

УДК 525.46

Э. А. ХАЧАТРЯН

ПРОГНОЗ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

На ЭВМ создана математическая модель гидрогеологической обстановки всей Араратской равнины. На этой модели дается прогноз подземных вод в основных водоносных горизонтах с учетом влияния внешних факторов. Полученные результаты дают возможность установить мелиоративное состояние орошаемых земель и при необходимости изметить инженерные мероприятия по регулированию режима подземных вод.

Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 2 назв.

ՀՀՄ-ի օգնությամբ կառուցված է ամբողջ Արարատյան դաշտի հիդրոերկրաբանական պայմանները մաթեմատիկական մոդելը: Մոդելը օգնությամբ տրվում է հիմնական ջրատար շերտերում ստորգետնյա ջրերի ուժեղի կանխադրույթում: Չափի առնելով արտաքին գործոնները, մոդելով սահմանները հնարավորություն էն տալիս որոշել հողաբարելավման վիճակը և անհրաժեշտության դեպքում նախատեսել ինժեներական միջոցառումներ ստորգետնյա ջրերի ուժեղի կանոնավորման համար:

В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства республики резко возрастают масштабы водопотребления. Значительным резервом для обеспечения водными ресурсами народного хозяйства республики, в частности, орошаемого земледелия являются подземные воды артезианского бассейна Араратской равнины.

Балансовые расчеты показывают, что интенсивное использование подземных вод равнины может привести к нарушению водного баланса, расходованию вековых запасов и их загрязнению. В настоящее время воды артезианского бассейна используются для орошения, водоснабжения и коммунальных нужд. Отбор воды из различных водоносных горизонтов осуществляется 915 артезианскими и 1190 грунтовыми с механической откачкой колодцами вертикального дренажа с потенциальным дебитом более 50 м³/с.

В лаборатории математического моделирования кафедры ГТС ЕрАСИ создана постоянно действующая математическая модель подземного бассейна Араратской равнины с целью научно-обоснованного управления и прогнозирования водно-солевого режима подземных вод. На модели решается следующий взаимно-связанный комплекс проблем:

1. Условия формирования водно-солевого режима подземных вод в зависимости от почвенно-мелиоративной и экологической обстановки равнины. Выявление основных факторов, лимитирующих почвенно-мелиоративные условия.

2. Исследование движения инфильтрационных вод из области формирования, управление их режимами пополнения и перехвата под-

земных вод на более высоких отметках предгорной части возвышений рек равнины.

3. Анализ и оценка влияния антропогенной деятельности на режим подземных вод равнины.

4. Перерегулирование и рациональное использование подземных вод равнины с определением их динамических и эксплуатационных запасов.

5. Прогноз гидродинамического режима подземных вод, мелиоративного состояния орошаемых земель при поэтапном осуществлении водохозяйственных, гидромелиоративных и других инженерных мероприятий с учетом природоохранных концепций.

6. Прогноз гидрохимического (солевого) режима подземных вод.

В основу модели положены природные, геолого-гидрогеологические и почвенномелиоративные условия равнины.

В результате схематизации гидрогеологической обстановки территории, расчетная схема равнины представлена в общем случае из пяти гидрогеологических разновидностей: I—однослойная, II—двухслойная, III—трехслойная, IV—четырёхслойная, V—пятислойная (рис. 1, 2). Все они связаны между собой соответствующими граничными условиями (ГУ IV рода).

Режимы фильтрации для схем, приведенных на рис. 2, могут быть описаны следующими математическими моделями в виде дифференциальных уравнений [1, 2]:

для однослойной фильтрационной среды (рис. 2, а) —

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k(h - T_1) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h - T_1) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + W(x, y, t) - Q_1(x, y, t) = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t}; \quad (1)$$

для двухслойной фильтрационной среды (рис. 2, б) —

$$W(x, y, t) + \frac{k_{02}}{h - T_2} (H_1 - h) = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t},$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial y} \right] - \frac{k_{02}}{h - T_2} (H_1 - h) - Q_1(x, y, t) = \mu_1 \frac{\partial H_1}{\partial t}; \quad (2)$$

для трехслойной фильтрационной среды (рис. 2, в) —

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k(h - T_1) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h - T_1) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{k_{02}}{T_2 - T_1} (H_1 - H_2) + W = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (3)$$

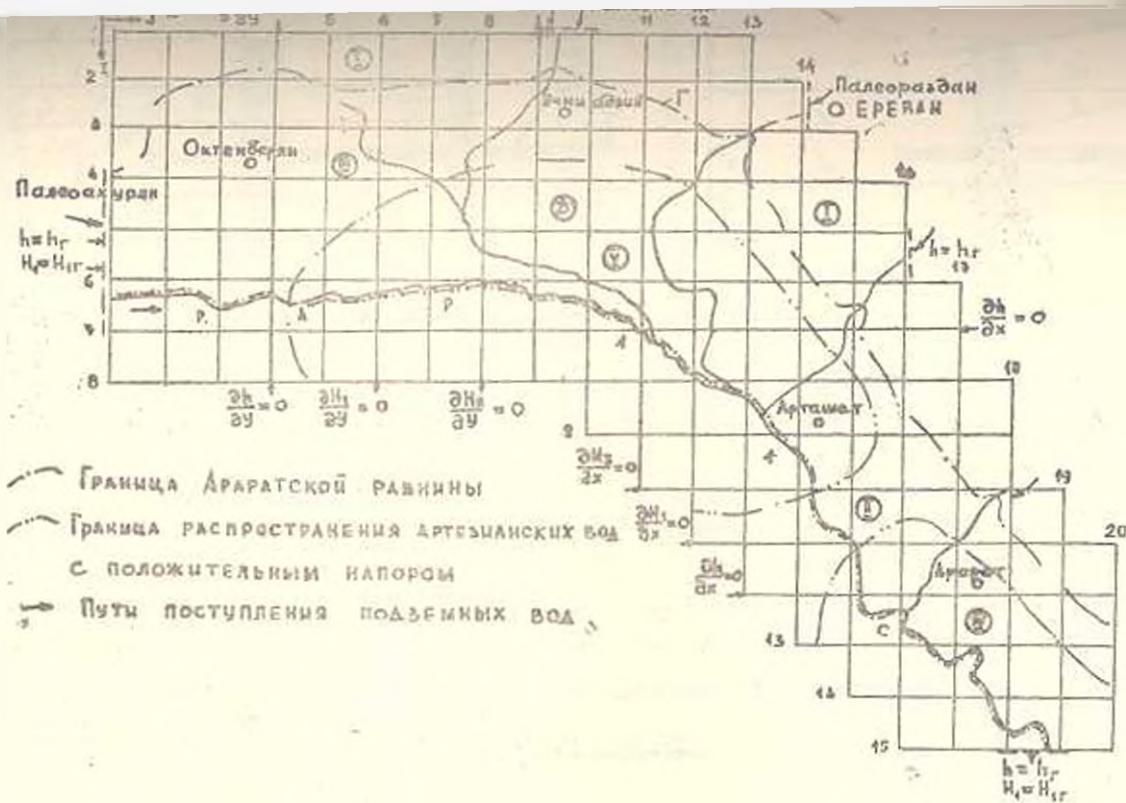


Рис. 1. Схематическая карта гидрогеологической обстановки разницы и схема массива на блоки.

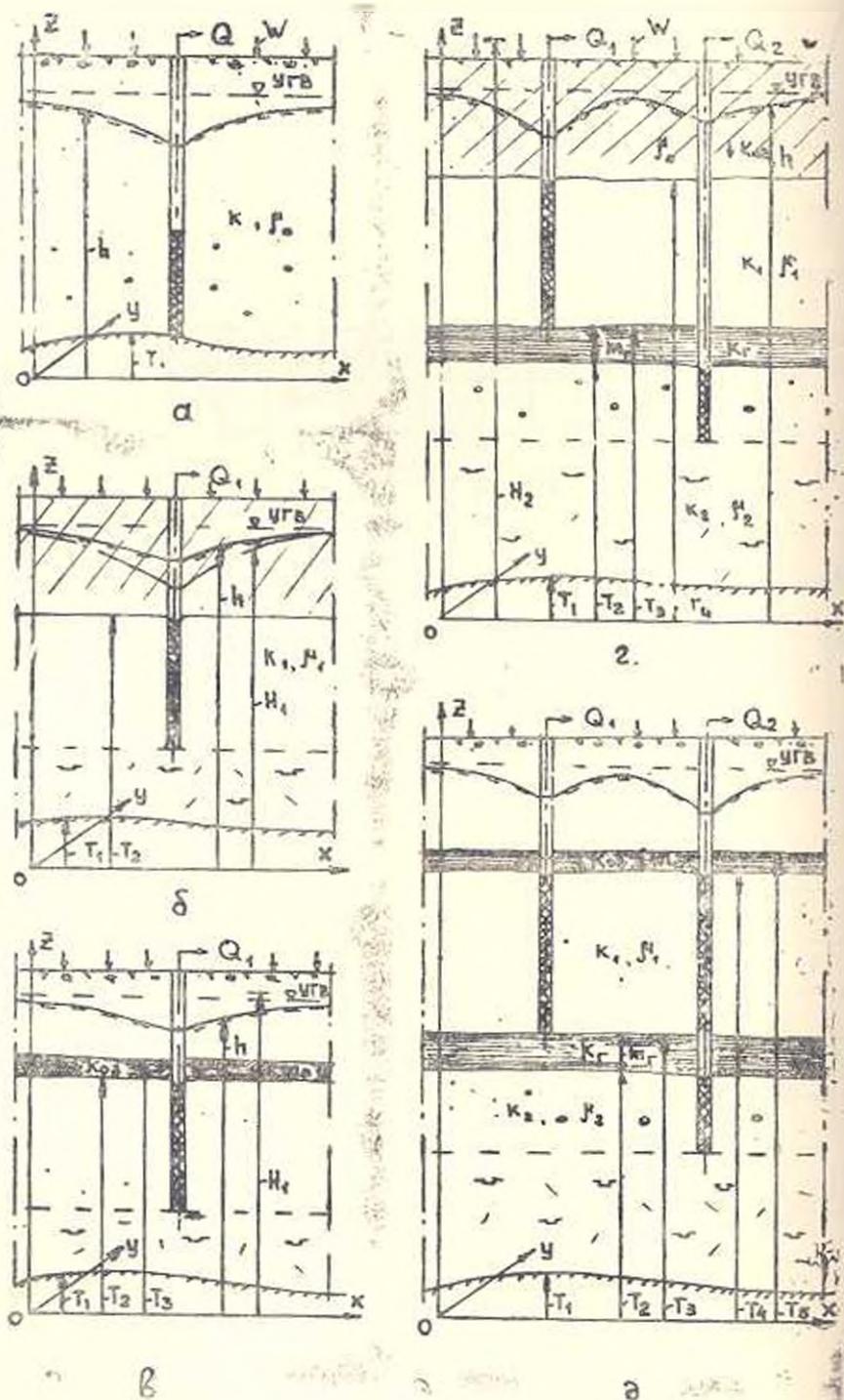


Рис. 2. Расчетные схемы водоносных слоев.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial y} \right] - \frac{k_{02}}{T_2 - T_1} (H_1 - h) - Q_1 = \mu_1 \frac{\partial H_1}{\partial t}; \quad (3)$$

для четырехслойной фильтрационной среды (рис. 2, з) —

$$W(x, y, t) = \frac{k_{02}}{h - T_1} (H_1 - h) = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t};$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial y} \right] - \frac{k_{02}}{h - T_1} (H_1 - h) + \frac{k_1}{m_1} (H_1 - H_2) - Q_1 = \mu_1 \frac{\partial H_1}{\partial t}; \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_2 \frac{\partial H_2}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_2 \frac{\partial H_2}{\partial y} \right] - \frac{k_2}{m_2} (H_2 - H_1) - Q_2 = \mu_2 \frac{\partial H_2}{\partial t};$$

для пятислойной фильтрационной среды (рис. 2, д) —

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k(h - T_1) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h - T_1) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{k_{02}}{T_2 - T_1} (H_1 - h) + W = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t};$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial y} \right] - \frac{k_{02}}{T_2 - T_1} (H_1 - h) + \frac{k_2}{m_2} (H_2 - H_1) - Q_1 = \mu_1 \frac{\partial H_1}{\partial t}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_2 \frac{\partial H_2}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_2 \frac{\partial H_2}{\partial y} \right] - \frac{k_2}{m_2} (H_2 - H_1) - Q_2 = \mu_2 \frac{\partial H_2}{\partial t};$$

В уравнениях применены следующие обозначения: $h(x, y, t)$, $H_1(x, y, t)$ и $H_2(x, y, t)$ — соответствующие отметки уровня грунтовых вод в покровном слое и напоры в слабо- и сильнонапорном слоях, в точке (x, y) в момент времени t , отсчитываемые от некоторой плоскости отсчета; k — коэффициент фильтрации верхней хорошо-проницаемой части покровного слоя; k_0, m_0 — коэффициент фильтрации и мощность нижней слабопроницаемой части покровного слоя; μ_0, μ_1, μ_2 — коэффициенты гравитационной и упругой водоотдачи соответственно покровного, слабо- и сильнонапорного слоев; k_1, m_1 — коэффициент фильтрации и мощность озерных глин; $Q_1(x, y, t)$ — дебит скважин, действующих в слабонапорном слое; $W(x, y, t)$ — сум-

марная величина интенсивности питания грунтовых вод инфильтрационными водами. Интенсивность испарения принималась зависящей от уровня грунтовых вод и аппроксимировалась зависимостью Г. Г. Пахчаняна

$$F = (E_0 - A) \exp(-\alpha(m - h)), \quad (6)$$

где E_0 — максимальная величина испарения с поверхности почвы, атмосферные осадки, α — коэффициент, который определяется на основании режимных наблюдений, m — вертикальная координата поверхности земли.

Уравнения системы (1)–(5) выражают условия водного баланса в соответствующих водоносных горизонтах и решаются при следующих краевых условиях:

$$t = 0, \quad h = h_0(x, y), \quad H_1 = H_{1r}(x, y), \quad H_2 = H_{2r}(x, y); \quad (7)$$

$$t > 0, \quad h = h(x, y, t), \quad H_1 = H_{1r}(x, y, t), \quad H_2 = H_{2r}(x, y, t); \quad (8)$$

$$\frac{\partial h}{\partial n} = \frac{\partial H_1}{\partial n} = \frac{\partial H_2}{\partial n} = 0. \quad (9)$$

Начальное положение депрессионной поверхности грунтовых и напорных вод в области фильтрации было взято с карт гидроизогипс и пьезоизогипс на январь месяца 1990 г., составленных Гидрогеологомеллоративной экспедицией ММВХ. Граничные условия заимствованы из материалов плана Армгидроводхоз и Геологического управления. Граничное условие типа (8) принималось в местах притока и оттока подземных вод (рис. 1), а (9) — на остальных участках.

Системы уравнений (1)–(5) при принятых условиях решаем методом конечных разностей. Для этого область фильтрации D вместе с границей Γ покроем равномерной сеткой с шагом $\Delta x = \Delta y = 4000$ м. Шаг по времени принят $\Delta t = 30$ сут. Решение уравнений произведено методом итерации Зейделя по программе на языке ФОРТРАН-IV для ЭВМ СМ-4.

В результате расчетов были найдены значения $h_{i,j}, H_{1,i,j}, H_{2,i,j}$ для всех точек разностной сетки, аппроксимирующей исследуемую территорию. По полученным значениям $h_{i,j}, H_{1,i,j}$ на отдельных участках были решены обратная задача теории фильтрации [1]. После уточнения параметров решалась прямая задача. Был выполнен прогноз на три года (1990–1992 гг.). В таблице показаны полученные значения уровня h и напоров H_1, H_2 для 1991 г. в некоторых узлах сетки.

По полученным результатам моделирования составлены прогнозные карты глубин залегания грунтовых вод (гидроизогипсы) и пьезоизогипсы, выделены массивы, подлежащие искусственному дренированию, и площади, где дальнейшая откачка подземных вод приведет к осушению и просадкам территорий.

Месяцы	Координаты					
	(2×6)	(4×1)		(6×11)		
	Напоры, м					
	h	h	H_1	h	H_1	H_2
I	919,6	857,0	853,3	855,8	826,0	822,8
II	919,1	853,3	853,7	855,3	825,0	822,6
III	918,6	853,0	854,1	855,0	825,1	822,7
IV	918,4	854,0	853,9	856,1	826,2	822,5
V	918,2	854,4	853,3	856,4	826,4	820,7
VI	918,5	854,0	854,1	856,1	826,6	826,5
VII	919,4	855,2	849,0	857,0	827,1	826,0
VIII	919,9	855,5	849,5	857,3	827,6	824,1
IX	920,2	855,0	849,0	857,0	827,0	823,8
X	920,2	855,5	852,7	857,5	827,0	826,1
XI	920,7	855,5	853,1	857,5	827,5	827,5
XII	919,3	855,9	853,1	857,6	827,6	852,8

Таким образом, в условиях интенсивного развития орошаемого земледелия действующая математическая модель позволяет с достаточной точностью наметить практические мероприятия, направленные на улучшение мелиоративного состояния земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатрян Э. А., Хачатурян Г. Т., Аванян С. А. Проток динамики подземных вод в многоплойной фильтрационной среде // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН. — 1984. — Т. XXXVII, № 1. — С. 31—35.
2. Хачатрян Э. А., Хачатурян Г. Т., Багдасарян А. Б. Гидродинамика из водозабора в канале методом математического моделирования // Гидротехническое строительство. — 1984. — № 2. — С. 21—25.

ЕрПН

13. XII 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 5—6, 1991, с. 255—259.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 50.53.19

С. С. АГАЯН, Р. Р. ПЮЛЬБУДАГЯН

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПИСАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ LC ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ДВУХПОЛЮСНИКОМ

Рассматривается динамическая модель описания автоколебательных процессов в нелинейных неконсервативных системах, примерами которых являются электриче-