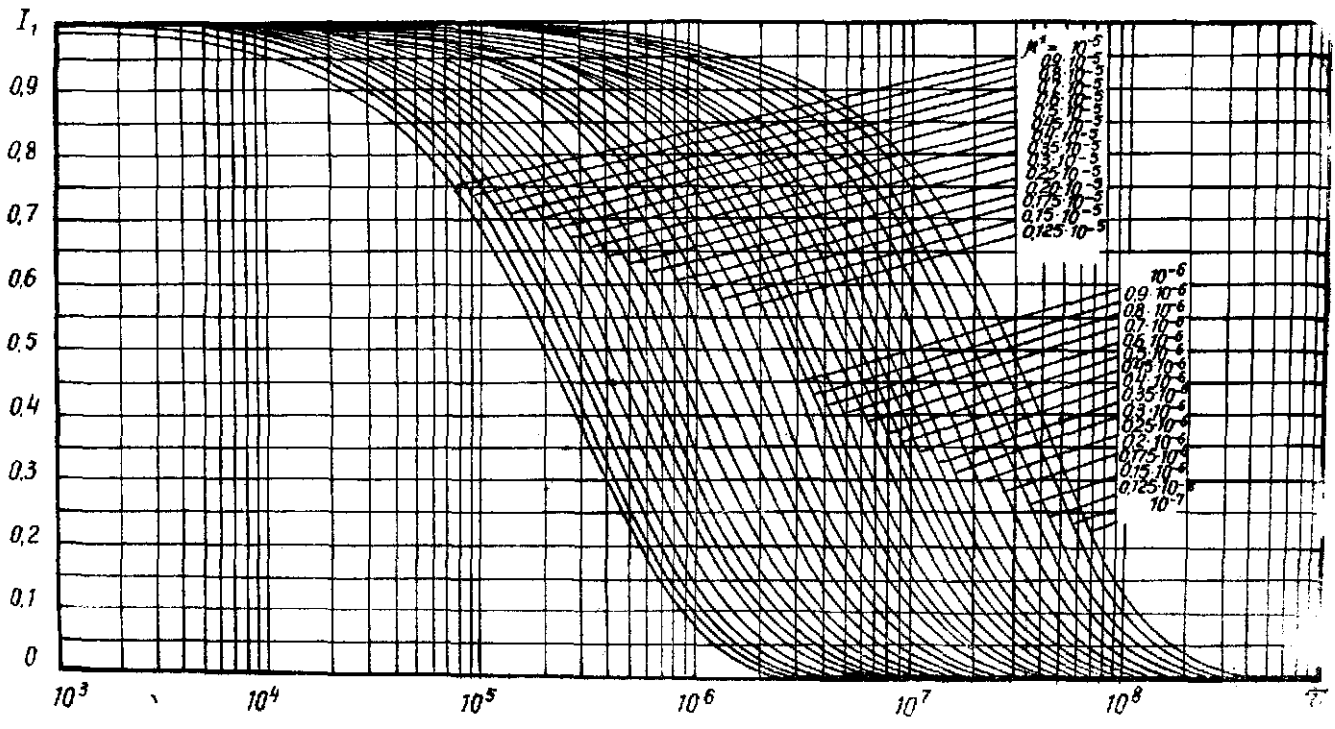


Рис. 6. График I_1 (μ^* , τ) при $\mu^* = 10^{-5} - 10^{-7}$

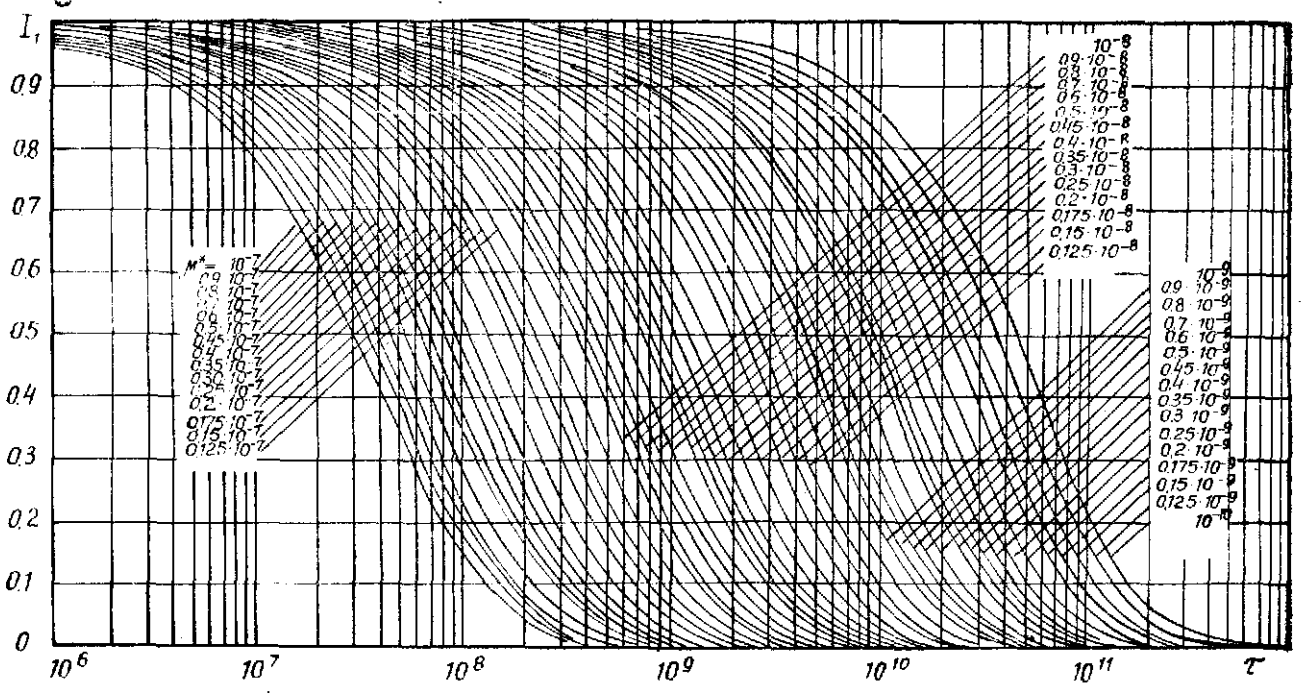


Рис. 7. График I_1 (μ^* , τ) при $\mu^* = 10^{-7} - 10^{-10}$

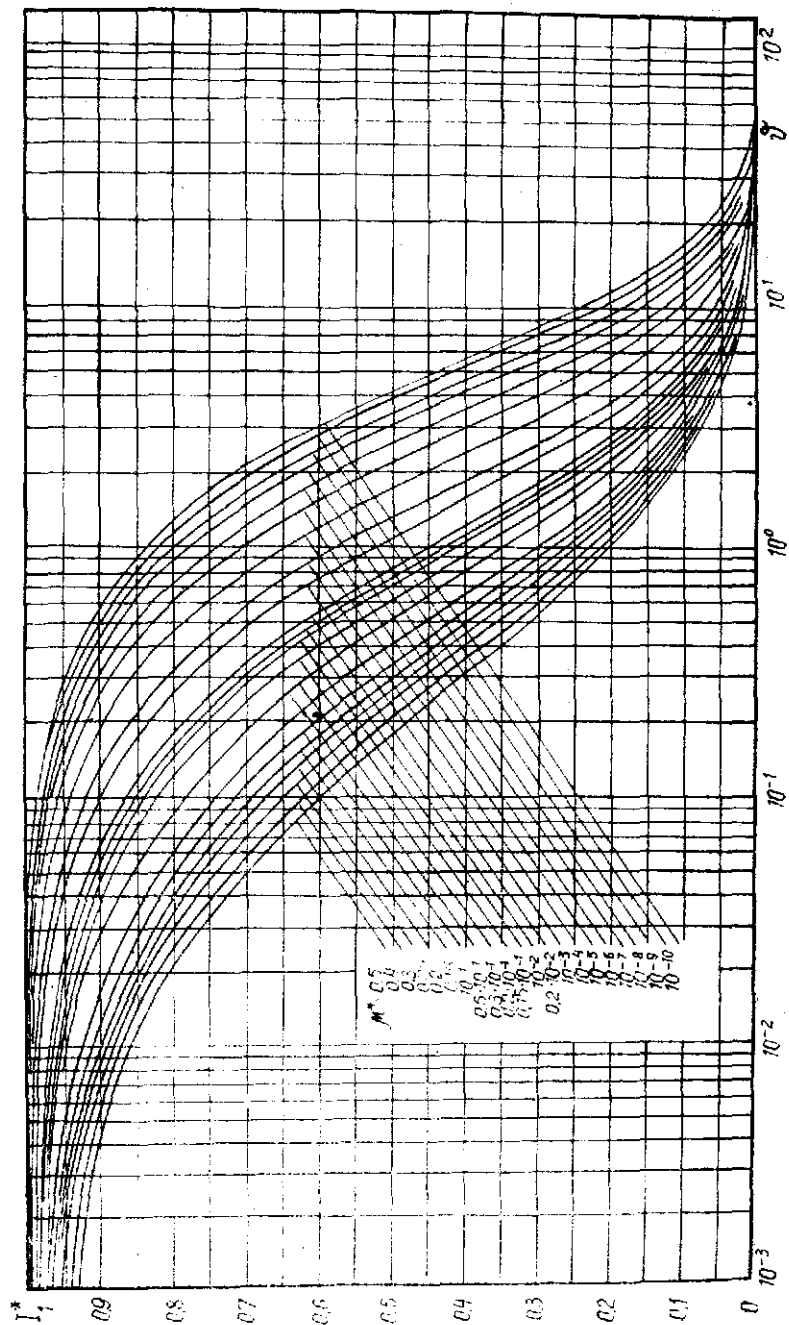


Рис. 8. График I_1^* (μ^* , θ)

Значения S/S_0 по формуле (2.5) представлены на графиках рис. 4—7 в зависимости от безразмерного времени τ и параметра μ^* .

Значения S/S_0 по формуле (2.6), табулированной Купером и др. [5, 6], представлены в табл. 1 и 2, а также на графике рис. 8 в зависимости от безразмерного времени θ и параметра μ^* .

2.1.5. Для значений $\mu^* < 10^{-10}$ вместо (2.5)—(2.6) могут быть использованы приближенные формулы:

$$\frac{S}{S_0} = \exp \left[- \frac{2\mu^*\tau}{\ln(2\sqrt{\tau/\gamma})} \right]; \quad (2.7)$$

$$\frac{S}{S_0} = \exp \left[- \frac{2\theta}{\ln \left(\frac{2}{\gamma} \sqrt{\frac{\theta}{\mu^*}} \right)} \right], \quad (2.8)$$

где $\gamma = 1,78107$ — константа Эйлера.

Таблица 1

Восстановление уровня в скважине после экспресс-налива S/S_0 в зависимости от безразмерного времени θ и параметра μ^* по Г. Куперу и др. [5]

$\theta = \frac{kmt}{rc^2}$	$\mu^* = \mu \frac{r_0^2}{rc^2}$				
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
$1,00 \cdot 10^{-2}$	0,9771	0,992	0,9969	0,9985	0,9992
$2,15 \cdot 10^{-2}$	0,9658	0,9876	0,9949	0,9974	0,9985
$4,64 \cdot 10^{-2}$	0,949	0,9807	0,9914	0,9954	0,997
$1,00 \cdot 10^{-1}$	0,9238	0,9693	0,9853	0,9915	0,9942
$2,15 \cdot 10^{-1}$	0,886	0,9505	0,9744	0,9841	0,9888
$4,64 \cdot 10^{-1}$	0,8293	0,9187	0,9545	0,9701	0,9781
$1,00 \cdot 10^0$	0,746	0,8655	0,9183	0,9431	0,9572
$2,15 \cdot 10^0$	0,6289	0,7782	0,8538	0,8935	0,9167
$4,64 \cdot 10^0$	0,4782	0,6436	0,7436	0,8031	0,841
$1,00 \cdot 10^1$	0,3117	0,4598	0,5729	0,6520	0,708
$2,15 \cdot 10^1$	0,1665	0,2597	0,3543	0,4364	0,5038
$4,64 \cdot 10^1$	0,07415	0,1086	0,1554	0,2082	0,262
$7,00 \cdot 10^1$	0,04625	0,06204	0,0852	0,1161	0,1521
$1,00 \cdot 10^2$	0,03065	0,0378	0,0482	0,06355	0,08378
$1,40 \cdot 10^2$	0,02092	0,02424	0,0284	0,03492	0,04426
$2,15 \cdot 10^2$	0,01297	0,01424	0,0155	0,01723	0,01999
$3,00 \cdot 10^2$	0,00907	0,00966	0,0102	0,01083	0,01169
$4,64 \cdot 10^2$	0,00571	0,00592	0,0061	0,00632	0,00655
$7,00 \cdot 10^2$	0,00372	0,00381	0,00388	0,00396	0,00405
$1,00 \cdot 10^3$	0,00258	0,00262	0,00265	0,00269	0,00273
$2,15 \cdot 10^3$	0,00118	0,00119	0,00119	0,00120	0,00121

Таблица 2

Восстановление уровня в скважине после экспресс-налива S/S_0
в зависимости от безразмерного времени θ и параметра μ^*
по И. Пападопулосу и др. [6]

$\theta = \frac{kmt}{rc^2}$	$\mu^* = \mu \frac{r_0^2}{rc^2}$				
	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
1,00·10 ⁻³	0,9994	0,9996	0,9996	0,9997	0,9997
2,00·10 ⁻³	0,9989	0,9992	0,9993	0,9994	0,9995
4,00·10 ⁻³	0,998	0,9985	0,9987	0,9989	0,9991
6,00·10 ⁻³	0,9972	0,9978	0,9982	0,9984	0,9986
8,00·10 ⁻³	0,9964	0,9971	0,9976	0,9980	0,9982
1,00·10 ⁻²	0,9956	0,9965	0,9971	0,9975	0,9978
2,00·10 ⁻²	0,9919	0,9934	0,9944	0,9952	0,9958
4,00·10 ⁻²	0,9848	0,9875	0,9894	0,9908	0,9919
6,00·10 ⁻²	0,9782	0,9819	0,9845	0,9866	0,9881
8,00·10 ⁻²	0,9718	0,9765	0,9799	0,9824	0,9844
1,00·10 ⁻¹	0,9555	0,9712	0,9753	0,9784	0,9807
2,00·10 ⁻¹	0,9361	0,9459	0,9532	0,9587	0,9631
4,00·10 ⁻¹	0,8828	0,8995	0,9122	0,922	0,9298
6,00·10 ⁻¹	0,8345	0,8569	0,8741	0,8875	0,8984
8,00·10 ⁻¹	0,7901	0,8173	0,8383	0,855	0,8686
1,00·10 ⁰	0,7489	0,7801	0,8045	0,824	0,8401
2,00·10 ⁰	0,58	0,6235	0,6591	0,6889	0,7139
3,00·10 ⁰	0,4554	0,5033	0,5442	0,5792	0,6096
4,00·10 ⁰	0,3613	0,4093	0,4517	0,4891	0,5222
5,00·10 ⁰	0,2893	0,3351	0,3768	0,4146	0,4487
6,00·10 ⁰	0,2337	0,2759	0,3157	0,3525	0,3865
7,00·10 ⁰	0,1903	0,2285	0,2655	0,3007	0,3337
8,00·10 ⁰	0,1562	0,1903	0,2243	0,2573	0,2888
9,00·10 ⁰	0,1292	0,1594	0,1902	0,2208	0,2505
1,00·10	0,1078	0,1343	0,162	0,19	0,2178
2,00·10	0,0272	0,03343	0,04129	0,05071	0,06149
3,00·10	0,01286	0,01448	0,01667	0,01956	0,0232
4,00·10	0,00834	0,008998	0,00964	0,01062	0,0119
5,00·10	0,00621	0,00647	0,00679	0,00719	0,00771
6,00·10	0,00496	0,00511	0,00528	0,00549	0,00574
8,00·10	0,00355	0,00362	0,00369	0,00377	0,00386
1,00·10	0,00276	0,0028	0,00285	0,00289	0,00294
2,00·10	0,00131	0,00132	0,00133	0,00134	0,00135

Относительная ошибка при определении S/S_0 в первой половине кривой восстановления уровня ($S/S_0 \geq 0,5$) не превышает 0,2% при $\mu^* = 10^{-10}$, 0,3% при $\mu^* = 10^{-5}$ и 3% при $\mu^* = 10^{-1}$.

2.1.6. Применение предпосылки приведенного радиуса фильтра $r_0^* = r_0 e^{-z}$ позволяет распространить формулы

(2.5) — (2.8) на случай экспресс-налива в несовершенных скважинах. Для этого необходимо заменить τ и μ^* на приведенные величины

$$\tau_c = \tau e^{-z}, \quad \mu_c^* = \mu^* e^{-z} \quad (2.9)$$

и затем пользоваться формулами, таблицами и графиками, полученными для схемы совершенной скважины.

В работе [8] показано, что этот прием дает практически одинаковые результаты с точным решением (2.4).

2.2. Методика обработки опытных данных

2.2.1. Для определения параметров водоносного пласта по данным его испытания экспресс-наливом применяется метод эталонных кривых, представленных на рис. 4—8, и метод времени восстановления уровня в скважине. Эти методы позволяют найти два параметра. В случае совершенной скважины, вскрывающей пласт на всю мощность и имеющей незначительное сопротивление фильтра, определяются водопроводимость km и упругоємкость μ . В случае несовершенной скважины определяются km и комплексный параметр $\mu_c = \mu \cdot e^{-z}$, для раздельного определения μ и z нужно задаться одним из этих параметров.

2.2.2. По методу эталонных кривых фактическая кривая восстановления уровня воды в скважине строится на графике с координатами S/S_0 , $\lg t$ в масштабе эталонных кривых $S/S_0 = f(\mu^*, \tau)$ или $S/S_0 = f(\mu^*, \theta)$. Добиваясь наилучшего совмещения фактической кривой с одной из эталонных кривых рис. 4—7 определяют μ_c^* и $\mu_c = \mu_c^* r_0^2 / r_0^2$. По смещению t_0 абсциссы фактической кривой $t = 1$ и абсциссы эталонной кривой на рис. 4—7 $\tau = 1/\mu^*$ находится величина водопроводимости km :

$$km = r_0^2 / t_0 \quad (2.10)$$

При использовании эталонных кривых рис. 8 определяется смещение t_0 абсцисс $t = 1$ и $\theta = 1$.

2.2.3. Неопределенность в выборе эталонной кривой (особенно при малых μ^*) устраняется при использовании метода

времени восстановления [8]. По этому методу для участка кривой восстановления длительностью $t(\bar{S}_2) - t(\bar{S}_1)$ определяется отношение $t(\bar{S}_2)/t(\bar{S}_1)$. По графикам

$$\frac{t(\bar{S}_2)}{t(\bar{S}_1)} = \frac{\tau(\bar{S}_2)}{\tau(\bar{S}_1)} = \frac{\eta(\bar{S}_2)}{\eta(\bar{S}_1)} = f(\mu^*), \quad (2.11)$$

которые представлены на рис. 9 — 11 для различных \bar{S}_1 , находится величина μ^* (или μ_c^*), определяющая наиболее подходящую эталонную кривую. По последней просто отыскивается водопроницаемость km с использованием любой точки кривой восстановления (или нескольких точек с последующим осреднением).

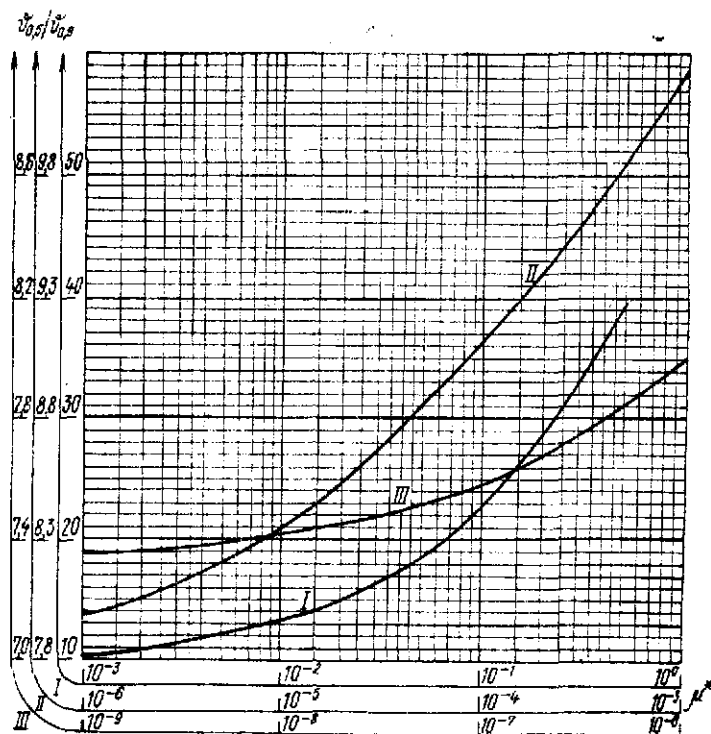


Рис. 9. График для определения μ^* по отношению $\theta_{0.5}/\theta_{0.9}$

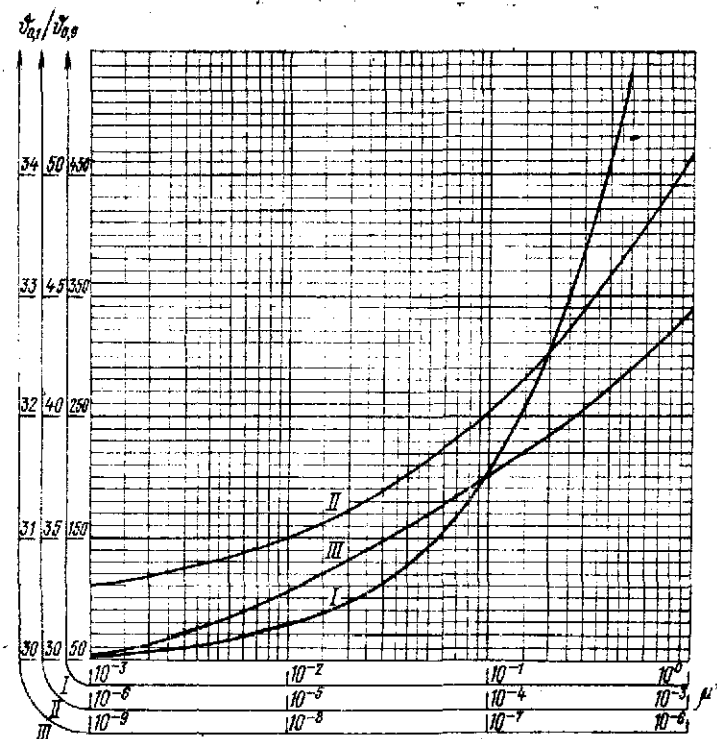


Рис. 10. График для определения μ^* по отношению $\theta_{0.1}/\theta_{0.9}$

2.2.4. При значительных сопротивлениях скважин ($\mu_c^* < 10^{-10}$), а также при использовании начального участка кривой восстановления уровня ($S/S_0 \geq 0.5$) водопроницаемость km может быть вычислена по приближенной формуле, следующей из (2.7) — (2.8):

$$km = \frac{r_c^2 \ln t_2/t_1}{4 \left(\frac{t_2}{\ln S_2/S_2'} - \frac{t_1}{\ln S_1/S_1'} \right)} \quad (2.12)$$

с использованием двух опытных точек (t_1, S_1) и (t_2, S_2) .

Параметр μ^* находится в этом случае по любой точке кривой восстановления (t, S) :

$$\mu^* = \frac{4h_i}{r^2} e^{4h_i/\ln(S_i/S_0)} \quad (2.13)$$

2.2.5. Пример расчета. Скважина № 651 Шемиловского полигона ВСЕГИНГЕО пробурена станком УРБ-ЗАМ с промывкой чистой водой до забоя и оборудована фильтром с ко-

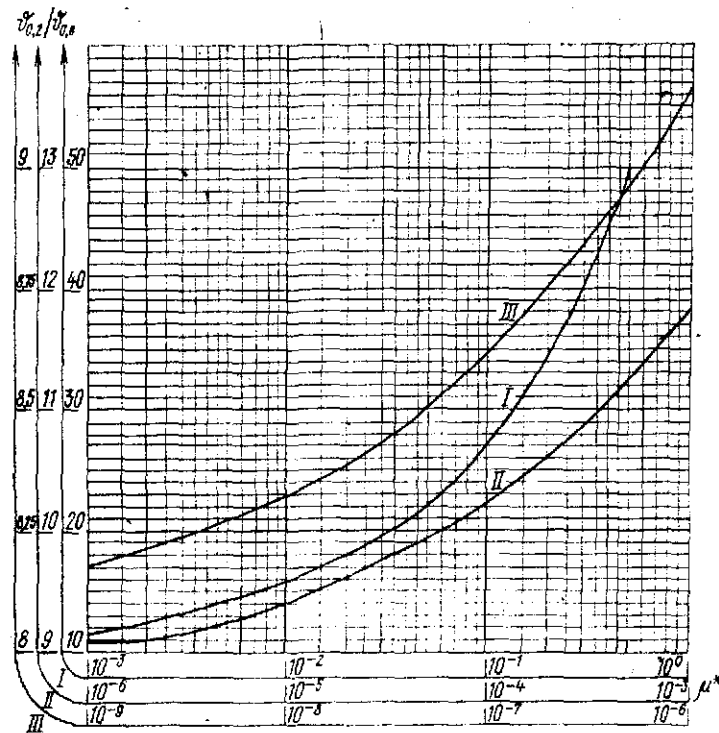


Рис. 11. График для определения μ^* по отношению $\theta_{0,2}/\theta_{0,8}$

ническими отверстиями ФКО на глубине 21,45—25,50 м. Диаметр фильтровой колонны и фильтра 127 мм. Результаты опробования скважины экспресс-наливом нанесены на график

$S/S_0 \div \lg t$ в масштабе эталонных кривых. При совмещении наилучшее совпадение получено с кривой $\mu^* = 10^{-4}$ (рис. 12).

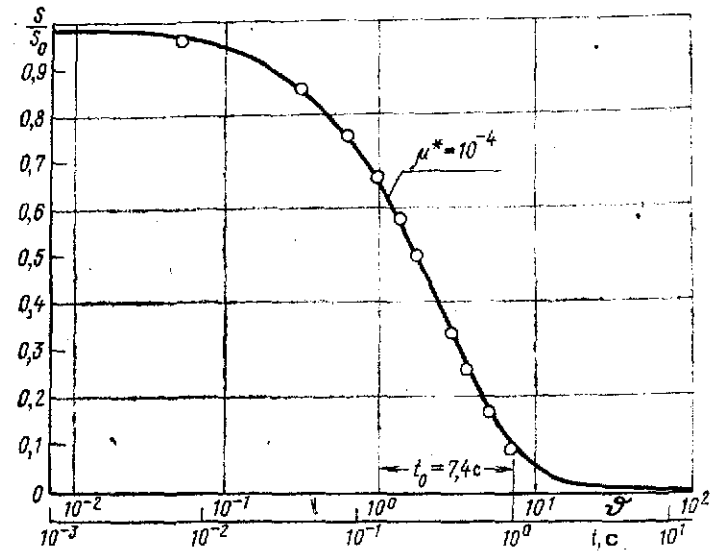


Рис. 12. Опытные точки, полученные по скважине № 651 полигона ВСЕГИНГЕО в Шемилово при экспресс-наливом, совмещенные с эталонной кривой для $\mu^* = 10^{-4}$

По величине смещения абсцисс $t = 1$, $\theta = 1$, $t_0 = 7,4$ с вычислена водопроницаемость:

$$km = \frac{6,35^2 \cdot 8,64}{7,4} = 47,1 \text{ м}^2/\text{сутки}$$

При использовании метода времени восстановления для двух точек кривой восстановления $\bar{S} = 0,5$ и $\bar{S} = 0,9$:

$$\frac{t_{0,5}}{t_{0,9}} = \frac{\theta_{0,5}}{\theta_{0,9}} = \frac{13,92}{1,4} = 9,943$$

По графику рис. 10 находится параметр $\mu^* = 0,6 \cdot 10^{-5}$. Используя затем точку опытной кривой $\bar{S} = 0,5$, имеем $\theta = 2,35$ и

$$km = \frac{\theta_{0,5} \cdot r_c^2}{t_{0,5}} \cdot 8,64 = 58,3 \text{ м}^2/\text{сутки}$$

При использовании приближенных формул п. 2.2.4 были взяты четыре пары опытных точек. Результаты расчета и осреднения приводятся в табл. 3.

Таблица 3
Данные и результаты расчета параметров km и μ_c^*

\bar{S}_1	t_1, c	\bar{S}_2	t_2, c	km	μ_c^*
0,855	2,44	0,500	13,92	38,85	$7,62 \cdot 10^{-4}$
0,755	4,84	0,425	17,42	41,39	$5,52 \cdot 10^{-4}$
0,755	4,84	0,260	28,5	45,01	$3,27 \cdot 10^{-4}$
0,660	7,66	0,260	28,5	48,4	$1,73 \cdot 10^{-4}$
Среднее значение				43,4	$4,5 \cdot 10^{-4}$

Наиболее надежными значениями km являются $47,1 \text{ м}^2/\text{сутки}$ и $43,4 \text{ м}^2/\text{сутки}$, а также среднее для них $km = 45,3 \text{ м}^2/\text{сутки}$, так как по методам пп. 2.2.2 и 2.2.4 в расчет принимались почти все точки экспериментальной кривой восстановления уровня в скважине.

3. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПРЕСС-НАЛИВА

3.1. Опробование экспресс-наливом скважин, сооруженных в рыхлых породах

3.1.1. В рыхлых породах на опытном полигоне ВСЕГИНГЕО в пос. Щемилово Московской области экспресс-наливом были опробованы несовершенные по степени вскрытия скважины, оборудованные фильтрами и фильтровой колонной труб. Опытный полигон расположен на площади Пехорско-Купавинского междуречья. В разрезе развиты переслаивающиеся флювиогляциальные (Q_{I-III}) пески различного гранулометрического состава, перекрытые слоем супеси мощностью 1—2 м. Пески на глубине 27—28 м подстилаются водоупорными верхнеюрскими глинами. Мощность безнапорного водоносного горизонта 24—26 м. Экспресс-наливом исследовано шесть опытных скважин с различными типами фильтров: тарельчатым (скв. 607), жесткопородоным (скв. 612, 613), фильтром с коническими отверстиями различных размеров (скв. 647, 651, 653). Полученные на этих скважинах экспериментальные данные представлены в табл. 4 и на рис. 13.

Таблица 4
Данные по восстановлению уровня воды в скважинах при экспресс-наливе на опытном полигоне ВСЕГИНГЕО в Щемилово

t, c	Скважина 607 $\varnothing 136 \text{ мм}$		Скважина 612 $\varnothing 138 \text{ мм}$		Скважина 613 $\varnothing 138 \text{ мм}$		Скважина 647 $\varnothing 138 \text{ мм}$		Скважина 651 $\varnothing 137 \text{ мм}$		Скважина 653 $\varnothing 120 \text{ мм}$		
	$S, \text{ м}$	S/S_0	t, c	$S, \text{ м}$	S/S_0	t, c	$S, \text{ м}$	S/S_0	t, c	$S, \text{ м}$	S/S_0	t, c	$S, \text{ м}$
0	0,61	1,000	0	0,69	1,000	0	0,91	1,000	0	1,000	0	1,01	1,000
1,16	0,58	0,942	0,67	0,64	0,924	3,50	0,86	0,939	0,40	0,960	1,50	0,96	0,950
2,74	0,50	0,820	2,67	0,56	0,800	7,87	0,76	0,829	2,44	0,86	4,36	0,86	0,847
4,56	0,42	0,697	4,53	0,48	0,675	13,62	0,66	0,725	4,84	0,76	7,06	0,76	0,747
7,13	0,34	0,549	6,67	0,40	0,525	19,30	0,58	0,632	7,66	0,66	10,32	0,66	0,653
10,10	0,26	0,427	9,80	0,32	0,400	25,60	0,50	0,549	10,62	0,58	13,64	0,58	0,569
15,80	0,17	0,279	13,20	0,24	0,250	33,15	0,42	0,467	13,92	0,50	17,50	0,50	0,495
23,70	0,10	0,176	20,00	0,15	0,125	43,75	0,34	0,368	17,42	0,42	21,80	0,42	0,421
41,40	0,03	0,049	30,30	0,08	0,017	55,50	0,26	0,286	22,70	0,34	28,25	0,34	0,332
						78,50	0,17	0,187	28,55	0,26	35,60	0,26	0,257
						108,50	0,10	0,104	39,55	0,17	50,00	0,17	0,168
						174,00	0,03	0,033	54,85	0,10	73,55	0,10	0,094
									96,20	0,03	113,70	0,03	0,030

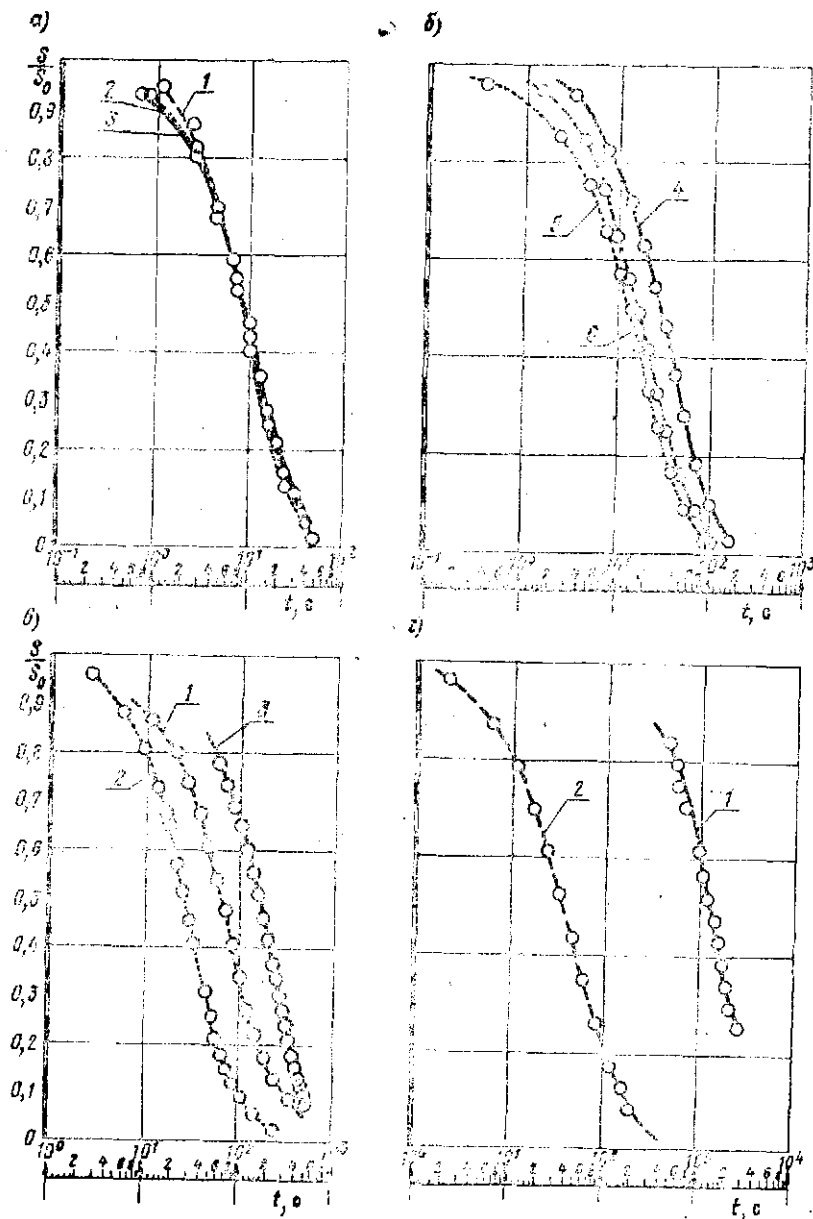


Рис. 13. Опытные кривые экспресс-налива в скважинах:
 а, б) полигона ВСЕГИНГЕО в Шемялово (1 — скв. 607, 2 — 612; 3 — 613;
 4 — 647; 5 — 651; 6 — 653)
 в) Дальневосточного месторождения серы (1 — скв. 506а; 2 — 538; 3 — 574)
 г) Язовского (1 — скв. 86п) и Гаурдакского (2 — скв. 333) месторождений серы

3.1.2. Рассчитанные по данным экспресс-налива значения водопроводимости контролировались откачками из опытных кустов с использованием в качестве центральной скважины, в которой производился экспресс-налив. Данные опытных откачек из куста скважин обрабатывались графоаналитически, путем построения графиков в координатах $\Delta S_{c-1} \div \ln r_1/r_c$ [9].

Сопоставление результатов опробования скважин опытными откачками и экспресс-наливом проведено в табл. 5. Наибольшая сходимость величин водопроводимости, определенной с помощью экспресс-налива, отмечается с результатами опытных откачек при расчете по двум наблюдательным скважинам. Отклонения значений водопроводимости, рассчитанных по данным экспресс-налива, от значений, полученных по наблюдательным скважинам, составляют от 2,2 до 5,5%, кроме скважины 607, где это отклонение равно 19,9%.

При расчетах по центральной и наблюдательной скважинам значения водопроводимости получаются существенно ниже из-за влияния неучтенного сопротивления. Характерно, что при этом наиболее достоверные результаты были получены по скважинам, имеющим незначительное сопротивление (613 и 651), отклонение в определении km — 40,8 и 43%. В то же время по скважинам с высокими значениями сопротивления отклонение достигает 300%.

3.1.3. Приведенные данные по исследованию несовершенных по характеру и степени вскрытия скважин в рыхлых породах показывают, что дополнительное сопротивление на несовершенстве скважин играет существенную роль при определении водопроводимости пород способом экспресс-налива. Это сопротивление может быть учтено с помощью определения комплексного параметра μ^* . Для определения значения сопротивления необходимо задаться ориентировочной величиной водоотдачи или упругоюмкости пласта μ .

3.2. Опробование экспресс-наливом скважин, сооруженных в скальных породах

3.2.1. В скальных устойчивых породах с помощью экспресс-налива были исследованы опытные гидрогеологические и разведочные скважины на одном из месторождений Дальнего Востока, на серных месторождениях Предкарлатья и Гаурдака, а также на Джанатасском месторождении фосфоритов бассейна Каратау.

Сопоставление значений водопроводимости, полученных экспресс-наливом и опробованием откачками или наливом

№ скважины	Водопроводимость km в $m^2/сутки$ по данным					Отклонение значений km в % от результатов		
	экспресс-налива		опытной откачки		пробной откачки или опытного налива	опытной откачки		пробной откачки или опытного налива
	km	P_c	по центр. и набл. скважин	по двум набл. скв.		по центр. и набл. скважин	по двум набл. скв.	

Опытный полигон ВСЕГИНГЕО в Шемилово

607	152,11	$1,1 \cdot 10^{-9}$	114	190	33,4	-19,9
612	180	$1,12 \cdot 10^{-9}$	111	176	62	2,3
613	152,1	$1,2 \cdot 10^{-7}$	108	161	40,8	-5,5
647	74,1	$1,7 \cdot 10^{-13}$	18,1	75,8	309	-2,2
651	43,4	$4,5 \cdot 10^{-4}$	30,4	45,3	43	-4,2
653	73,5	$36 \cdot 10^{-10}$	18,1	75,8	306	-3,03

Дальневосточное месторождение серы

506a	9,15	$5,8 \cdot 10^{-5}$		10,5		-13
538	40,2	$9,1 \cdot 10^{-7}$		39		3,1
574	10,75	$5,2 \cdot 10^{-8}$		8,8		22

Язовское и Немировское месторождения серы

86ц	1,52	$9,7 \cdot 10^{-11}$		1,06		43
16ц	22,46	$8,5 \cdot 10^{-3}$		17,7		26,9
17	0,76	$1,4 \cdot 10^{-2}$		0,71		7,04

Гаурдакское месторождение серы

333	10,65	$7 \cdot 10^{-4}$		7,18		48,3
-----	-------	-------------------	--	------	--	------

Загайпольское месторождение серы

3274	0,716	$7 \cdot 10^{-4}$		1,08		-34
3318	0,278	$5,1 \cdot 10^{-3}$		0,53		-48
3632	0,109	$7 \cdot 10^{-2}$		0,18		-39
3657	0,108	$3 \cdot 10^{-4}$		0,13		-17

Джанатасское месторождение фосфоритов

105	0,82	$2,5 \cdot 10^{-5}$		1,00		-18
191	1,08	$2,1 \cdot 10^{-7}$		1,00		8

и опытными (пробными) откачками (Язовское, Немировское, Гаурдакское, Загайпольское месторождения серы, Джанатасское месторождение фосфоритов).

3.2.2. На месторождении Дальнего Востока были опробованы обводненные трещиноватые скарны долинной части месторождения. Водоносный горизонт безнапорный, уровень воды здесь находится на глубине 1,0—3,0 м. Воды трещинно-карстового типа. Наиболее водообильна верхняя часть разреза мощностью 20—25 м, с глубиной водообильность пород резко снижается.

3.2.3. На Язовском и Немировском месторождениях серы были опробованы обводненные сероносные известняки, приуроченные к верхнетортонскому (ратыньскому) водоносному горизонту, пьезометрический уровень воды которого находится на глубине 17 м от поверхности земли. В разрезе верхнетортонский (известняковый) горизонт ограничен глинисто-мергелистой толщей (кровля) и гипсоангидритами (подошва).

3.2.4. Гаурдакское серное месторождение размещается в переходной зоне гидравлически единого верхнеюрского водоносного комплекса от Гаурдакского массива трещинно-карстовых вод к Мукинскому артезианскому бассейну. Эта зона характеризуется сменой безнапорного режима фильтрации напорным, активного водообмена замедленным, высокопроницаемых пород менее проницаемыми, слабосоленоватых вод крепкими рассолами. Экспресс-наливом здесь опробована скважина 333 г, вскрывающая на глубине 230 м трещиноватые квернозные известняки с пьезометрическим уровнем воды, находящимся на глубине 49 м от поверхности земли.

3.2.5. Обводненность Джанатасского месторождения фосфоритов бассейна Каратау связана с безнапорным водоносным горизонтом трещинно-карстовых вод карбонатных отложений тамдинской серии нижнего палеозоя, пьезометрический уровень воды которого находится на глубине 25—40 м от поверхности земли. Отложения тамдинской серии образуют здесь полосу шириной 5,0—5,5 км, ограниченную с севера и юга менее водопроницаемыми породами каройской серии. Трещиноватость карбонатных пород, как и связанная с ней водообильность, весьма неравномерна.

3.2.6. На Загайпольском месторождении самородной серы экспресс-наливом была опробована толща сероносных известняков мощностью 0,05—29,0 м, залегающая на глубине 200—250 м от поверхности земли. Особенностью этого месторождения является глубокое залегание пьезометрического уровня подземных вод (в среднем 80 м от поверхности земли), приуроченного к продуктивной толще водоносного горизонта.

3.2.7. Рассчитанные по данным экспресс-налива значения водопроводимости контролировались параллельно проведенными опытными наливом (месторождение Дальнего Востока)

3.2.8. Сопоставление результатов опробования общепринятыми гидрогеологическими методами (откачками или наливом) с результатами экспресс-наливов приведено в табл. 5. Максимальная величина отклонения составляет 48,3%, что меньше погрешностей, получаемых обычно при расчетах по данным откачки, но по различным зависимостям.

4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПРОВОДАНИЯ СКВАЖИН ЭКСПРЕСС-НАЛИВОМ

4.1. Определение экономической эффективности экспресс-налива

4.1.1. Оценка экономической эффективности применения того или иного метода опробования скважин производится путем сопоставления и анализа технико-экономических показателей сравниваемых методов.

4.1.2. При оценке эффективности геологоразведочных работ обычно применяют следующую систему технико-экономических показателей:

- 1) стоимость одного объекта (скважины) опробования;
- 2) время опробования одного объекта;
- 3) производительность труда (годовая условная производительность);
- 4) экономия материалов (трубы, цемент и т. п.) при опробовании одного объекта.

4.1.3. Для упрощения расчетов экономической эффективности применения экспресс-налива можно рассматривать только два технико-экономических показателя: стоимость и время опробования одного объекта (скважины). Это несколько занижает общую величину экономической эффективности проведенных работ, но делает более простой расчетную схему.

4.1.4. Экономия от использования экспресс-налива можно определять путем сравнения стоимости проведения пробных откачек из скважин со стоимостью экспресс-налива, поскольку такое опробование дает близкие результаты. При этом величина экономии может быть оценена по следующему выражению:

$$\mathcal{E} = N(B \cdot A - BC), \quad (4.1)$$

где N — количество пробных откачек, замененных опробованием экспресс-наливом;

B — затраты времени на опробование пробной откачкой, равные в среднем 10 бригадо-сменам (Справочник укрупненных сметных норм (СУСН, вып. 11, 1968 г.);

A — стоимость 1 бригадо-смены на производство механических откачек эрлифтом, равная 25,43 рубля (СУСН, вып. 11, М., 1968 г., табл. 80);

B — затраты времени на опробование одной скважины экспресс-наливом. Предварительный хронометраж, проведенный на исследованных скважинах Загайпольского, Язовского месторождений серы, показал, что одной бригадо-смены достаточно для проведения опыта на 3-х скважинах. Исходя из этого B принято равным 0,33 бригадо-смены;

C — стоимость 1 бригадо-смены опробования скважины экспресс-наливом. Ввиду отсутствия расценок на этот вид работ, с определенным завышением считаем, что она соответствует стоимости 1 бригадо-смены на проведение опытных наливов воды в скважину и шурф и равна 10,6 руб. (СУСН, вып. 11, М., 1968 г., табл. 88).

4.1.5. Пример оценки эффективности экспресс-налива выполнен для Загайпольского месторождения самородной серы.

Особенностью Загайпольского месторождения самородной серы, расположенного в юго-восточной части Предкарпатского сероносного бассейна, является низкая естественная водопроницаемость пород продуктивной толщи, а также глубокое залегание пьезометрического уровня подземных вод (в среднем 80 м от поверхности земли) приуроченного к ней водоносного горизонта.

В то же время месторождение проектируется к разработке методом подземной выплавки (ПВС), а для нормального течения технологического процесса разработки требуется, чтобы проницаемость руд в естественных условиях или после специальной предварительной подготовки обеспечивала достаточную скорость фильтрации при осуществимых градиентах давления. Поэтому при детальной разведке месторождений для определения возможности получения требуемой для ПВС величины водопроницаемости скважин было намечено проведение интенсификации водоотбора с применением кислотной обработки (до шести кислотных ванн на одну опытную скважину). При этом результат воздействия каждой кислотной обработки обычно оценивался с помощью последующей пробной откачки.

Использование экспресс-налива вместо откачек для оценки эффекта каждой кислотной обработки принесло в 1974 г. экономию средств в размере 75,2 тыс. рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. С., Курманенко А. Д. Опыт определения коэффициента водопроницаемости пластов по данным экспресс-налива в скважины. Экспресс-информация. Серия «Гидрогеология и инженерная геология», вып. 9, М., ВИЭМС, 1973, с. 1—11.
2. Курманенко А. Д. О перспективах использования экспресс-налива на месторождениях горнохимических руд. Инф. бюлл. Серия «Промышленность горнохимического сырья», вып. 3, М., НИИТЭХИМ, 1975, с. 3—5.
3. Курманенко А. Д. Определение водопроницаемости водоносных пород с помощью экспресс-метода. Инф. бюлл. Серия «Промышленность горнохимического сырья», вып. 5, М., НИИТЭХИМ, 1971, с. 15—19.
4. Шержуков Б. С. Определение сопротивления несовершенных скважин (скин-эффекта) по данным мгновенного налива или откачки и налива с постоянным дебитом. Сб. № 6, «Труды лаборатории инженерной гидрогеологии ВНИИ «ВОДГЕО», М., Стройиздат, 1972, с. 193—209.
5. Cooper H. H., Bredehoeft J. D., Papadopoulos I. S. Response of Finite Diameter Well to an Instantaneous Charge of water. «Water Resources Research», 1967, vol. 3, № 1, First Quarter, pp. 263—269.
6. Papadopoulos J. S., Bredehoeft J. D., Cooper H. H. On the analysis of «slug test» data. «Water Resources Research», 1973, 9, № 4, pp. 1087—1089.
7. Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород. М., «Недра», 1977, 271 с. Авт.: Н. Н. Веригин, С. В. Васильев, В. С. Саркисян, Б. С. Шержуков.
8. Шержуков Б. С. О методике определения гидрогеологических параметров по данным экспресс-исследования несовершенных скважин. Труды института «ВОДГЕО», Научные исследования в области инженерной гидрогеологии, вып. 70, 1978, с. 43—46.
9. Шулманович Г. Я., Курманенко А. Д. Сравнительная оценка некоторых конструкций фильтров. Сб. «Бурение, опробование и оборудование гидрогеологических скважин», вып. 13, ВСЕГИНГЕО, М., 1969, с. 72—80.

Цена 20 коп.

Л-100233. Подп. к печ. 2/II-1979 г. Объем 2 уч.-изд. л. Тир. 500. Зак. 306.

Тип. ВНИИ «ВОДГЕО», пл. Кучино, Моск. ж. д. (Горьк. напр.),
Гидрогородок, 15.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Общие сведения	
1.1. Сущность экспресс-налива и условия его применения	4
1.2. Принципиальная схема опробования при возбуждении водоносного горизонта с помощью погружаемого под уровень воды в скважине груза	5
1.3. Принципиальная схема опробования при возбуждении водоносного горизонта с помощью отжатия уровня воды в скважине сжатым воздухом	7
2. Методика расчета параметров по данным экспресс-налива	
2.1. Теоретические основы метода	9
2.2. Методика обработки опытных данных	19
3. Опыт использования экспресс-налива	
3.1. Опробование экспресс-наливом скважин в рыхлых породах	24
3.2. Опробование экспресс-наливом скважин в скальных породах	27
4. Техничко-экономическая оценка опробования скважин экспресс-наливом	
4.1. Определение экономической эффективности экспресс-налива	30
Литература	32