

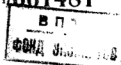


Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 661481



(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 14.03.77 (21) 2461939/18-25

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Орубликовано 05.05.79. Бюллетень № 17

Дата опубликования описания 15.05.79

(51) М. Кл.²
G 01 V 9/02
E 21 B 47/00

(53) УДК 550.839:
622.241(088.8)

(72) Автор
изобретения

В. Т. Дубинчук

(71) Заявитель

Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии
и инженерной геологии «ВСЕГИНГЕО»

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

1

Изобретение относится к гидрогеологии, гидрологии, гидротехнике и мелиорации и предназначено для определения направления и скорости движения подземных вод.

Известны устройства аналогичного назначения, в которых при измерениях применяются радиоактивные, электролитические и другие индикаторы.

Индикаторные устройства — аналоги для определения направления и скорости движения подземных вод в одиночной скважине можно по принципу действия и конструкции подразделить на три группы:

1) устройства для определения только направления движения, в которых инжектируют индикатор по оси скважины и затем фиксируют снос индикатора фильтрационным потоком;

2) устройства для определения скорости и фильтрационного расхода, в которых вводят в фиксированный измерительный объем прибора (или скважины) порцию индикатора и наблюдают за его разбавлением в ходе перемешивания и фильтрации;

3) устройства комбинированного действия и конструкции.

2

В устройствах первого типа снос индикатора в скважине в направлении потока определяется вращающимся коллимированным детектором излучения [1] или несколькими счетчиками, расположенными в скважине по кругу на некотором удалении от ее оси [2].

Известные устройства имеют существенные недостатки. Зонды Майерхофера, Абдуллаева и др. основаны на использовании только радиоактивных индикаторов, угловая точность их невелика ($\pm 30^\circ$), они достаточно сложны, поскольку в зонде должны использоваться инжектор, детекторы с электронной (согласующими каскадами, блоками предварительного усиления, преобразователями напряжения), а для привода зонда — механизм его вращения.

Прототипом изобретения является устройство для измерения скорости и фильтрационного расхода [3], содержащее механизм спуска ориентации и фиксации, инжектор индикатора и измерительную камеру. В качестве измерительного объема используется участок скважины, изолированный сверху и снизу уплотнениями, или измерительные камеры цилиндрической формы, внешний

диаметр которых равен внутреннему диаметру скважины и т. п. Индикатор вводится в измерительный объем мгновенно, однократно или постоянно, перемешивается и фильтрационным потоком выносится из объема. По убыванию концентрации (активности) индикатора судят о скорости фильтрации. В устройстве может быть применен индикатор любого типа, концентрация которого может быть зарегистрирована малогабаритным детектором, вводимым внутрь измерительной камеры или расположенным вне ее.

Основными недостатками устройства — прототипа являются невозможность одновременного определения направления и скорости движения, необходимость пакерования применения значительных порций индикатора, перемешивания. Кроме того, так как вынос индикатора из измерительного объема происходит по экспоненциальному закону, шкала устройств принципиально нелинейна, качество работы таких зондов в значительной мере зависит от режима перемешивания. Так как на практике приходится иметь дело со скважинами различного диаметра, то требуется разрабатывать сложные системы пакерования или снабжать зонд несколькими пакерами, рассчитанными на различную конструкцию скважины.

К принципиальным недостаткам устройства-прототипа относятся:

искажение (иногда существенное) фильтрационного потока из-за введения в него различных конструктивных элементов (детекторов, мешалки, инжектора, коллиматора, механизмов привода и т. д.), габариты которых сравнимы с диаметром скважины; необходимость соблюдения строгих и технологических сложных мер безопасности (расфасовка индикатора, зарядка инжектора, дезактивация зонда, устранение загрязнения скважины) вследствие использования радиоактивных индикаторов;

возможность использования только в скважинных условиях.

Цель изобретения — обеспечение одновременного определения направления и скорости движения подземных вод.

Указанная цель достигается тем, что в устройстве, состоящем из механизма спуска, подъема, ориентации и фиксации в скважине скважинного зонда, измерительной камеры, инжектора индикатора, измерительная камера зонда выполнена в виде токонепроводящей цилиндрической трубки с затворами на торцах, длина которой меньше диаметра скважины и которая ориентируется перпендикулярно оси скважины. Камера содержит два последовательно установленных датчика электропроводности. Датчики представляют собой электропроводящие парные полосы, нанесенные на внутреннюю сторону трубки, равные по длине половине трубки и имеющие независимые выводы к измери-

тельному прибору. По скорости убывания индикатора в каждой половине трубки или во всем ее объеме судят о скорости, а по характеру убывания — о направлении движения. Производя последовательно измерения под разными азимутами, получают распределение скоростей и направления движения подземных вод.

На фиг. 1 показано предложенное устройство, находящееся в скважине.

Устройство состоит из штанги 1 для спуска, ориентации и фиксации скважинного зонда, трубки 2 с торцовыми затворами 3 и датчиками 4, 5 электропроводности, каждый из которых по длине равен половине трубки 2 и выполнен в виде электропроводящих полос, нанесенных на внутреннюю поверхность трубки, уплотнителя 6, через который вводится шланг 7 от инжектора 8 индикатора, и кабеля 9, соединяющего датчики с пультом 10.

В качестве механизма спуска, ориентации и фиксации устройства в скважине может быть использовано любое из известных устройств. Для неудобных скважин применяется (фиг. 1) жесткая штанга, для глубоких скважин — лебедки с гироскопической системой ориентации скважинного снаряда. Инжектор может иметь любую известную конструкцию и может быть как наземным, так и скважинным. В качестве пульта используют приборы для измерения электропроводности растворов — электролитов (резистивиметры).

Затвор также может быть типа «жалюзи», «ирикса», «зашелки» и др. Принципиальное требование к конструкции затворов — отсутствие сужения действующего сечения на торцах трубки. Трубка выполняется из токонепроводящих материалов (пластика, эбонита, керамики и т. п.). Электроды датчиков 4, 5 электропроводности должны обеспечивать измерение сопротивления, а следовательно, и количества индикатора в каждой половине трубки, а будучи включенными последовательно с источником питания и измерительным прибором — суммарного сопротивления и соответственно количества индикатора — электролита в трубке.

Устройство действует следующим образом.

Устройство опускают в скважину на требуемую глубину и фиксируют по азимуту при помощи жесткой штанги 1, как показано на фиг. 1. Трубку 2 заполняют индикатором на поверхности или в скважине при помощи инжектора 8 через шланг 7. По команде с пульта открываются затворы 4 на торцах трубки 3. С этого момента фильтрационный поток поступает в трубку и вытесняет индикатор. По мере его вытеснения пресной подземной водой (фиг. 2) уменьшается электропроводность) или повышается сопротивление датчиков), что непрерывно регистрируется измерительным пультом. По ско-

рости убывания электросопротивления датчиков, т. е. по скорости убывания количества индикатора в трубке, определяют скорость движения воды, а по характеру изменения электросопротивления во времени — направление движения.

Рассмотрим зависимость регистрируемого устройством сигнала от величины и направления движения воды.

Пусть расход воды через трубку равен:

$$Q = VS,$$

где V — скорость движения воды в трубке; S — площадь ее поперечного сечения. Пусть $l_1 = l_2 = l/2$ — длина рабочих объемов трубки, заполненных в начале измерения индикатором с полным начальным количеством M_0 и концентрацией C_0 и учитывая, что количество индикатора, остающееся в трубке к произвольному моменту равно: (индекс 1 и 2 для левой и правой половин трубки соответственно)

$$M_1 = \begin{cases} \frac{1}{2} C_0 S l (1 - \frac{2V}{l} t) & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{l}{2V} \\ 0 & \text{при } t > \frac{l}{2V} \end{cases} \quad (2)$$

$$M_2 = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq \frac{l}{2V} = t_1 \\ \frac{1}{2} C_0 S l (1 - \frac{2V}{l} (t - t_1)) & \text{при } t_1 < t \leq \frac{l}{V} \\ \frac{1}{2} C_0 S l & \text{при } t > \frac{l}{V} \end{cases} \quad (3)$$

Так как $M_0 = \frac{1}{2} C_0 S l$, формулы (2) и (3) можно записать проще:

$$M_1(t) = M_0 \begin{cases} 1 - \frac{2V}{l} t & \text{при } 0 \leq t \leq t_1 \\ 0 & \text{при } t > t_1 \end{cases} \quad (4)$$

$$M_2(t) = M_0 \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq t \leq t_1 \\ 1 - \frac{2V}{l} (t - t_1) & \text{при } t_1 < t \leq t_2 \\ 1 & \text{при } t > t_2 \end{cases} \quad (5)$$

Соответствующие диаграммы изменения количества индикатора во времени, регистрируемые датчиками 4, 5, представлены на фиг. 3.

На фиг. 4 представлена также суммарная эюра, аналитическое выражение для которой имеет вид:

$$M(t) = M_1(t) + M_2(t) = M_0 \begin{cases} 1 - \frac{2V}{l} t & \text{при } 0 \leq t \leq t_1 \\ 1 & \text{при } t_1 < t \leq t_2 \\ 1 & \text{при } t > t_2 \end{cases}$$

при $0 \leq t \leq t_1$
при $t_1 < t \leq t_2$
при $t > t_2$

Электропроводность, регистрируемая датчиками по величине тока, будет описываться теми же уровнями, а регистрируемые диаграммы будут иметь вид, представленный на фиг. 3 и 4. Направление движения воды в трубку легко определяется по характеру диаграммы. В нашем случае при движении слева направо сигнал от левого датчика не имеет плато, а сигнал от правого имеет. Если движение противоположное, то, наоборот, плато имеет сигнал от левого датчика. Скорость движения воды равна:

$$V = \frac{l}{t_2 - t_1} \operatorname{tg} \alpha \quad (8)$$

где α — угол наклона кривой записи на нисходящем ее участке.

Таким образом, используя зависимость изменения концентрации индикатора (электропроводности) в трубке, определяют тангенс угла наклона линейного участка этого графика и по формуле (8) рассчитывают искомую скорость V . Она связана с фильтра-

ционным расходом через трубку и с фильтрационным расходом в породе соотношением:

$$Q = \beta v_f n S = v_f S, \quad (9)$$

где β — известный коэффициент, учитывающий влияние скважины на изменение фильтрационного потока в прискважинной зоне; v_f — скорость фильтрации; n — эффективная пористость, которая должна быть определена независимым способом для окончательной оценки v_f :

$$v_f = \frac{Q}{S} \quad (10)$$

Поворачивая последовательно трубку под разными азимутальными углами φ , при помощи устройства получают распределение скорости v в функции этого угла. Точное направление движения подземных вод устанавливается по величине φ , который соответствует максимальной зарегистрированной скорости v .

На фиг. 5 приведены схемы расположения трубки 2 относительно линий тока воды в скважине и принципиальный вид распределения регистрируемой при этом скорости. Она максимальна в случае ориентации оси трубки вдоль оси фильтрационного потока. В этом случае регистрируемая скорость равна скорости фильтрационного потока, так как трубка параллельна линиям тока и находится в зоне неискаженных линий тока. Если трубка перпендикулярна фильтрационному потоку, в самой трубке движения нет и фиксируется нулевая скорость.

Предлагаемое устройство может быть использовано и при исследовании соленых (обладающих большой электропроводностью) вод, трубки при этом заполняются пресной водой.

Трубки с датчиками можно закладывать в грунт (см. фиг. 6). В этом случае на торцах трубки устанавливают сетчатые фильтры 11. Устройство работает аналогично описанному.

Основное преимущество предлагаемого устройства заключается в том, что оно обеспечивает определение направления и скорости движения подземных вод с применением безопасного электролитического индикатора, при этом не требуются мешалки, сложные инжекторы и детекторы; скважинная часть устройства упрощается и может быть изготовлена в механических мастерских; благодаря сменности трубок и зарядке их на поверхности исключается использование скважинных инжекторов. Измерения могут производиться в любой скважине: необсаженной, обсаженной, перфорированной трубой, сетчатым фильтром. Трубки могут быть постоянно заложены в грунт, но при этом требуется вывод шланга для инъекции на поверхность. Простота и несложность скважинной части прибора обеспечивают невысокую стоимость, поэтому он может быть использован для массовых режимных наблюдений, причем несколько заложённых в грунт

трубок может обслуживаться одним переносным или стационарным пультом.

Формула изобретения

Устройство для определения направления и скорости движения подземных вод при помощи электролитического индикатора в одиночной скважине, включающее механизм спуска, ориентации и фиксации в скважине, измерительную камеру, инжектор индикатора, отличающееся тем, что, с целью обеспечения одновременности определения направления и скорости движения подземных вод, снижения трудоемкости и повышения точности измерений, измерительная камера снабжена цилиндрической токопроводящей трубкой с затворами на торцах, сориентированной перпендикулярно оси скважины, дву-

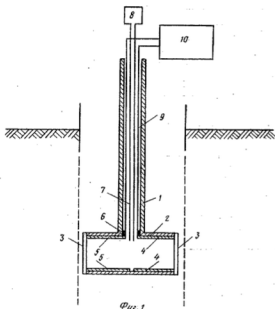
мя последовательно расположенными датчиками электропроводности, выполненными в виде продольных парных полос с независимыми выводами к измерительному прибору, установленных на внутренней стороне трубки и равных по длине ее половине.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

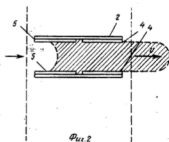
1. J. Maierhofer Bestimmung der Strömungsrichtung des grundwasser in einem einzigen Bohrloch mit Hilfe radioaktiver Elemente Atompraxis, 1963, № 9.

2. Авторское свидетельство СССР № 246706, кл. G 01 V 9/02, 1973.

3. M. Borowezic Ymaierhofer, A. Zuber «Laboratory investigation on the determination of filtration velocity by means of radioisotopes» Atomkernenergie, 10, v.9, Heft, 1/2, 51—56, 1965.



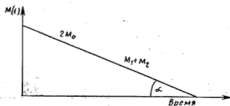
Фиг. 1



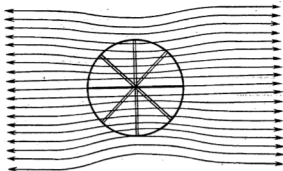
Фиг. 2



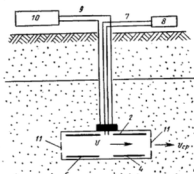
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Редактор Т. Орловская
Заказ 2462/48

Составитель Э. Терехова
Техред О. Луговая
Тираж 696

Корректор М. Демчик
Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
Филиал ППП «Патент», г. Ужгород, ул. Проектная, 4