

доц. д-р инж. Иванчо Славейков Иванов
Национален институт по метеорология и хидрология – БАН,
София 1784, бул. “Цариградско шосе” № 66, тел. 462-47-35

**ОПРЕДЕЛЯНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПОВЪРХНОСТНИЯ СЛОЙ ВЪРХУ
ФИЛТРАЦИОННИЯ И РАЗСОЛИТЕЛНИЯ ПРОЦЕС ПРИ
ХИДРОМЕЛИОРАТИВНИ СИСТЕМИ В КРАЙРЕЧНИ НИЗИНИ**

**DETERMINATION OF THE SURFACE LAYER INFLUENCE ON THE
PROCESSES OF SEEPAGE AND DESSALINATION AT SOME MELIORA-
TIVE SYSTEMS IN RIVERSIDE LOWLANDS**

Ivancho Slaveykov Ivanov
National institute of meteorology and hydrology – BAS,
1784 Sofia, “Tzarigradsko shosse” Bld., № 66

***Summary:** A modeling of the seepage in a region with complex hydrogeological conditions is made.*

The seepage process has been reproduced by means of numerical model of real multilayer aquifers with saline layers.

The influence on the processes of seepage and dessalination of some meliorative systems in riverside lowlands of in the surface layer hydrogeological parameters is determined.

The obtained results confirm a good model accuracy for its successful application in practice.

Увод

Повърхностният слой, като съставна част от многослойния водоносен пласт, включва разнородни по зърнометричен и физико-химичен състав скални отложения. Като потвърждение на последното е геоложкият строеж на крайречните низини.

За определяне на причините, при които протича филтрационният и разсолителният процес при хидромелиоративни системи в крайречни низини, е необходимо да се определи влиянието на хидрогеоложките параметри на повърхностния слой.

В настоящата разработка предмет на изследването е нестационарния филтрационен процес в реален крайречен хидромелиоративен обект.

Липсата на достатъчно решения за съвместно изследване на филтрацион-

ния и разсолителния процес в реален многослоен водоносен пласт, обуславят необходимостта от създаване на надежден и достатъчно точен за практически цели числен модел, който изследва изменението на напорите и концентрацията на соли в реална многослойна полупонарна водоносна система. Процесите на филтрация и разсоляване (засоляване) се описват с математически модели за дадена хидрогеоложка схема.

Математически модел на хидрогеоложка схема, представяща крайдунавска низина с наличие на полупонарен водоносен пласт, засолен в повърхностната си част

Обща характеристика (същност) на математическия модел.

За да бъде описан процесът на филтрация и разсоляване (засоляване) в многослойни водоносни пластове е

необходима схематизация на филтрационната среда. В разработката е използван представения в [1] математически модел, описващ изменението на напора в четирислоен полунапорен водоносен пласт. Системата уравнения е решена по явна схема с крайни разлики на апроксимация, като е спазено условието за устойчивост на решението. При извеждане на уравненията за изменение на концентрацията на соли в четирислоен полунапорен водоносен пласт е използвана обосновката за значимостта и начина на отчет на напречната дисперсия (молекулярна дифузия), където преноса им в слоеви пластове се извършва при резки различия в проницаемостта на слоевете (редуване на слабопроницаеми и силно проницаеми слоеве) [2, 3, 4, 5].

Многослойният водоносен пласт може да се представи като литоложка среда с мозаично блокова структура, изградена от по-слабопроницаеми блокове (слабопроницаеми слоеве), прорязани от проницаеми канали (добре проницаеми слоеве), в които конвективния поток равномерно обтича слабопроницаемите блокове и частично протича през тях.

Протичането изменя интензивността и направлението на филтрация и миграция в разделящия слой, увеличава или намалява разхода на филтрационния поток и скоростта на хоризонталната конвекция в проницаемия пласт. Това способства за разреждане на филтрационния разтвор в добре проницаемите слоеве в резултат на постъпления в основния пласт на допълнително количество вода с различен състав, т.е. пренасянето става неразделно от филтрационния поток. При разглеждания механизъм на конвекция, процесите на физико-химични превръщания и взаимодействия между течност и отложения могат да се пренебрегнат.

Наличието на градиент на концентрация между добре проницаемите водоносни отложения предизвиква самопроизволен (конвективен) пренос под действие на молекулярно-дифузионни сили.

Така представената хидрогеоложка схема за масотранспорт в хетерогенна многослойна среда отчита конвективния пренос на вещество без дисперсия, с по-

казател на интензивност действителната скорост на филтрация в добре проницаемия слой и напречен обмен на вещество от водоносния пласт в слабопроницаемия слой, намира приложение при практически изчисления в хидрогеологията [3, 4, 5].

Разпределението на концентрацията на мигранта във водоносните слоеве и повърхностния слабопроницаем слой на четирислойния полунапорен водоносен пласт се описва със следните диференциални уравнения:

$$h_{cp}'' n'' \frac{\partial C''}{\partial t} = D_m^{**} \frac{C_2 - C''}{h_{cp}''} \quad (1)$$

$$\frac{T_2}{m_2} \frac{\partial H_2}{\partial x} \frac{\partial C_2}{\partial x} = \frac{D_m^{***}}{m_2} \frac{C_2 - C''}{h_{cp}''} - \frac{D_m^*}{m_2} \frac{C_1 - C_2}{m'}$$

$$\frac{T_1}{m_1} \frac{\partial H_1}{\partial x} \frac{\partial C_1}{\partial x} = \frac{D_m^*}{m'} \frac{C_1 - C_2}{m_1}$$

където: C_1 , C_2 и C'' – концентрация на соли в първи, втори и повърхностен слабопроницаем слой, [g/m³];

D_m^* , D_m^{**} – коефициент на молекулярна дифузия за първи и повърхностен слабопроницаем слой, [m²/d];

n'' – активна пористост за повърхностния водоносен слой;

m_1, m_2, h_{cp}'' – мощност на първи и втори водоносни слоеве и повърхностен слабопроницаем слой, [m];

H_1, H_2 – напор в първи и втори водоносен слой, [m].

Изменението на концентрацията на соли при конвективен пренос в отделните слоеве на четирислоен полунапорен водоносен пласт се определя с модел, записан в диференчен вид по явна схема на апроксимация [6]. Моделът определя изменението на напора и концентрацията на соли при конвективен пренос в отделните слоеве при нулеви начални условия и гранично условие от първи род, прието за втори водоносен слой т.е., напора в т. 1 от дискретизационната схема за 1d се покачва моментно с три метра, като остава постоянен във времето [1]. Прието е водоносните слоеве да са с еднаква мощност по цялата дължина и да са с еднородни хидрогеоложки

параметри (Фиг. 1).

Гранични условия:

а) за първи водоносен слой:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Delta H_{1(x,t)}}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0; \quad \frac{\partial \Delta H_{1(x,t)}}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0 \\ \Delta C_{1(x,t)} \Big|_{x=0} = 0; \quad \Delta C_{1(x,t)} \Big|_{x=l} = 0 \end{aligned}$$

б) за втори водоносен слой:

$$\begin{aligned} \Delta H_{2(x,t)} \Big|_{x=0} = \Delta H_{zp}(t); \quad \frac{\partial \Delta H_{2(x,t)}}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0 \\ \Delta C_{2(x,t)} \Big|_{x=0} = \Delta C_{zp}(t); \quad \Delta C_{2(x,t)} \Big|_{x=l} = 0 \end{aligned}$$

в) за повърхностен полунапорен водоносен слой:

$$\begin{aligned} \Delta h''_{(x,t)} \Big|_{x=0} = \Delta H_{zp}(t) \quad \frac{\partial \Delta h''_{(x,t)}}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0 \\ \Delta C''_{(x,t)} \Big|_{x=0} = \Delta C_{zp}(t) \quad \Delta C''_{(x,t)} \Big|_{x=l} = 0 \end{aligned}$$

където:

$\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta h''$ – са изменения на напорите в първи, втори и повърхностен слой [m];

$\Delta C_1, \Delta C_2, \Delta C''$ – са изменения концентрация на соли в първи, втори и повърхностен слой [kg/m³];

ΔH_{zp} – изменение на водното ниво на границата, [m];

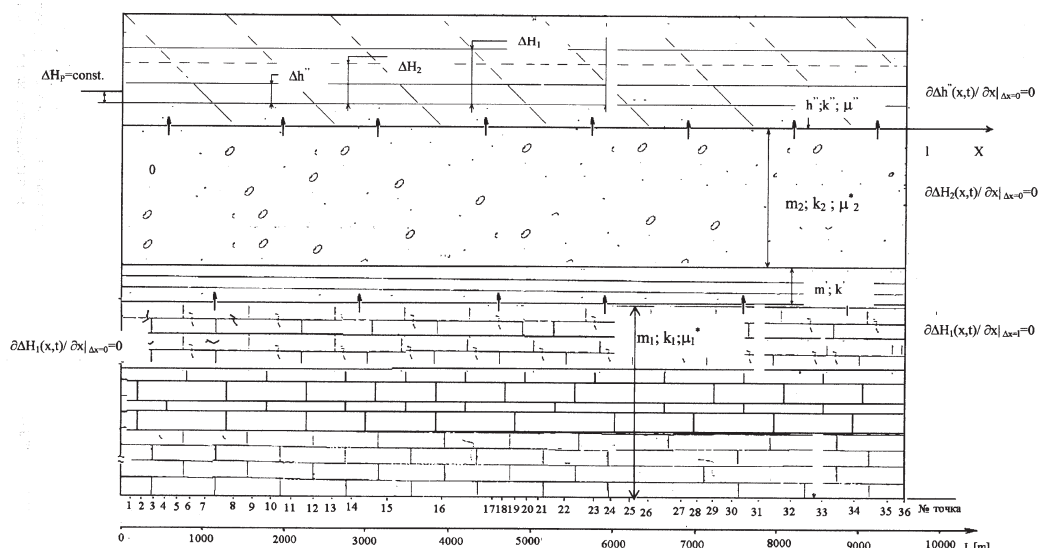
ΔC_{zp} – изменение концентрацията на соли на границата, [kg/m³].

За решаване на разглежданата нестационарна филтрационна задача се из-

ползва числен метод – метод на крайните разлики. Системата от уравнения за изменение на напора в отделните водоносни слоеве е решена чрез метода на итерациите. В разработката е използвана процедурата на Либман, като е спазено условието за сходимост и устойчивост [1]. За приложение на модела е разработена програма на машинен език “Бейсик”, работеща на персонален компютър.

С решаването на такава теоретична задача се цели да се изясни как се променят нивото на подземните води в сложна водоносна система при изменение на хидрогеоложките параметри на повърхностния слой. Теоретичната задача е решена чрез числен модел [1].

Изследван е водоносен пласт с дължина 9025 m, разделен на 36 ламели (блока) (Фиг. 1). В резултат на моментното покачване на водното ниво на границата (т. № 1) с три метра се изменят напорите във водоносния пласт. Последните са изчислени в осем варианта, като всеки от тях е с три подварианта. Различието между вариантите е коефициента на филтрация за повърхностния слабопроницаем слой ($K'' = 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0$ m/d), докато при подвариантите различието е в коефициента на гравитационно водоотдаване за повърхностния слой ($\mu'' = 0,04; 0,06; 0,07$).



Фиг. 1

Останалите параметри на водоносните слоеве на пласта са както следва:

а) за първи водоносен слой - коефициент на филтрация $K_1 = 0,67 \text{ m/d}$; мощност на слоя $m_1 = 194 \text{ m}$;

б) за първи слабопроницаем слой - коефициент на филтрация $K' = 4.10^{-3} \text{ m/d}$; мощност на слоя $m = 6 \text{ m}$;

в) за втори водоносен слой - коефициент на филтрация $K_2 = 40 \text{ m/d}$; мощност на слоя $m_2 = 15 \text{ m}$;

г) за трети (повърхностен) слабопроницаем слой - коефициент на филтрация $K''' = 0,1 \text{ m/d}$; мощност на слоя $m''' = 4 - 5,5 \text{ m}$; коефициент на гравитационно водоотдаване $\mu''' = 0,05$.

Анализът на изследванията е извършен след петнадесетото денонощие поради обстоятелството, че изменението на напорите от началното стационарно състояние до следващото се установява след този период.

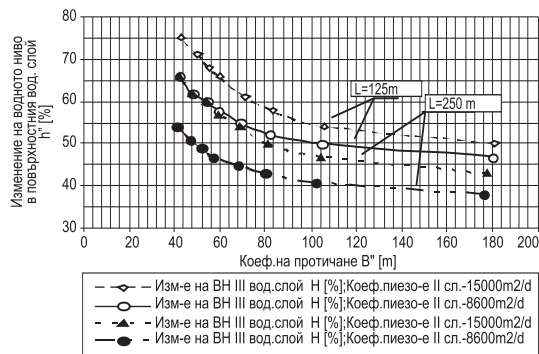
Числено изследване влиянието на хидрогеоложките параметри на повърхностния водоносен слой върху филтрационния и разсолителния процес в крайречни низини

Анализирайки резултатите се установява, че изменението на коефициента на гравитационно водоотдаване на повърхностния слабопроницаем слой от $0,04 - 0,07$ предизвиква незначително процентно изменение на водното ниво в този слой, спрямо това на границата т.е. $\Delta h''' = 0,2 \div 9 \div 16 \%$. По-високите стойности на процентното изменение на водното ниво ($60 - 75 \%$) са характерни за повърхностен слой с по-висок коефициент на филтрация ($K''' = 0,1 - 2,0 \text{ m/d}$). Нарастването на последния обуславя и увеличение на относителната вертикална проводимост ($T'''_B = 1,83.10^{-2} - 4,94.10^{-1} [1/d]$) и намаляване на коефициента на протичане през този слой ($B''' = 181 - 35 \text{ m}$).

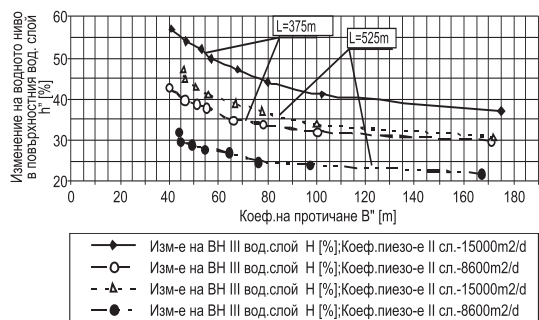
Практическо приложение на резултатите от изследванията

С цел практическа приложимост на резултатите от изследването в отделните варианти и подварианти са изчертани обобщаващи графики (Фиг. 2 ÷ 6).

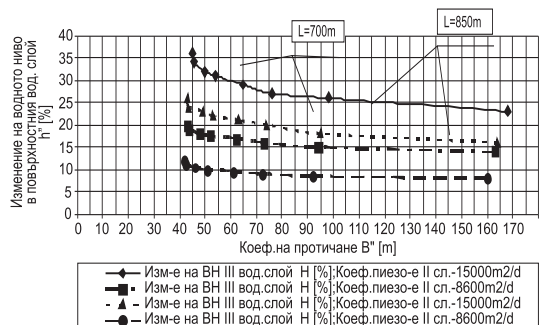
Чрез тях може да се определи процентното подхранване на повърхностния



Фиг. 2. Ходогрфи на изменение на водните нива в повърхностния слой на четирислоен полунапорен водоносен пласт



Фиг. 3. Ходогрфи на изменение на водните нива в повърхностния слой на четирислоен полунапорен водоносен пласт

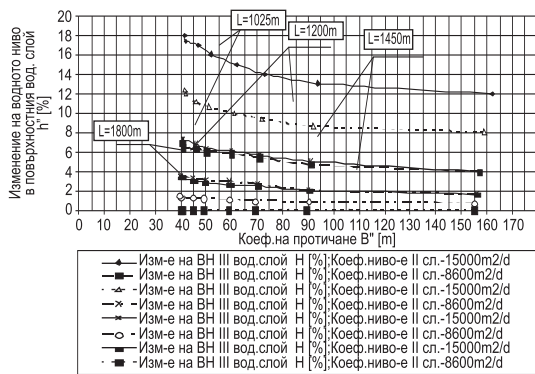


Фиг. 4. Ходогрфи на изменение на водните нива в повърхностния слой на четирислоен полунапорен водоносен пласт

слабопроницаем слой в четирислоен полунапорен водоносен пласт при известни:

- изменение на напора и отдалеченост от границата на този слой;
- коефициент на протичане на отгоре лежащия слой ($B'' = 40 - 180 \text{ m}$);
- коефициент на нивоотдаване на отдолулежащия му водоносен слой ($a_2 = 15000 - 8600 \text{ m}^2/\text{d}$) (вж. Фиг. 2 ÷ 5).

Важна задача при обосноваване на мелиоративното усвояване на земеделските земи е правилното прогнозиране и разработване на мероприятия по подо-



Фиг. 5. Ходографи на изменение на водните нива в повърхностния слой на четирислоен полунапорен водоносен пласт

бряване на солевия им режим. Последният е свързан с обосноваване на промиването на засолените земи.

Оттокът от промивния слой ще зависи от хидрогеоложките условия на дренираната територия. В такъв случай за изясняване протичането на засолително-разсолителния процес е необходимо да се пристъпи към моделиране на потока в разрез.

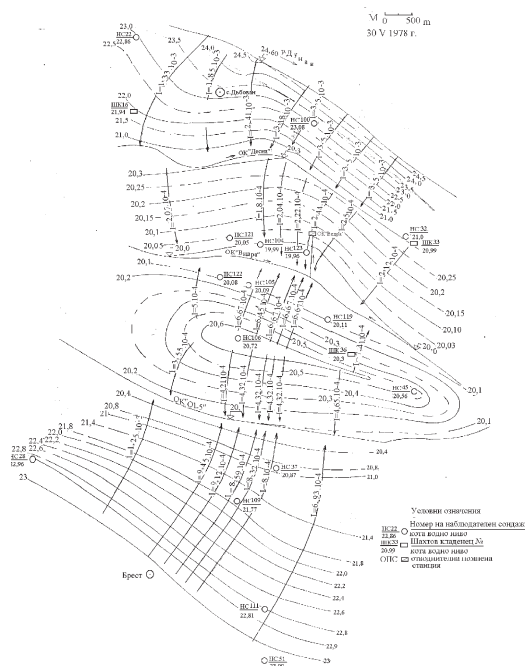
За целта разглежданият пример от практиката обхваща участък “с. Дъбован - местн. Солицето - с. Брест” от Карабоазката низина, с дължина 10 km и мощност на пласта 220 – 225 m (вж. фиг. 6, 7), [7÷12].

Хидрогеоложките параметри на пласта са същите като тези във филтрационните изследвания, като са добавени за:

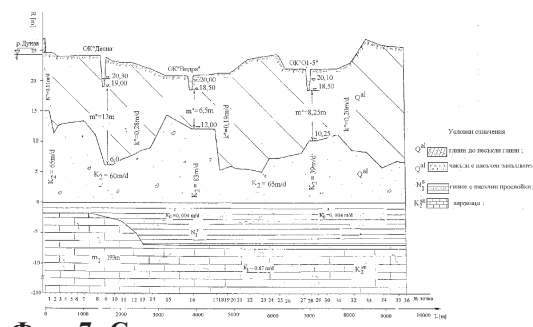
- Долен водоносен слой (варовиков) коефициент на еластично водоотдаване $\mu_1 = 5.10^{-5} \div 5.10^{-6}$ [13];
- Горен водоносен слой (Q^{al}), изграден от чакълесто-песъклив слой, на места заглинен, с мощност $m_2 = 15 \div 18$ до $5 \div 6$ m с коефициент на филтрация $K_2 = 40 \div 70 \div 90$ m/d, коефициент на еластично водоотдаване $\mu_2^* = 5.10^{-3} \div 5.10^{-4}$ [10÷12, 14, 15].

Двата водоносни слоя са разделени от слабопроницаем, глинесто-песъклив слой с мощност $m' = 5 \div 7$ m, коефициент на филтрация $K' = 4.10^{-3}$ m/d. Горният водоносен слой е препокрит от глинест до глинесто-песъклив слой с мощност $m'' = 7 \div 9$ m, коефициент на филтрация $K'' = 0,1 \div 0,3$ m/d и коефициент на гравитационно водоотдаване $\mu'' = 5.10^{-2}$, [2, 4, 5, 16].

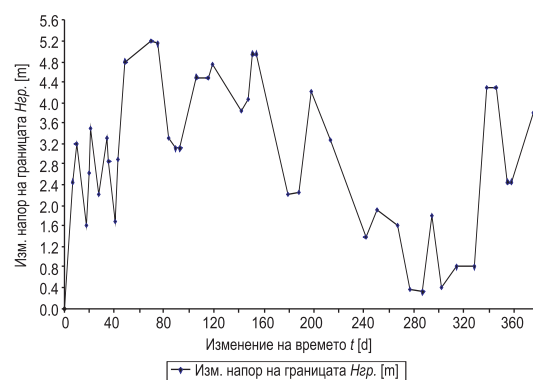
Разглежданият участък граничи на север с р. Дунав (гранично условие от



Фиг. 6. Карта хидроизохипси - от натурни данни Карабоазка низина, 30.05.1978 г.



Фиг. 7. Схематизиран хидрогеоложки профил по токова лента № 1, Карабоазка низина, участък с. Дъбован - с. Брест



Фиг. 8. Ходограф на водното ниво на границата (р. Дунав - с. Дъбован-Плевенско), H_{gr} [m], подхранваща подземните води на Карабоазката низина. Период 25.12.1978 - 31.12.1979 г.

първи род), (Фиг. 7, 8). (На запад гранично условие е непроницаема граница). През участъка преминават

три главни отводнителни канала (ГОК) – “Десна”, “Видра” О1-5, прорязващи частично повърхностния слабопроницаем слой.

При съставяне на модела са използвани данни от инженерно-геоложки и хидрогеоложки проучвания на обект “Отводняване и разсоляване на около 500 dka от Карабоазката низина” [14, 15, 20 ÷ 25], като са използвани за сравнение и данни от научни изследвания на разсоляването на засолен почви чрез дренаж и използване на дренажните води за стопански цели [17, 18].

Решаването на примера от практиката е свързан с изясняване влиянието на хидрогеоложките параметри върху засолително-разсолителния процес.

Решени са 5 варианта. Разликата в *четири* от вариантите е активната пористост на повърхностния слабопроницаем слой, която се мени от $n = 0,25; 0,35; 0,15; 0,1$ и коефициента на молекулярна дифузност на *първи* слабопроницаем слой $D_m' = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{d}$ и на повърхностния слабопроницаем слой $D_m'' = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d}$. В *петия* вариант се изменя коефициента на молекулярна дифузност на *първи* слабопроницаем слой $D_m' = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{d}$ и коефициент на молекулярна дифузност на повърхностния слабопроницаем слой $D_m'' = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{d}$ [2, 4, 5, 16, 19]. Коефициентът на активна пористост $n = 0,25$.

Анализирайки резултатите от отделните варианти на решения пример от практиката се установява, че:

С увеличаване действителната скорост на подземните води (респективно намаляване на активната пористост на повърхностния слабопроницаем слой $n = 0,25; 0,35; 0,15; 0,1$) пренасящи соли от границата към вътрешността на разглежданата низина (Карабоазка) се увеличава съдържанието на соли в тях. Това обстоятелство се дължи на факта, че при по-голяма действителна скорост на подземните води по-малко на брой пори участват в движението им, докато при по-малка скорост участват по-голям брой пори от вместващите отложения. Това води до преминаване на по-голям обем вода, намаля-

ваща концентрацията на пренасяните соли.

Изменението стойността на действителната скорост на подземните води на разстояние 125 m от границата е $V_q = 0,3 - 0,1 - 1,5 \text{ m/d}$. То предизвиква изменение на концентрацията на соли в същата точка от 18 – 3 до 53 g/m³.

Заклучение

Извършените в настоящата научна разработка изследвания, определящи влиянието на хидрогеоложките параметри на повърхностния слой върху филтрационните и разсолителни процеси в многослоен полунапорен водоносен пласт, изграждащ крайречни низини, разширяват възможността на инженерната практика по-точно да определи неговото подхранване. Последното ще допренесе за правилното обосноваване на промиването на засолените земи.

Създаденият числен модел ще спомогне да се уточнят местата и причините за заблатяване и засоляване на разглежданите участъци от низините.

Литература

1. Иванов, И. Сл. Филтрация в многослойни пластове при хидромелиоративни системи в крайречни низини. Дисертация, С., 1995.
2. Гълъбов, М. М. Динамика на подземните води. ДИ “Техника”, С., 1966.
3. Зверов, В. П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. М., Недра, 1982.
4. Мироненко, В. А., Динамика подземных вод. М., Недра. 1983.
5. Шестаков, В. М. Динамика подземных вод. М., Изд-во МГУ, 1979
6. Определяне влиянието на хидрогеоложките фактори на повърхностния слой върху филтрационния и разсолителен процес при хидромелиоративни системи в крайречни низини - Научен отчет - 2011 г. (Архив на НИМХ-БАН – Департамент “Управление и използване на водите”).
7. Антонов, Хр. Ст. Хидрогеоложки условия на Крайдунавските низини и тяхното типизиране. Доклад на научна сесия на секция ХИГ. С. 1968.
8. Антонов, Хр. Ст., Д. Д. Кънев. Подземни води в НРБ. С. 1980.

9. Йовчев, Р. И., В. Н. Рыжов. Подземные воды Северной Болгарии. С., 1962
10. Rank D., V. Rajner, H. Suttner, E. Monev, P. Tschulina, D. Pagurov, I. Slavejkov. Isotopenhydrologische untersuchungen der grundwasserverhältnisse im gebiet der Karaboaz-Tiefebene (Nordbulgarien). Die Auswirkung der wasserbauliche Maßnahmen und der Belastung auf das Plankton und das Benthos der Donau, Bulgarisch-osterreichische Zusammenarbeit, BAW, Sofia, 1985
11. Инженерно геоложки и хидрогеоложки проучвания на обект хидротехнически комплекс “Никопол-Турну Мъгуреле” (фаза ТИД), том 5-а-2-5 II част, м. януари 1978.
12. Хидрогеоложки доклад за опитен участък с. Дъбован, Плевенско – Водпроект, С., 1977.
13. Балушев, Б., Г. Стефанов, Н. Косев и др. Земна механика. ДИ “Техника”, С., 1975.
14. Доклад “Отводняване и разсоляване на около 500 дка от Карабоазката низина” на ИПП “Водпроект”, Дирекция “ИГХГП” [София, м. XII 1976 г., стадий работен].
15. Изследване на земни проби от обект “Отводняване на Карабоазката низина” – Поток № 639 – МЗХП – ИПП “Водпроект”, Дирекция “ИГХГП” – отдел “Лабораторни изследвания” [Земна механика, С., 1976 г.].
16. Гълъбов, М.М., Д. Моллов. О точности и применимости метода дополнительного слоя” для учета сопротивления лежа водоемом при гидрогеологических расчетах. Сп. на БГД, XXX, № 3, 1969.
17. Кочев К.М. Сравнителен анализ на филтрационни схеми за хоризонтален дренаж в слоеви напорни пластове. – Изв. На ИВП – БАН, том XI, С., 1969.
18. Регионални модели за филтрационните и масообменни процеси в мелиоративните системи. – Научен отчет (междинен П-2.2) - за 1988 г. (Архив на ИВП-БАН).
19. Определяне влиянието на хидрогеоложките фактори на повърхностния слой върху филтрационния и разсолителен процес при хидромелиоративни системи в крайречни низини. - Научен отчет 2009-2011 г. (Архив на НИМХ-БАН).
20. Хидрологичен годишник – 1977 г. НРБ, С., ГУХМ, 1981.
21. Хидрологичен годишник – 1978 г. БАН, С., ГУХМ, 1981.
22. Хидрологичен годишник – 1979 г. БАН, С., ГУХМ, 1982.
23. Хидрогеологичен годишник – 1977 г. БАН, С., ГУХМ, 1985.
24. Хидрогеологичен годишник – 1978 г. БАН, С., ГУХМ, 1986.
25. Хидрогеологичен годишник – 1979 г. БАН, С., ГУХМ, 1987.

НОВА КНИГА

Проф. д-р Ганчо Хр. Димитров

ХИДРАВЛИЧНИ РЕГУЛИРАЩИ ВЕНТИЛИ

Първо издание, ABC техника, София, 2012

Автоматизацията на водоснабдителните и напоителните системи чрез използване на хидравлични регулиращи вентили има определящо значение при контрола и управлението им. С тях могат да се намалят значителните физически загуби на вода във водопроводните мрежи и да се оптимизира функционирането им, както и да се повиши надеждността им.

Усъвършенстването на хидравличните регулиращи вентили и разширяването на приложението им във водоснабдителните и напоителните системи предопределят необходимостта от по-задълбочени познания за устройството и действието им.

Разгледани са различните видове регулиращи вентили за входящо и изходящо налягане, пропорционално регулиране, две различни налягания и комбиниран водомер-регулатор на налягането. Дадени са и хидравличните регулиращи вентили за водно ниво в черпателните и напорните резервоари, както и аварийните предпазни вентили. Специално внимание е отделено на съвременните системи за управление на налягането във водоснабдителните системи чрез поддържане на постоянно изходно налягане след регулиращия вентил, регулирането му по време и чрез осигуряване на минималното необходимо налягане в критичната точка от системата. Отделно са описани характеристиките на регулаторите на налягането. Изяснени са условията за кавитация на хидравличните вентили и са дадени специални затворни органи за нейното предотвратяване.

Дадени са съвременни хидравлични вентили (активна възвратна клапа и удароубиватели) за управление на помпените агрегати и предпазване на тръбопроводите от хидравличен удар. Седма глава обхваща въпроси за устройството, действието и хидравличните характеристики на хидравличните регулиращи вентили за напоителни системи.

При написването на книгата са взети предвид най-новите постижения в тази област и опита на редица водещи фирми.

Книгата е предназначена за проектанти, изпълнители, контролиращи органи, персонал по експлоатация на водоснабдителните и напоителните системи, преподаватели и студенти.

ISBN: 978-954-8873-101-2

Ганчо Христов Димитров, автор, 2012

ABC Техника ЕООД, издателство, 2012

Аврио ООД, корица и предпечат, 2012