

ГИДРОТЕХНИКА

Յ. Ա. ԿԱՇԱՏՐՅԱՆ, Դ. Դ. ԿԱՇԱՏՐՅԱՆ, Տ. Ա. ԱՆԱՅՅԱՆ

ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
В МНОГОСЛОЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СРЕДЕ

Для повышения водообеспеченности Араратской равнины намечается ввести в эксплуатацию новые водохранилища (Ахурянское, Капское, Егвардское, Октемберянское и т. д.). Увеличение водообеспеченности орошаемых площадей должно быть осуществлено также путем более интенсивной эксплуатации подземных вод.

Нарушение существующего водного баланса, естественно, приведет к изменению динамики подземных вод. Для прогноза характера этих изменений и своевременной разработки инженерных мероприятий, предупреждающих ухудшение мелиоративного состояния земель, необходимо составить прогнозные карты гидроизогипс грунтовых вод, а также пьезоизогипс напорных вод для характерных участков Араратской равнины.

Цель настоящих исследований заключается в прогнозировании динамики уровня грунтовых вод в покровном слое и напоров в слабонапорном водоносном горизонте с учетом влияния внешних факторов: орошения, дренажного стока, испарения, атмосферных осадков, а также действующих водозаборных сооружений.

Как известно [1, 2], в гидрогеологическом отношении подземный бассейн Араратской равнины представляет собой сложную гидравлическую систему, состоящую из хорошо и малопроницаемых слоев. Надозерный слабонапорный водоносный горизонт характеризуется весьма пестрым литологическим составом. Мощность водоносного горизонта составляет 80—120 м, а коэффициент фильтрации колеблется в пределах $k = 5-100$ м/сут.

Верхний покровный слой представлен в основном аллювиальными, суглинистыми супесчанистыми отложениями мощностью от 5 до 30 м, с коэффициентами фильтрации $k = 2-11$ м/сут. и водоотдачи $\mu = 0,1-0,14$. Грунтовые воды в покровном слое залегают на глубине 0,5—3 м от поверхности земли. Ввиду проницаемости покровных отложений напорные воды постоянно питают грунтовые, доказательством чего является превышение пьезометрического уровня напорных вод над грунтовыми, а также образование депрессионной воронки при откачках из слабонапорного слоя.

Исходя из вышеизложенного и учитывая гидрогеологические характеристики рассматриваемого участка, фильтрационная среда схематизирована и приведена к трехслойной расчетной схеме (два водоносных горизонта, разделенных слабопроницаемым глинистым слоем), представленной на рис. 1а.

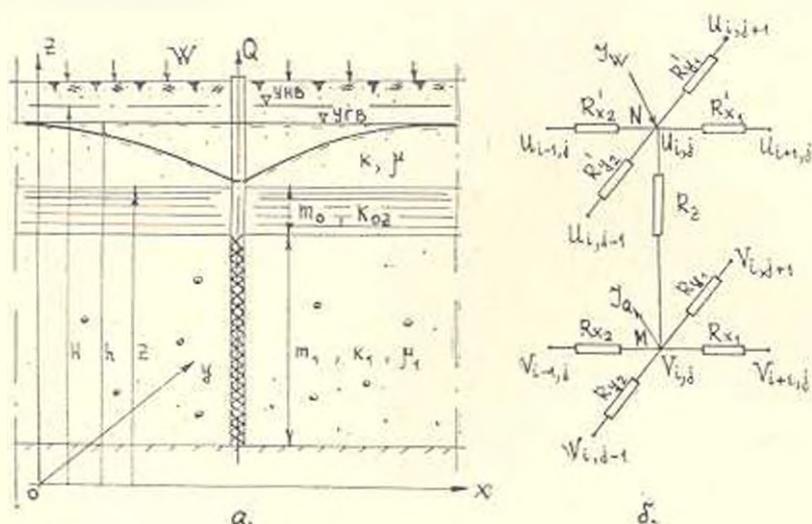


Рис. 1. Расчетная схема.

Уравнения, описывающие нестационарный процесс плановой фильтрации в трехслойной среде с наличием инфильтрационного питания и водозабора, действующего в слабопроницаемом водоносном горизонте, представляют собой нелинейную систему дифференциальных уравнений и имеют следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k(h-z) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h-z) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{k_{0r}}{m_0} (H-h) + W(x, y, t) = \mu \frac{\partial h}{\partial t}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_1 \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_1 \frac{\partial H}{\partial y} \right] - \frac{k_{0r}}{m_0} (H-h) - Q(x, y, t) = \mu_1 \frac{\partial H}{\partial t}; \quad (2)$$

$$W(x, y, t) = W_{op} + A - E - q_z. \quad (3)$$

В качестве начальных условий использованы данные режимных наблюдений за уровнем грунтовых и напорных вод, которые в математической формулировке имеют вид:

$$\text{при } t = 0 \quad h = h(x, y, 0), \quad H = H(x, y, 0). \quad (4)$$

Система дифференциальных уравнений (1), (2) при краевых условиях решалась методом конечных разностей по составленной программе на языке ФОРТРАН-IV для ЕС-1022. Алгоритм вычислений основывался на, так называемых, двухслойных итерационных процессах.

В результате расчетов были найдены величины h и H для всех точек блок-сетки, аппроксимирующей исследуемую территорию, на основании которых построены гидронизогипсы уровней грунтовых вод и пьезонизогипсы слабонапорного водоносного горизонта.

Сравнение результатов вычислений с натурными наблюдениями выявило недостаточную сходимость расчетных и натуральных данных на отдельных участках исследуемой территории, что является следствием недостоверности исходных гидрогеологических параметров.

Для уточнения параметров на этих участках решена обратная задача теории фильтрации, т. е. по заданным значениям h и H (натурные наблюдения) определены удельная проницаемость глинистой прослойки $\left(\frac{k_{0z}}{m_0}\right)$ и водопроницаемость $(km)_1$ слабонапорного водоносного горизонта.

Обратная задача решается при стационарном режиме фильтрации, уравнения которого принимают вид:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k(h-z) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h-z) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{k_{0z}}{m_0} (H-h) + W' = 0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_1 \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_1 \frac{\partial H}{\partial y} \right] - \frac{k_{0z}}{m_0} (H-h) - Q = 0. \quad (6)$$

Уравнения (5), (6) решаются методом математического моделирования на АВМ УСМ-1. Расчетная электрическая блок-схема показана на рис. 1, б, из которой видно, что неизвестные коэффициенты $\left(\frac{k_{0z}}{m_0}\right)_{i,j}$, $[(km)_1]_{i,j}$, входящие в состав электрических сопротивлений, выражения которых имеют вид:

$$R_{x_1} = \frac{2\alpha_x \Delta x}{\{[k(h-z)]_{i,j} + [k(h-z)]_{i+1,j}\} \Delta y};$$

$$R_{x_2} = \frac{2\alpha_x \Delta x}{\{[(km)_1]_{i,j} + [(km)_1]_{i+1,j}\} \Delta y};$$

$$R'_{x_1} = \frac{2\alpha_x \Delta x}{\{[k(h-z)]_{i,j+1} + [k(h-z)]_{i,j}\} \Delta y};$$

$$R'_{x_2} = \frac{2\alpha_x \Delta x}{\{[(km)_1]_{i,j+1} + [(km)_1]_{i,j}\} \Delta y};$$

$$R'_{y_1} = \frac{2\alpha_y \Delta y}{\{[k(h-z)]_{i,j+1} + [k(h-z)]_{i,j}\} \Delta x};$$

$$R_{x_0} = \frac{2z_R \Delta y}{\{[(km)_1]_{i,j+1} + [(km)_1]_{i,j}\} \Delta x};$$

$$R_{y_0} = \frac{2z_R \Delta y}{\{[k(h-z)]_{i,j-1} + [k(h-z)]_{i,j}\} \Delta x};$$

$$R_{y_0} = \frac{2z_R \Delta x}{\{[(km)_1]_{i,j-1} + [(km)_1]_{i,j}\} \Delta y}; \quad R_z = \frac{z_R m_{0i,j}}{k_{sat,j} \Delta x \Delta y}.$$

Процесс определения указанных параметров производится в следующей последовательности. Электрические сопротивления, моделирующие фильтрационные сопротивления покровного слоя R_{x_0} , R_{x_1} , R_{y_0} , R_{y_1} , в себе не содержат неизвестных и собираются окончательно на основе данных наблюдений и исходных параметров.

В качестве первого приближения задаемся значением $\left(\frac{k_{0z}}{m_0}\right)$, исходя из которого определяется сопротивление R_z . На граничных точках задаются значения потенциалов $U_{i+1,j}, \dots, U_{i,j+1}$, $V_{i+1,j}, \dots, V_{i,j+1}$, где

$$U_{i+1,j} = h_{i+1,j} / a_{0i}^0, \quad V_{i+1,j} = H_{i+1,j} / a_{0i}^0, \quad (7)$$

а a_{0i}^0 — масштаб потенциалов.

Придавая различные значения $\{[(km)_1]_{i,j}\}$, определяют сопротивления R_{x_1} , R_{x_0} , R_{y_1} , R_{y_0} , при которых в узловой точке устанавливается потенциал $V_{i,j}$, соответствующий наблюдаемому значению напора $H_{i,j}$. Далее, изменяя сопротивление R_{x_1} , добиваемся установления потенциала $U_{i,j}$ соответствующего значению уровня $h_{i,j}$ в точке N .

Возвращаясь к сопротивлениям R_{x_1} , R_{x_0} , R_{y_1} , R_{y_0} , вновь подбором устанавливается нужное значение $V_{i,j}$ и т. д. Указанный процесс итерации повторяется до тех пор, пока в узловых точках M и N не установятся потенциал $V_{i,j}$, $U_{i,j}$, моделирующие наблюдаемый уровень грунтовых вод $h_{i,j}$ и номер $H_{i,j}$.

Решение обратной задачи является важнейшим этапом при прогнозировании динамики подземных вод, т. к. исходные гидрогеологические параметры некоторых участков часто оказываются недостоверными или вовсе отсутствуют. После уточнения параметров модели решается прямая задача и на основе полученных результатов строятся пропьюзные карты гидроизогипс и пьезоизогипс. По изложенной методике нами дан прогноз одного из участков Араратской равнины площадью 1000 га (рис. 2).

Как видно на рис. 2, на исследуемой территории имеются водозаборные колодцы, действующие в вегетационный период с дебитом $Q = 40$ л/с, а также горизонтальные дрены, существенным образом влияющие на динамику подземных вод. На рис. 2 приводятся гидроизогипсы на конец периода понижения и восстановления.

Следует отметить, что прогноз по отдельным участкам единой гидравлически связанной системы, как Араратская равнина, неспециализирован и в дальнейшем работы должны проводиться для всей Араратской равнины.

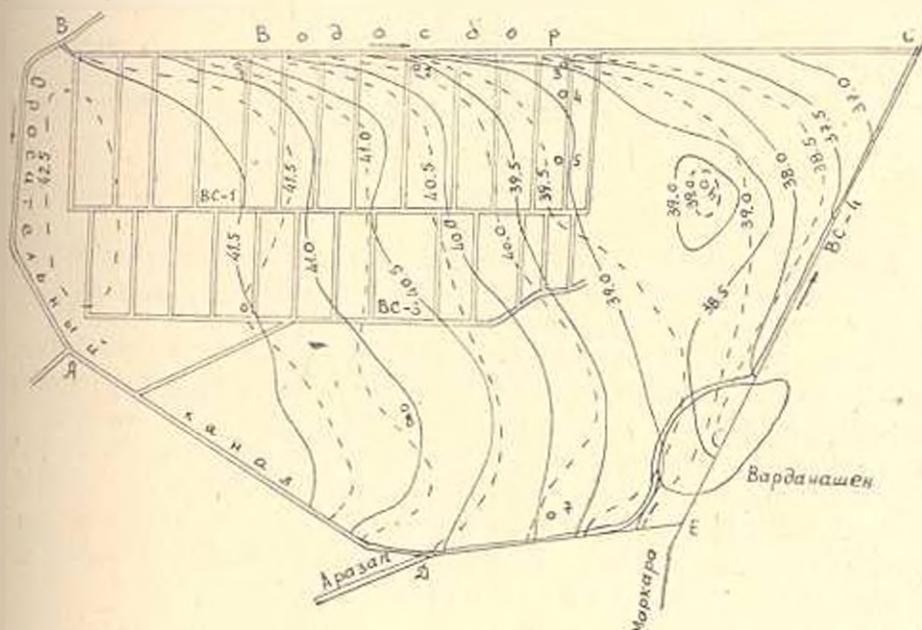


Рис. 2. Схема исследуемой территории с гидроизогипсами.

Է. Ն. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Գ. Յ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ի. Ա. ԱՆԱՆՅԱՆ

ԲԱԶԱՄԱՇԻՐԵՑ ԵՄԱՆՑՈՂ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ՍՏՈՐԳԵՏՆԱՅԱ ՋՐԵՐԻ ԿՐԵԱՄԻՎԱՅԻ ԿԱՆԱԳՈՒՇԱԿՈՒՄ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Հոդվածում տրվում է ծածկող շերտում ստորգետնյա ջրերի և ճնշումները թույլ ճնշումային ջրատար հորիզոնում դինամիկայի նախապոչակման մեթոդ, որը հաշվի է առնում արտաքին զորժոնները:

Հիդրոներկրաբանական պարամետրերի ճշտման համար տրվում է ծծանցող սևտության հակադարձ խնդրի լուծման մեթոդ՝ ԱՀՄ-ի օգնությամբ:

Ստացված տվյալների հիման վրա կատարված են հետազոտվող տերիտորիայի ստորգետնյա և ճնշումային ջրերի բարունդները, որոնք հնարավորություն են տալիս որոշել հողաբարելավման փիճակը և անհրաժեշտության դեպքում նախատեսել ինժեներական միջոցառումներ ստորգետնյա ջրերի խորությունների կանոնավորման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ананян А. К. Дренаж при освоении содовых солончаков.— М.: Колос, 1971.— 271 с.
 2. Ананян А. К., Венгрижановац Р. А. О математической модели для исследования комплексного вопросов по динамике подземных вод (на примере Араратской равнины).— Водные ресурсы, 1974, № 3, с. 165—178.