

## ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

УДК 628.11

МРНТИ 70.19.15

*Т. Н. Мендебаев, д.т.н., Н. Ж. Смашов*

Научно-внедренческий центр "Алмас"

### МЕТОД И СРЕДСТВА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ САМОИЗЛИВОМ

---

В статье изложена суть метода разработки месторождений подземных вод принудительным самоизливом. Главные условия самоизлива - образование системы сообщающихся скважин, вскрытых на месторождении, где нисходящая скважина проводится большим диаметром и под большим углом наклона к горизонтали, чем связанная с ней восходящая скважина. Описана конструкция скважинного струйного аппарата, используемого для создания эффекта инъекции воды из водоносных пластов. Выполнены расчеты по определению ее конструктивных параметров. Область применения метода - осушение шахт и карьеров, водообеспечение промышленности, сельского хозяйства и т.д. на беззатратной основе.

**Ключевые слова:** подземные воды, самоизлив, водная скважина, конструкция скважины, водообеспечение, осушение шахт, осушение карьеров, орошение.



Мақалада жерасты су көздерін мәжбүрлеп өздігінен ағуды әзірлеу әдісінің мәні баяндалады. Өздігінен ағудың басты шарты - жер қойнауына бағытталған ұңғының, жер бетіне қарай жүргізілетін ұңғыдан ішкі белсызығының және көлбеу бұрышының үлкен болатын, су көзінде анықталған, өзара байланыстағы ұңғылар жүйесінің түзілуі. Жерасты су қабаттарынан суды соруды күшейтетін ұңғыға орналастырылған ағысты тетіктердің құрылымы сипатталған. Оның бөлшектерінің мөлшерін анықтайтын есептеулер орындалған. Әдістің қолдану аумағы - шахталар және карьерлерді құрғату, өндіріс, ауылшаруашылығы салаларына шығынсыз негізде алынатын суды жеткізу.

**Түйінді сөздер:** жер асты сулары, өздігінен ағу, су ұңғымасы, ұңғыманың конструкциясы, сумен жабдықтау, шахталарды құрғату, ашық кен орындарын құрғату, суару.

The article sets forth the essence of the method of forced spouting used to develop underground waters deposits. The main condition of spouting is formation of communicate wells, which are tapped on the deposit, where the descending well has a larger diameter and is place at a higher angle to the horizontal, while the associated ascending well has a smaller diameter and is placed at a lower angle to the horizontal. The article describes the design of the down-hole jet apparatus used to create the effect of water injection from aquifers. The parameters of the apparatus were determined by the authors of the article. The method is used for drainage of mines and quarries, industrial water-supplying, agriculture etc. on a no cost basis.

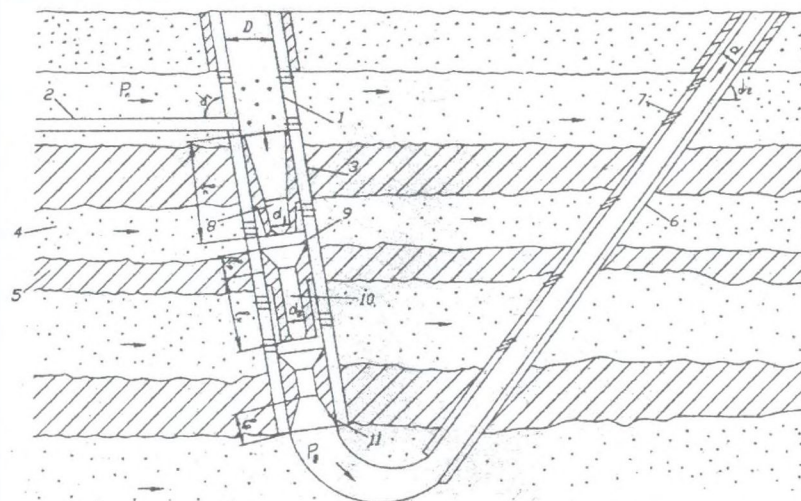
**Key words:** underground water, spouting, water well, well construction, water supply, drainage pits, irrigation.

Проблемы повышения эффективности освоения месторождений подземных вод актуальны во все времена. Поэтому нужны принципиально качественные решения проблем, базирующихся на использовании гидродинамических характеристик водоносных пластов, применении физических эффектов и достижений в области проводки скважин.

В этом отношении наиболее привлекательным представляется метод принудительного самоизлива подземных вод, когда напорная вода поднимается на поверхность Земли без использования глубинных насосов (рисунок).

После изучения генезиса происхождения месторождений подземных вод, геологических условий залегания, интервалов расположения водоносных пластов и направлений движения подземных вод, по расчетной трассе и углом наклона  $\alpha_1$  к горизонтали проводят нисходящий наклонный ствол 1, нижнее окончание которого плавно переводят в восходящее положение в направлении выхода на поверхность Земли.

После спуска съемного пакера и отбурочного устройства с лежащей стенки нисходящей скважины 1 бурят боковой ствол 2 во встречном направлении движению воды (указаны стрелками). Обсаживают нисходящую скважину 1 колонной труб 3 с внутренним диаметром  $D$  до участка плавного, закругленного перехода, с размещением фильтровой части в водоносных пластах 4, разделенных водоупорными породами 5. Затем для состыковки



Базисная схема метода принудительного самоизлива подземных вод: 1 – нисходящая скважина; 2 – боковой ствол; 3 – колонна труб; 4 – водоносный пласт; 5 – водоупорные породы; 6 – восходящая скважина; 7 – боковые отверстия; 8 – сопло; 9 – приемная камера; 10 – камера смещения; 11 – диффузор

с плавным переходом нисходящей скважины 1 осуществляют бурение с поверхности Земли восходящей скважины 6, под углом наклона к горизонтали  $\alpha_2$ . Для повышения точности состыковки процесс контролируется измерительно-следящей системой. Первоначально диаметр восходящей скважины наименьший, последовательно расширяемый в несколько приемов. Восходящую скважину 6 также обсаживают колонной труб с внутренним диаметром  $d$ , на внутренней стенке которой под острым углом к осевой линии скважины выполняют боковые отверстия 7, направленные навстречу движению воды в водоносных пластах.

Назначение бокового ствола 2, проведенного с лежащей стенки нисходящей скважины 1, заключается в отборе воды из верхнего водоносного пласта, и формировании цельного, силового, напорного потока воды, приводящего в действие струйный аппарат, каскадно размещенный внутри колонны обсадных труб.

Главное условие реализации метода  $D \gg d$  и  $\alpha_1 \gg \alpha_2$  - обеспечение перетекания потока воды из нисходящей скважины в восходящую, за счет разности объемного веса и направления силы тяжести приложенной на стенки колонны труб.

Промывку и откачку осуществляют в обычном порядке до появления чистой воды без примесей песка и глины. Затем в нисходящую скважину 1 с учетом числа водоносных пластов 4 спускают и закрепляют внутри колонны труб 3 каскад связанных струйных аппаратов, состоящих из сопла 8, приемных камер 9, камер смешения 10 и диффузора 11.

В скважинных условиях вышерасположенная камера смешения струйного аппарата одновременно является соплом для нижерасположенной, учитываемой при выполнении практических расчетов. Кроме того, приемная камера 9 должна находиться выше подошвы водоносных пластов 4, что минимизирует возможное попадание песка в струйный аппарат.

Гидродинамические процессы струйного аппарата описываются тремя законами сохранения: энергии, массы и импульсов движущихся жидкостей, что является основой для расчета конструктивных параметров струйного аппарата [1].

Определяющим параметром эффективности работы струйных аппаратов является отношение площадей сечения камеры смешения  $f_k$  и сопла  $f_c$ . Этот параметр называют коэффициентом отношения  $m$ :

$$m = f_k / f_c, \quad (1)$$

Этот же коэффициент можно определить по другой формуле:

$$m = \varphi_1^2 \varphi_2 \Delta P_c / \Delta P_k, \quad (2)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  – коэффициенты скоростей рабочего и смешанного потоков (справочные данные);

$\Delta P_c$  и  $\Delta P_k$  – перепады давлений рабочего (в сопле) и смешанного потоков воды.

Площадь выходного сечения сопла  $f_c$  находят по формуле:

$$f_c = \frac{G_{cl}}{\varphi_1} \sqrt{\frac{\gamma_c}{2\Delta P_c}} M^2, \quad (3)$$

где  $\gamma_c$  – удельный объем рабочей среды, м<sup>3</sup>/кг;

$G_{c1}$  – массовый расход рабочего потока через сопло, кг/с.

Массовый расход рабочего потока можно определить по формуле:

$$G_{c1} = \frac{G_k}{1 + K_u}, \quad (4)$$

где  $G_k$  – массовый расход смешенного потока;

$K_u$  – коэффициент инжекции.

Площадь сечения камеры смещения  $f_k$  находим из совместного решения правых частей уравнений (1) и (2).

$$\frac{f_k}{f_c} = \varphi_1^2 \varphi_2 \Delta P_c / \Delta P_k; \quad f_k = f_c \varphi_1^2 \varphi_2 \Delta P_c / \Delta P_k. \quad (5)$$

Длина сопла  $l_c$  выбирается из расчета:

$$l_c = (6 \div 10) d_1. \quad (6)$$

Длина цилиндрической части выходного сечения сопла:

$$l_u = (0,25 \div 0,5) d_1.$$

Диаметр камеры смещения можно определять по двум формулам:

$$d_2 = 1,13 \sqrt{f_k}; \quad (7)$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{m}. \quad (8)$$

Коэффициент инжекции определяется отношением инжектируемого потока жидкости к рабочему:

$$K_u = \frac{G_u}{G_{c1}}. \quad (9)$$

В нашем случае под инжектируемым потоком жидкости следует понимать водоотдачу водоносного пласта.

Диаметр приемной части камеры смешения (диаметр рас-труба):

$$d_3 = 1,55 d_1 (1 + K_u). \quad (10)$$

Длина раструба:

$$l_p = \frac{d_3 - d_2}{2 \operatorname{tg} \beta} \quad (11)$$

где  $\beta$  – угол между образующей входного участка камеры смешения и осью струйного аппарата.

Расстояние от сопла до приемной камеры смешения зависит от величины коэффициента инжекции  $K_u$  и определяется по формуле:

$$l_{cl} = \frac{(0,37 + K_u)}{4,4a} d_1, \quad (12)$$

где  $a$  – опытная константа.

Длина цилиндрической части камеры смешения:

$$l_v = (3,5 \div 8) d_2. \quad (13)$$

Конечный диаметр диффузора:

$$d_q \gg 1,7 d_2. \quad (14)$$

Длина диффузора вычисляется по формуле:

$$l_q = (6 \div 7) (d_q - d_2). \quad (15)$$

Принудительный самоизлив подземных вод по базисной схеме происходит следующим образом. Сформировавшийся в боковом стволе 2 верхнего водоносного пласта рабочий поток жидкости под действием пластового давления  $P_n$  и силы тяжести через фильтровую часть колонны труб 3 попадает внутрь струйного аппарата и, протекая из сопла 8 в приемную камеру 9, увлекает воду из нижележащего водоносного пласта 4, имеющего перед приемной камерой 9 более низкое давление. Увлеченный поток называется инжектируемым.

Рабочий и инжектируемые потоки поступают в камеру смешения 10, где скорости их выравниваются, что сопровождается повышением давления.

Протекая через каскад струйных аппаратов, и увлекая дополнительные массы воды из каждого водоносного пласта, через камеру смешения поток поступает в диффузор 11, где происходит дальнейший рост давления. Таким образом, давление потока воды на выходе из диффузора  $P_q$  значительно больше первоначального пластового давления  $P_n$ . Это и есть основное качество струйных аппаратов - повышение давления инжектируемого потока без затраты механической энергии.

Из диффузора 11, напорный поток жидкости через закругленный плавный переход межскважинной стыковки попадает в восходящую скважину 6 и, по пути отбирая новые массы инжектируемой воды из водоносных пластов через боковые отверстия 7, односторонне сливаясь с основным потоком, выходит на поверхность Земли. При изменении направления потока через закругленный плавный стыковой переход потери напора воды сводятся к минимуму [3].

К напорным водам относятся залегающие в различных структурно-геологических условиях артезианские, лавовые вулканического покрова и трещинно-жильные.

Согласно геологическим показателям артезианские межпластовые воды распространены в большом интервале глубин от нескольких десятков метров до 12-15 км [4]. То есть верхние водоносные горизонты артезианских вод могут быть на глубине нескольких десятков метров, а то и километров. Для реализации метода принудительного самоизлива наиболее подходят артезианские межпластовые воды. При вскрытии уровень этих вод устанавливается выше кровли содержащего их горизонта, а иногда выше поверхности Земли и обладает стабильным режимом и упругим характером фильтрации [4].

Изучение геологического строения залегания артезианских вод Казахстана показывает, что по предлагаемому методу многие из них могут быть переведены в режим устойчивого самоизлива. Этим может быть достигнут огромный прогресс в орошении сельскохозяйственных угодий, водообеспеченности промышленности, а также осушении шахт и карьеров. Однако, по мнению некоторых оппонентов, не следует скидывать со счетов тот

факт, что существуют определенные технические трудности в реализации данного метода, которые заключаются в точности состыковки нисходящей и восходящей скважины плавно закругленным участком между ними.

### **Литература**

1 *Дерусов В. П.* Обратная промывка при бурении геолого-разведочных скважин. - М.: - "Недра", 1994. - С. 119-124.

2 *Юшкин В. В.* Гидравлика и гидравлические машины. - Минск: "Высэйшая школа", 1974. - С. 92-93.

3 *Кирюхин В. А.* и др. Общая гидрогеология. - Л.: "Недра", 1988. - С. 258-265.

4 *Кирюхин В. А., Коротков А.И., Павлов А.Н.* Общая гидрогеология. - Л.: "Недра", 1988. - С. 258-259.