

METODYKA PROGNOZOWANIA PRZEBIEGU EKSPLOATACJI UJĘĆ WÓD PODZIEMNYCH

Zarządzenie prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 4 XII 1962 r. w sprawie rejestracji ujęć wód podziemnych i przeprowadzania w nich obserwacji (MP nr 87 poz. 411) stanowi podstawę do nagromadzenia olbrzymiego materiału faktycznego o przebiegu eksploatacji poszczególnych rodzajów ujęć wód podziemnych w określonych warunkach hydrogeologicznych. Obserwacje te pozwalają na bieżącą i aktualną ocenę możliwości eksploatacyjnych ujęć, stanu zasobów eksploatacyjnych ujmowanych warstw, rozwoju procesu „zarastania” zastosowanych filtrów oraz eliminowania niesprawnych typów filtru i konstrukcji ujęć przy budowie nowych itd.

W niniejszym artykule proponuje się i podaje metodykę wykorzystania tych obserwacji dla ustalenia prognozy dalszego przebiegu eksploatacji ujęć. Zagadnienia prognozy, poza opisami pojedynczych przypadków przebiegu eksploatacji, nie znalazły wystarczającego naświetlenia w literaturze; dotyczy to szczególnie charakterystyki ilościowej procesu. Fakt ten powoduje z reguły pomijanie tych zagadnień przy projektowaniu, dokumentowaniu i eksploatacji ujęć.

Najczęstszą przyczyną spadku wydajności ujęć jest zmniejszanie się przepustowości ich filtrów powodowane strącaniem i osadzaniem związków chemicznych na powierzchni filtracyjnej i w jej pobliżu oraz ich kolmatacją cząstkami mechanicznymi. W przypadku dużych zawartości żelaza, węglanów, dwutlenku węgla oraz innych związków w wodzie, zależnie od konstrukcji filtru i sposobu eksploatacji, studnie w przeciągu kilku lat, a nawet miesięcy zmniejszają wielokrotnie swoją wydajność. Aby uwzględnić to zjawisko i w porę podjąć środki skierowane na usunięcie spadku wydajności, należy w oparciu o badania stopniowego spadku wydajności otworów ustalać prognozę rozwoju tego procesu.

Ze względów praktycznych najważniejszy okres rozwoju procesu „zarastania” filtrów przypada na środkową część okresu eksploatacyjnego ujęć. W okresie początkowym przez określony z obserwacji czas (t_0) proces zarastania nowego filtru w związku z jego odpornością na korozję nie występuje. Poza tym filtr może posiadać pewien wskazany zapas przepustowości i proces ten będzie niewidoczny. Natomiast w końcowym etapie eksploatacji zarastanie jest z reguły bardziej intensywne, a łączny jego wynik powoduje, że wydajność ujęcia osiąga wartości q_k , poniżej której przestaje ono pokrywać zapotrzebowanie na wodę. Czas trwania dalszego zmniejszania się wydajności nie przedstawia praktycznego znaczenia.

Wyłączając początkowy okres eksploatacji (t_0), w którym $q = \text{const}$ oraz końcowy okres następujący po osiągnięciu wydajności jednostkowej q_k , dla przybliżonych prognostycznych obliczeń, możemy przyjąć, iż w środkowym okresie eksploatacji ujęcia spadek wydajności wzrasta proporcjonalnie w czasie i wynosi:

UKD 551.491.56:622.321.003.12(083.3)

$$V_q = \frac{q - q_1}{t - t_0} \frac{\text{m}^3/\text{godz}/1\text{m}}{\text{rok}} \dots [1]$$

gdzie

q i q_1 — wydajności jednostkowe stwierdzone odpowiednio podczas pierwszego pomiaru i po upływie czasu t , określane przy jednakowej depresji lub wydajności ogólnej ($\text{m}^3/\text{godz}/1\text{m}$),
 t — czas między pomiarami q i q_1 (lat),
 t_0 — czas, w jakim wartość $q = \text{const}$ (lat).

Znając roczną wielkość spadku wydajności jednostkowej [1] możemy określić czas T , w jakim nastąpi zanik pozostałej wydajności jednostkowej q , zmniejszonej o wydajność końcową q_k . Dane te określamy na podstawie wzoru [1] z równości:

$$q_1 - q_k = \frac{T(q - q_1)}{t - t_0} \dots [2]$$

Rozwiązując w stosunku do T otrzymamy:

$$T_{q_1} = \frac{(q_1 - q_k)(t - t_0)}{q - q_1} \text{ (lat)} \dots [3]$$

Przy następnym pomiarze i określeniu aktualnej wydajności jednostkowej q_2 czas, w jakim możliwa będzie dalsza eksploatacja ujęcia od momentu tego pomiaru, można określić bardziej dokładnie wykorzystując nowy pomiar za pomocą wzoru:

$$T_{q_2} = \frac{(q_2 - q_k)t_{1,2}}{q_1 - q_2} \dots [4]$$

gdzie:

$t_{1,2}$ — czas między okresowymi pomiarami q_1 i q_2 .

Dla pełniejszej charakterystyki procesu spadku wydajności celowe wydaje się również określanie łącznego procentu spadku wydajności $C\%$ za okres $t - t_0$ oraz prędkość tego spadku rocznie $V\%$. Przyjmując wydajność początkową q za 100% z proporcji określimy:

$$C\% = \frac{(q - q_1) 100}{q} (\%) \dots [5]$$

oraz

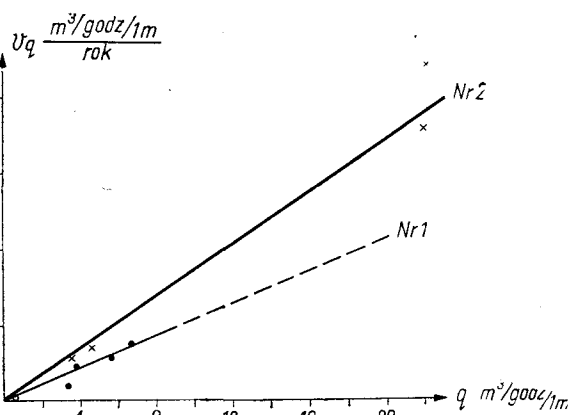
$$V\% = \frac{(q - q_1) 100}{t - t_0} \left(\frac{\%}{\text{rok}} \right) \dots [6]$$

L. P.	Wiek i litologia warstwy	Wyniki obserwacji						Analiza i prognoza					Inne dane	
		Daty pomiarów	Okres między pomiarami t lat	Wydajności jednostkowe			Łączny spadek C %	Roczna prędkość spadku		Czas zaniku pozost. wydajności q ₁ -q _k T _q lat	Łączny czas eksploatacji RT = T _{q1} + t lat	Zawartość żelaza w wodzie podczas pierwszego pomiaru — podczas następnego	Rodzaj powierzchni filtracyjnej	
				początkowa q m ³ /godz./1 m	Podczas t q ₁ m ³ /godz./1 m	Końcowa q _k m ³ /godz./1 m		V %	V _q m ³ /godz./1 m					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
STUDNIE BEZ RENOWACJI														
1	—	Oligocen-p _π +z	1958—1964	ok. 7	0,43	0,128	0,08	70,2	10,47	0,045	2,66	9,86	—	—
2	—	Oligocen-ps+z	I-1958—XII 1963	6	3,15	2,15	0,8	31,7	5,56	0,175	7,69	13,69	3,6—4	siatka miedz. Nr 8 i 12
3	—	Oligocen-ps	1958—VIII 1961	3,5	3,88	2,52	0,5	35,3	11,03	0,425	7,95	10,45	0,9—?	—
4	—	Czwartorzęd ps+z	1960—I-196	ok. 5	5,44	2,69	1,0	50,5	10,74	0,585	2,89	7,89	0,1—1,3	siatka miedzian. Nr 8 z obsypka
5	—	Czwartorzęd ps+z	1956—III-1964	ok. 8	6,66	0,91	0,6	86,3	11,21	0,746	0,42	8,42	0,1—?	siatka miedziana
STUDNIE PO PIERWSZEJ RENOWACJI														
6	—	Oligocen-pd-ps	X-1960—XI. 1963	3,08	3,45	1,8	0,8	47,8	17,19	0,594	2,68	5,76	3,9—6	siatka miedz. Nr 8 i 10
7	—	Czwartorzęd pd+z	1962—I-1965	ok. 3	4,56	2,69	1,0	41,0	15,18	0,693	2,44	5,44	1,0—?	OB-5 z obsypka
8	—	Czwartorzęd z+ps	III-1961—VI-1963	2,25	21,9	15,0	5,0	31,55	16,15	3,54	2,82	5,07	1,0—?	siatka miedz. Nr 10
9	—	Czwartorzęd z+zp	VII-1959—III-1961	1,66	22,21	16,22	5,0	26,97	19,89	4,4	2,55	4,21	1,0—?	siatka miedz. Nr 10

Powyższe wzory dotyczą spadku wydajności jednostkowej, spowodowanego najczęściej występującą przyczyną, jaką jest zarastanie filtrów i nie dotyczą przypadków powodowanych szczerpaniem zasobów, współdziałaniem z nowo wybudowanymi ujęciami, zwiększeniem poboru w istniejących ujęciach, mechanicznym uszkodzeniem filtra lub sprzętu pompowego. Dla ilustracji załączono tabelę z wynikami obliczeń według proponowanej metodyki.

Ze względu na brak danych z obserwacji dotyczących długości okresu t_0 , w którym wydajność jednostkowa ujęć nie wykazywała tendencji spadkowych, okres ten przyjęto orientacyjnie jako 0,3 roku. Wielkość końcowej wydajności jednostkowej q_k , poniżej której ujęcie przestaje pokrywać zapotrzebowanie na wodę, określono dla każdej studni na podstawie zapotrzebowania, warunków hydrogeologicznych oraz konstrukcji studni i rodzaju sprzętu pompowego. Obliczony łączny procent spadku wydajności jednostkowej (rubryka 9) jest wielkością zmienną, charakteryzującą stopień wykorzystania konkretnego ujęcia. Natomiast określona roczna procentowa prędkość spadku wydajności dla rozpatrzonych przypadków (rubryka 10) jest wielkością dość stałą wynoszącą dla studzien bez renowacji średnio około 10%, a dla studzien po pierwszej renowacji około 17%.

Powyższe wskazuje na fakt, że obok korozji i „zarastania” filtra podczas eksploatacji zmianom podlega również warstwa wodonośna w strefie przyfiltrkowej. Dlatego wymiana filtra jest zabiegiem częściowym i nie prowadzi do pełnej regeneracji wydajności ujęcia.



Prędkość spadku wydajności jednostkowej określona w m³/godz/m/rok (rubryka 11) wykazuje dużą zmienność dla poszczególnych studzien i jest tym większa im intensywniejsza była eksploatacja ujęcia. Dane te naniesione na wykres $V_q = f(q)$, otrzymując dwie proste: nr 1 — dla studzien bez renowacji z mniejszym zanikiem wydajności i nr 2 — dla studzien po pierwszej renowacji, gdzie zanik ten jest większy. Po uściśleniu wykresu wieloma punktami obserwacyjnymi może być on użyty dla prognostycznego określania prędkości zaniku wydajności dla ujęć eksploatowanych, ze znaną wydajnością jednostkową q .

Znajomość prędkości zaniku wydajności po wprowadzeniu poprawek na początkowy i końcowy okres eksploatacji według wzoru [3] pozwala na prognostyczne określenie czasu, w jakim ujęcia będą w stanie pokrywać odpowiednie zapotrzebowanie na wodę od momentu ostatniej obserwacji (rubryka 12). Czas ten wraz z czasem poprzedzającym ostatnią obserwację stanowi łączny czas czynnej eksploatacji ujęcia (rubryka 13).

Brak ustalonej prognozy przebiegu eksploatacji ujęć powoduje, że użytkownicy zwracają uwagę na proces „zarastania” filtrów dopiero w momencie zaniku wydajności. Konieczność przeprowadzania konserwacji i renowacji ujęć stanowi w tym przypadku zaskoczenie, a nie z góry zaplanowaną akcję. Często są to przedsięwzięcia spóźnione, zmuszające w efekcie do zastąpienia starych ujęć nowymi, nieprzewidzianymi w planach inwestycyjnych. Z drugiej strony wiadomo, że z reguły właściwa konserwacja ujęć, a więc w porę przeprowadzona renowacja daje pozytywne wyniki, a

SUMMARY

The present author proposes to use systematic measurements of yield of exploited underground water intakes for elaboration of prognosis of the further exploitation course. Both the subdivision of the process of decrease in exploitation into periods, and the separation of the initial period of exploitation, in which such a decrease does practically not exist, and of the final period, in which the intake does not cover the whole demand for water, have allowed to give the formulae for the prognostic determination of further exploitation of intakes. The way of using the formulae has been illustrated by several examples.

The prognosis of exploitation course of active water intakes allows to plan the use, conservation and renovation of intakes, and permits to project the new ones. The verified prognoses of the water intakes exploited also allow to foreseen the course of exploitation of new intakes from the very beginning.

koszt tych prac jest znacznie mniejszy od kosztu budowy nowych ujęć.

Ustalenie prognozy przebiegu eksploatacji poszczególnych ujęć stworzy podstawę do planowego ich eksploataowania, przeprowadzania konserwacji i renowacji oraz planowania inwestycji na nowe ujęcia. Sprawdzone prognozy dla wielu przypadków pozwolą na uogólnienie wyników i opracowanie prognozy przebiegu eksploatacji dla poszczególnych typów filtrów w określonych jednostkach hydrogeologicznych.

LITERATURA

1. Anatoliewski P. A., Mołojan A. B., Szeerow O. M. — Eksploatacja i remont wodnianych skwazin. Moskwa 1964.
2. Masłowski E. A., Abramow S. K. — Głęboki drenaż. Moskwa 1964.
3. Wołodko I. F. — Wodozabory i osobiennosti poiskow podziemnych wód w rozlicznych gidrogeologicznych usłowijach. Moskwa 1963.

РЕЗЮМЕ

Автор статьи предлагает использовать систематические измерения дебита эксплуатируемых каптажей для разработки прогнозов дальнейшего хода эксплуатации. Разбивка процесса падения дебита на интервалы и исключение из расчетов начального периода эксплуатации, когда падение практически не наблюдается, и конечного периода, когда каптаж перестает обеспечивать потребности водоснабжения, позволили вывести формулы прогнозирования определения хода дальнейшей эксплуатации каптажей. Способ использования формул показан на примерах.

Прогнозирование процесса эксплуатации подземных вод создает возможность вести планомерную добычу, консервацию и ремонт каптажных устройств и проектирование новых каптажей. Проверенные прогнозы эксплуатируемых каптажей создадут возможность прогнозировать процесс эксплуатации новых каптажей в начальный момент их действия.