

Г. П. Евграшкина, А. Ю. Омельчук

Днепропетровский национальный университет имени О. Гончара

ПРОГНОЗ УРОВЕННОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ПРУДУ – НАКОПИТЕЛЮ СБРОСНЫХ ШАХТНЫХ ВОД «СВИДОВОК»

На тривалий час прогнозу рівневого режиму запропонована гідродинамічна схема пласт-полоса. Вона враховує підйом рівня ґрунтових вод під сумарним впливом двох гідродинамічних схем: ставка та річки Самари. Процес описується рівнянням Фур'є. У прогнозних розрахунках розраховується метод подвійної суперпозиції, який найбільш точно враховує вплив граничних умов.

Ключові слова: прогноз, рівняння Фур'є, метод подвійної суперпозиції

На длительные сроки прогноза уровня режима предложено использовать гидродинамическую схему пласт-полоса. Она учитывает подъем уровня грунтовых вод под суммарным влиянием двух гидродинамических схем: пруда и реки Самары. Процесс описывается уравнением Фурье. В прогнозных расчетах используется метод двойной суперпозиции, который наиболее точно учитывает влияние граничных условий.

Ключевые слова: прогноз, уравнение Фурье, метод двойной суперпозиции

The hydrodynamic scheme layer-bond is proposed for long – term level regime forecast. Which takes into account the rising ground waters under the influence by hydrodynamic schemes: of the pond and of the river Samara. The process is described with Fourier's equation. The method of double superposition is used in the calculations, which the most accurately accounts for the effect of boundary conditions.

Key words: forecast, the Fourier equation, the method of double superposition

Постановка проблеми. Пруды - накопители сбросных шахтных вод построены без противофильтрационной защиты водовмещающей части. Высокоминерализованные сбросные шахтные воды в процессе фильтрации загрязняют водоносные горизонты. Для научного обоснования комплекса природоохранных мероприятий гидрогеологической направленности необходимы прогнозные расчеты по изменению уровня и солевого режима грунтовых вод территории прилегающей к пруду–накопителю «Свидовок». Прогноз солевого режима на 20 лет выполнен Евграшкиной Г. П. [1]. Настоящие исследования позволяют применить более совершенные методы для повышения достоверности прогнозных расчетов и эффективности их.

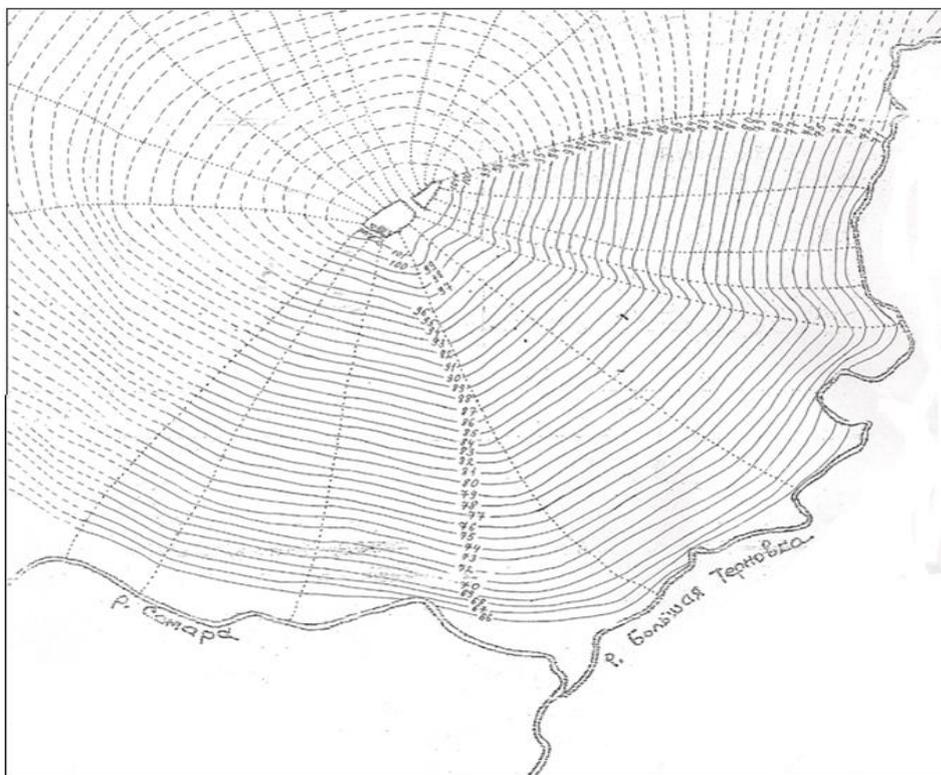
Изложение основного материала. Для построения карты гидроизогипс на 2012 год были использованы данные режимных наблюдений Павлоградской ГРЭ. Сначала построены токовые линии. После этого для каждой линии тока через 500 м рассчитывается подъем уровня грунтовых вод. Для этого использовано аналитическое решение уравнения Лапласа для гидродинамической схемы пласт-полоса.

$$H_x = \frac{H_{пруда} - H_{реки}}{L} \cdot x + H_{реки} , \quad (1)$$

де H_x – уровень грунтовых вод в расчетной точке с координатой x , м;
 $H_{\text{пруда}}$ – уровень воды в пруде, м; $H_{\text{реки}}$ – уровень воды в реке, м; L –
 расстояние от пруда до реки, м.

Начало координат $x=0$ выбрано по урезу воды в реке.

По этим данным построена карта гидроизогипс на момент 2012 года,
 содержащая 10 токовых линий (рис. 1).



-  - пруд-накопитель "Балка Свидовок"
-  - линии тока
-  - гидроизогипсы водоносного комплекса олигоцен – миоценовых и четвертичных отложений

Рис. 1. Схематическая карта гидроизогипс на 2012 год

Процесс изменения уровня подземных вод на прилегающей территории описывается уравнением Фурье

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = \frac{1}{a} * \frac{\partial H}{\partial t} \quad (2)$$

где H – гидродинамический напор, м; a – коэффициент уровнепроводности, $\text{м}^2/\text{сут}$; x – пространственная координата, м; t – временная координата, сут.

Для метода суперпозиции уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial^2(\Delta H)}{\partial x^2} = \frac{1}{a} * \frac{\partial \Delta H}{\partial t}, \quad (3)$$

где ΔH – превышение воды в пруде над уровнем воды в реке, м;

Для полуограниченного пласта подпор от поверхностного водоема или водотока создает подъем уровня грунтовых вод на прилегающей территории, который рассчитывается по формуле

$$\Delta H_x = \Delta H^0 \operatorname{erfc} \frac{x}{2 * \sqrt{at}}, \quad (4)$$

где ΔH_x – поднятие уровня грунтовых вод на расстоянии x от уреза воды в поверхностном водоеме, м; ΔH^0 – поднятие уровня воды в поверхностном водоеме над уровнем грунтовых вод на момент времени $t=0$, м; erfc – табулированная функция.

Решение уравнения (4) получено Н.Н. Веригиным для расчетной схемы полуограниченного пласта при условии, что II-ая граница удалена на бесконечность. Решение имеет фундаментальный характер [2].

На его основе авторами получено решение для более сложных граничных условий, для расчетной схемы пласт-полоса. Решение состоит из алгебраической суммы двух решений для полуограниченного пласта

$$\Sigma \Delta H_x = \Delta H^0 \operatorname{erfc} \frac{x}{2 * \sqrt{at}} - \Delta H_p \operatorname{erfc} \frac{L-x}{2 * \sqrt{at}},$$

где $\Sigma \Delta H_x$ – суммарный подъем уровня подземных вод в расчетной точке с координатой x под воздействием фильтрации из пруда и дренирующего действия реки, м; ΔH^0 – разница напоров в пруде-накопителе и речке ($H_x - H_p$), м; a – коэффициент уровнепроводности, $m^2/сут$; t – срок прогнозного расчета, сут; ΔH_p – условный подъем уровня подземных вод в точке с координатой $x = L$ за схемой «полуограниченный шар», то есть без учета дренирующего действия реки, м; L – расстояние между прудом и рекой по токовой линии, м.

По каждой токовой линии выполнен прогноз подъема уровня грунтовых вод на 2012 год (29 лет), на 2033 год (50 лет) и до момента стабилизации уровня режима на 2035 год (52 года). Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

Прогноз подъема уровня грунтовых вод по методу двойной суперпозиции на 2012 г

№ токовой линии	Н _р , абс. отметка уровня в реке, м	L, длина токовой линии	ΔН ⁰	ΔН _р	х, расстояние, м	ΔН _х									
						Номер токовой линии									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29 лет															
1	63,3	8775	39,0	0,029	500	33,06	33,87	31,78	30,48	25,09	28,83	28,48	28,04	27,61	33,87
2	63,3	8535	39,0	0,041	1000	27,33	28,87	27,10	25,99	24,80	24,58	24,28	23,91	23,54	28,87
3	65,7	9015	36,6	0,020	1500	22,01	24,15	22,66	21,73	20,74	20,55	20,30	19,99	19,69	24,15
4	67,2	8967	35,1	0,020	2000	17,25	19,79	18,58	17,81	17,00	16,84	16,63	16,37	16,13	19,79
5	68,8	8871	33,5	0,022	2500	13,14	15,88	14,91	14,30	13,65	13,51	13,34	13,13	12,95	15,89
6	69,1	8056	33,2	0,065	3000	9,71	12,48	11,72	11,24	10,72	10,61	10,47	10,30	10,17	12,48
7	69,5	7768	32,8	0,093	3500	6,97	9,59	9,00	8,64	8,24	8,14	8,02	7,89	7,81	9,59
8	70,0	7672	32,3	0,103	4000	4,85	7,19	6,76	6,49	6,19	6,10	6,00	5,90	5,85	7,20
9	70,5	8247	31,8	0,049	4500	3,27	5,27	4,96	4,76	4,54	4,45	4,37	4,29	4,28	5,28
10	63,3	8823	39,0	0,027	5000	2,13	3,76	3,55	3,41	3,25	3,16	3,08	3,02	3,05	3,78
					5500	1,34	2,61	2,48	2,38	2,26	2,17	2,09	2,04	2,10	2,63
					6000	0,82	1,75	1,68	1,61	1,53	1,43	1,35	1,31	1,40	1,78
					6500	0,48	1,13	1,10	1,05	1,00	0,89	0,80	0,76	0,88	1,16
					7000	0,27	0,68	0,69	0,66	0,62	0,49	0,40	0,37	0,51	0,72
					7500	0,14	0,37	0,41	0,39	0,36	0,21	0,12	0,08	0,25	0,42
					8000	0,06	0,16	0,22	0,20	0,18	0,02			0,07	0,21
					8500	0,02	0,01	0,09	0,08	0,06					0,07
50 лет															
1	63,3	8775	39,0	0,399	500	34,46	34,45	32,34	31,01	29,60	29,32	28,86	28,51	28,09	34,46

2	63,3	8535	39,0	0,488	1000	30,01	30,01	28,17	27,01	25,78	25,53	25,21	24,82	24,46	30,01
3	65,7	9015	36,6	0,306	1500	25,76	25,75	24,17	23,18	22,12	21,90	21,62	21,28	20,99	25,76

Продолжение таблицы 1

4	67,2	8967	35,1	0,305	2000	21,76	21,75	20,43	19,59	18,69	18,49	18,25	17,96	17,72	21,76
5	68,8	8871	33,5	0,316	2500	18,09	18,08	16,98	16,29	15,54	15,36	15,14	14,90	14,72	18,09
6	69,1	8056	33,2	0,612	3000	14,79	14,77	13,89	13,31	12,70	12,53	12,34	12,14	12,02	14,79
7	69,5	7768	32,8	0,755	3500	11,88	11,86	11,16	10,70	10,21	10,04	9,87	9,70	9,64	11,88
8	70,0	7672	32,3	0,800	4000	9,37	9,34	8,81	8,44	8,05	7,89	7,73	7,59	7,58	9,37
9	70,5	8247	31,8	0,503	4500	7,25	7,21	6,82	6,54	6,23	6,06	5,91	5,79	5,84	7,25
10	63,3	8823	39,0	0,384	5000	5,49	5,45	5,18	4,96	4,72	4,54	4,39	4,29	4,39	5,49
					5500	4,06	4,01	3,84	3,68	3,50	3,29	3,14	3,05	3,21	4,07
					6000	2,92	2,86	2,78	2,66	2,52	2,29	2,14	2,06	2,26	2,93
					6500	2,03	1,96	1,95	1,86	1,76	1,50	1,34	1,26	1,51	2,04
					7000	1,34	1,26	1,31	1,25	1,17	0,88	0,71	0,63	0,93	1,35
					7500	0,82	0,73	0,83	0,79	0,73	0,40	0,22	0,14	0,48	0,83
					8000	0,42	0,32	0,47	0,44	0,39	0,04			0,14	0,44
					8500	0,13	0,02	0,20	0,18	0,14					0,15

52 года

1	63,3	8775	39	0,460 6	500	34,54	34,54	33,42	31,09	29,67	29,39	29,03	28,58	28,16	34,54
2	63,3	8535	39	0,558 8	1000	30,18	30,18	28,33	27,17	25,93	25,67	25,35	24,96	24,60	30,18
3	65,7	9015	36,6	0,354 9	1500	25,99	25,99	24,40	23,40	22,33	22,10	21,81	21,47	21,18	25,99
4	67,2	8967	35,1	0,354 2	2000	22,05	22,04	20,70	19,85	18,95	18,74	18,48	18,19	17,96	22,05

5	68,8	8871	33,5	0,365 9	2500	18,42	18,41	17,30	16,59	15,83	15,63	15,41	15,16	14,99	18,42
6	69,1	8056	33,2	0,691 1	3000	15,14	15,12	14,22	13,65	13,01	12,83	12,63	12,42	12,31	15,14
7	69,5	7768	32,8	0,847 2	3500	12,24	12,21	11,50	11,03	10,52	10,33	10,15	9,98	9,93	12,24
8	70,0	7672	32,3	0,895 3	4000	9,71	9,69	9,14	8,76	8,36	8,17	8,00	7,85	7,86	9,72
9	70,5	8247	31,8	0,571 3	4500	7,57	7,53	7,13	6,83	6,51	6,32	6,16	6,03	6,09	7,57
10	63,3	8823	39	0,443 0	5000	5,78	5,73	5,45	5,22	4,97	4,76	4,60	4,49	4,61	5,78
					5500	4,31	4,25	4,08	3,91	3,72	3,48	3,32	3,22	3,40	4,32

Окончание таблицы 1

					6000	3,13	3,06	2,98	2,85	2,70	2,44	2,27	2,19	2,41	3,14
					6500	2,19	2,11	2,11	2,01	1,90	1,61	1,43	1,35	1,63	2,20
					7000	1,46	1,37	1,43	1,36	1,28	0,95	0,76	0,68	1,01	1,47
					7500	0,90	0,80	0,91	0,86	0,80	0,44	0,23	0,15	0,52	0,91
					8000	0,47	0,36	0,52	0,49	0,43	0,04			0,15	0,49
					8500	0,14	0,02	0,23	0,20	0,16					0,16

Степень стабилизации процесса подъема уровня грунтовых вод, количественно оценено на разные сроки прогнозного расчета, по отношению к расчету на 52 года. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчет оценки погрешности

Токовые линии									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29 и 52 лет (%)									
4,29	1,94	4,91	1,97	15,45	1,91	1,89	1,89	1,95	1,94
9,44	4,33	4,33	4,33	4,34	4,25	4,22	4,21	4,31	4,34
15,32	7,06	7,12	7,12	7,12	7,01	6,92	6,89	7,03	7,08
21,79	10,22	10,25	10,29	10,27	10,14	10,01	10,01	10,19	10,25
28,70	13,73	13,80	13,78	13,75	13,56	13,43	13,39	13,61	13,74
35,85	17,48	17,59	17,67	17,60	17,30	17,10	17,07	17,38	17,57
43,05	21,48	21,73	21,63	21,67	21,20	20,99	20,94	21,35	21,65
50,10	25,76	26,02	25,90	25,92	25,34	25,00	24,84	25,57	25,93
56,84	30,02	30,42	30,33	30,26	29,59	29,06	28,86	29,72	30,25
63,12	34,39	34,90	34,72	34,61	33,61	33,04	32,74	33,84	34,60
68,82	38,63	39,23	39,08	39,25	37,64	37,05	36,65	38,24	39,12
73,86	42,81	43,61	43,49	43,33	41,39	40,53	40,18	41,91	43,31
Окончание таблицы 2									
78,20	46,52	47,84	47,84	47,37	44,72	44,06	43,70	46,01	47,27
81,82	50,40	51,82	51,58	51,56	48,42	47,37	45,59	49,50	51,02
84,82	53,52	55,14	54,86	55,00	52,27	47,83	46,67	51,92	53,85
87,15	55,06	57,77	58,76	58,14	50,00			53,33	57,14
88,81	50,00	60,18	60,20	62,50					56,25
50 и 52 года (%)									
0,23	0,26	3,23	0,26	0,25	0,24	0,59	0,24	0,25	0,23
0,57	0,55	0,55	0,57	0,56	0,55	0,55	0,56	0,57	0,56
0,90	0,90	0,93	0,93	0,94	0,90	0,87	0,88	0,90	0,88

1,33	1,33	1,32	1,32	1,35	1,33	1,24	1,26	1,34	1,32
1,80	1,78	1,83	1,78	1,81	1,73	1,75	1,72	1,80	1,79
2,31	2,33	2,33	2,51	2,38	2,34	2,30	2,25	2,36	2,31
2,91	2,89	2,95	2,95	2,95	2,81	2,76	2,81	2,92	2,94
3,54	3,56	3,58	3,64	3,66	3,43	3,37	3,31	3,56	3,60
4,20	4,26	4,32	4,27	4,30	4,11	4,06	3,98	4,11	4,23
4,95	4,90	5,01	5,05	5,03	4,62	4,57	4,45	4,77	5,02
5,73	5,71	5,91	5,81	5,91	5,46	5,42	5,28	5,59	5,79
6,56	6,54	6,68	6,63	6,67	6,15	5,73	5,94	6,22	6,69
7,22	7,24	7,54	7,60	7,37	6,83	6,29	6,67	7,36	7,27
8,09	8,10	8,52	8,29	8,59	7,37	6,58	7,35	7,92	8,16
8,48	8,29	9,19	8,56	8,75	9,09	4,35	6,67	7,69	8,79
10,06	10,11	9,79	9,28	9,30	0,00			6,67	10,20
9,09	0,00	11,50	10,45	12,50					6,25

Степень стабилизации на 2012 год не высокая, тах. отклонение составляет 88 %, на 2033 год – 10 % по отношению к 2035 году. Процесс подъема уровня грунтовых вод, через 52 года стабилизируется (2035 год).

Выводы. На основе анализа режимных наблюдений с момента ввода пруда в эксплуатацию, сделаны следующие выводы: подъем уровня подземных вод в первом от поверхности берекском водоносном горизонте, несмотря на экран, начался с момента поступления в пруд шахтных вод в конце 1983 года. За 14 лет (1984 – 1995 гг.) уровень подземных вод в скважине 22313, первой от плотины повысился на 2,2 м. Стабилизация уровня грунтовых вод произойдет к 2035 году, при неизменном режиме эксплуатации.

Библиографические ссылки

1. **Евграшкина Г. П.** Влияние горнодобывающей промышленности на гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия территорий / Г. П. Евграшкина – Днепропетровск; 2003 – 200 с.
2. **Мироненко В.А.** Динамика подземных вод / В.А. Мироненко – М.; 1983 – 135 с.

Надійшла до редколегії 29.02.12