

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ

ԱԿԱԳԵՄԻԿՈՍ Ի.Վ.ԵՂԻՍՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ՋՐԱՅԻՆ ՀԻՄՆԱՀԱՐՑԵՐԻ
ԵՎ ՀԻԳԻՐՈՏԵԼՆԵԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ ԷՄԻԼ ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆԻ

ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ԱՐՏԵՁՅԱՆ ԱՎԱԶԱՆԻ
ՋՐԱԱԳԱՅԻՆ ՀԱՇՎԵԿՇԻՌԸ

ԻԳ.00.21 – «Յամարի ջրաբանություն, ջրային ռեսուրսներ, ջրաքիմիա»
մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների զոկտորի
գիտական առախճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Երևան-2007

РЕСПУБЛИКА АРМЕНИЯ

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ И ГИДРОТЕХНИКИ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.В.ЕГИАЗАРОВА

ХАЧАТРЯН ЭМИЛЬ АРУТЮНОВИЧ

ВОДНО-СОЛЕВОЙ БАЛАНС АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА
АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности

24.00.21 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

Ереван-2007

Ատենախոսության քննան հաստատվել է Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտում

- Գլխավոր խորհրդատու՝ ատենիկական գիտությունների դոկտոր,
պրոֆեսոր Ս.Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ
- Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ատենիկական գիտությունների դոկտոր,
պրոֆեսոր Վ.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ
ատենիկական գիտությունների դոկտոր
Ն.Լ. ՄԵԼԻԿՅԱՆ
ատենիկական գիտությունների դոկտոր
Վ.Հ. ՄԱՐԳՍՅԱՆ

Առաջատար կազմակերպություն՝ «Հայօրնախագիծ ինստիտուտ» ՓԲԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2007թ. նոյեմբերի 21-ին ժ.15⁰⁰-ին, Ակադեմիկոս Ի.Վ.Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի 055 մասնագիտական խորհրդում հետևյալ հասցեով՝ 0047, Երևան, Ա.Արմենակյան 125:
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ինստիտուտի գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 20 հոկտեմբերի 2007թ.:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
ատենիկական գիտությունների թեկնածու՝ *Զ. Զարթույան* Տ. ՋՐԲԱՇՅԱՆ

Тема диссертации утверждена в институте водных проблем и гидротехники им. академика И.В. Егизарова

- Научный консультант – доктор технических наук,
профессор С.М. КАЗАРЯН
- Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор В.С. САРКИСЯН
доктор технических наук
Н.Л. МЕЛИКЯН
доктор технических наук
В.О. САРКИСЯН

Ведущая организация- ЗАО «Айджрнахагиц институт».

Защита состоится 2007г. 21 ноября в 15⁰⁰ часов на заседании специализированного совета 055 Института водных проблем и гидротехники им. академика И.В.Егизарова, по адресу: 0047, Ереван, ул. А.Арменакияна 125.
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.
Автореферат разослан 20 октября 2007г.

Ученый секретарь специализированного совета,
кандидат технических наук *Զ. Զարթույան* Э.Т. ДЖРБАШЯН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Орошение является необходимым условием для развития сельского хозяйства многих стран, особенно для стран расположенных в аридных регионах. Республика Армения в этом плане не является исключением. Однако орошение часто сопровождается нарушением экологического равновесия окружающей среды: происходит подъем уровня грунтовых вод, повышается их минерализация, засоляются почвы и т. д. Направленность этих процессов особенно трудно определить в условиях межгорных впадин типа Араратской котловины, где орошение проводится как в равнинной, так и в предгорных участках. В целях орошения земель и водоснабжения, предотвращения отрицательных последствий, используется большое количество подземных вод равнины.

Республика Армения по водно-земельным ресурсам, пригодным для сельского хозяйства, занимает одно из последних мест среди республик СНГ. В расчете на душу населения приходится всего 0,45га сельскохозяйственных угодий, в том числе 0,19га пашни. Одним из наиболее крупных сельскохозяйственных объектов и основой земледельческого потенциала республики является Араратская равнина, характеризующаяся хорошими биоклиматическими условиями для развития орошаемого земледелия. На орошаемых почвах Араратской равнины производится более 40% валовой продукции сельского хозяйства республики. Однако за этим внешним благополучием скрывается неблагоприятная мелиоративная картина. В настоящее время из 138,5тыс.га общей площади равнины орошается около 83тыс.га, из которых более одной трети в различной степени засолены и переувлажнены. За последние 15 лет из-за отсутствия неудовлетворительного функционирования коллекторно-дренажных систем на больших массивах Араратской равнины наблюдается подъем уровня грунтовых вод, в результате чего происходит вторичное засоление, осолонцевание и переувлажнение почв.

Несмотря на длительное (свыше 60 лет) изучение и освоение земель Араратской равнины, а также применение различных мелиоративных мероприятий, процессы соленакпления, вторичного засоления и заболачивания не затухают, а за последние годы даже прогрессируют, снижая плодородие почвы.

Кроме того, в современных условиях, в результате бурения тысячи скважин, без учета гидрогеологических условий и соблюдения технологических правил, нарушена естественная гидрогеологическая обстановка фильтрующей среды Араратского артезианского бассейна.

В создавшихся условиях для решения проблемы рационального использования ограниченных водных и земельных ресурсов региона, а также производства сельскохозяйственной продукции, необходимо производить регулирование режима напорных и грунтовых вод таким образом, чтобы исключить процессы заболачивания и засоления земель. Проблему оперативно можно решить с помощью прогнозных расчетов водно-солевых режимов.

С целью предотвращения нежелательных последствий изменения гидрогеолого-мелиоративного состояния земель, необходимо совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы прогноза

возможного изменения гидрогеологической и мелиоративной обстановки региона. Эти методы приобретают особую ценность для своевременного предупреждения заболачивания и вторичного засоления земель и рационального использования подземных вод.

Результаты гидрогеологических и инженерно-геологических прогнозов являются научной основой для принятия инженерно-технических решений по оценке техногенного воздействия на окружающую среду.

Цель работы.

- Выявление гидрогеологической и мелиоративной ситуации сложившейся в Араратском котловине, причин заболачивания и засоления почв равнины;
- Оценка направленности гидрогеолого-мелиоративных условий орошаемых земель котловины под влиянием водохозяйственной деятельности;
- Разработка научно-методической основы математических моделей гидрогеологического бассейна равнины с целью прогнозирования, управления, рационального использования запасов подземных вод с выбором оптимального режима работы водозаборных, водопонижительных сооружений и для улучшения мелиоративного состояния земель.

Основные задачи исследования.

1. Обобщение материалов, характеризующих формирование естественных водных ресурсов Араратской котловины.
2. Региональная оценка естественных водных ресурсов и солевых миграционных процессов котловины.
3. Региональная оценка направленности гидрогеолого-мелиоративных условий орошаемых земель котловины.
4. Разработка математической модели гидрогеолого-мелиоративной обстановки Араратской равнины.
5. Региональный прогноз режимов подземных вод равнины в существующих условиях. Принятие технических решений по техногенному воздействию на окружающую среду.
6. Прогноз гидродинамического режима подземных вод равнины в планируемых условиях.
7. Разработка методики регулирования уровня грунтовых вод равнины путем перехвата излишков воды, поступающей с обрамляющих горных массивов.
8. Разработка методики прогноза режима подземных вод при эксплуатации скважин вертикального дренажа, действующих в равнинной части с обоснованием путей наиболее рационального и эффективного использования водных ресурсов.

Методология. В основу методологии положены идеи В.И. Вернадского, Б.Б. Докучаева и А.Н. Костякова — управление круговоротами воды и химических веществ в целях прогрессирующего повышения плодородия и продуктивности почв, при условии рационального использования водных ресурсов не допуская ухудшения окружающей среды.

Такая постановка проблемы требует системного подхода и широкого применения математического моделирования для воспроизводства

гидродинамических процессов. В качестве системы рассматривается комплекс, состоящий из следующих блоков:

1. Приземной слой атмосферы (\bar{R}, E, O_c).
2. Зона аэрации, включающая почвы и грунты до уровня грунтовых вод.
3. Грунтовые воды.
4. Напорные воды:
 - а) слабонапорный водоносный горизонт.
 - б) сильнонапорный водоносный горизонт.

В зависимости от высотного положения территории, состав системы меняется. В высокогорье и среднегорье отсутствуют нижние блоки. Система описывается балансовыми уравнениями.

Методика выполнения исследования. В основу методики исследований положены данные опытно-производственных, водно-балансовых, режимных наблюдений, а также результаты теоретических исследований гидродинамических и гидрохимических процессов и параметров.

Региональная оценка водных ресурсов, солевых процессов, направленности гидрогеолого-мелиоративных условий орошаемых земель Араратской котловины под влиянием инженерных мероприятий выполнена балансовыми методами.

Прогноз режимов подземных вод гидрогеологического бассейна Араратской равнины с определением их эксплуатационных запасов производился численными методами.

Проблема регулирования уровня подземных вод равнины путем перехвата излишков воды, поступающей с обрамляющих горных массивов, осуществляемого прямолинейным рядом скважин приуроченных на верхних отметках, решена аналитическими и численными методами.

Прогноз режима подземных вод при эксплуатации скважин вертикального дренажа, действующих в многослойной фильтрационной среде равнины, осуществлен численными методами.

Научная новизна проведенных исследований заключается в следующем:

1. Выполнена региональная оценка естественных водных ресурсов Араратской котловины. Определены пути и общее количество подземных вод и солей, поступающих в Араратскую равнину.
2. Разработана методика региональной оценки направленности мелиоративных условий орошаемых земель Араратской котловины в естественных условиях и после орошения.
3. На территории Араратской равнины выделены пять характерных схем строения водоносных горизонтов в разрезе - от однослойной до пятислойной. По ним проведено районирование территории равнины. На основании районирования и схематизации гидрогеолого-мелиоративной обстановки создана математическая модель Араратской равнины. Установлен рациональный режим эксплуатации подземных вод рассматриваемого региона, позволяющий регулировать режим грунтовых вод и тем самым избежать от заболачивания и засоления земель.
4. По результатам регионального прогноза режимов подземных вод равнины определены их эксплуатационные запасы.

5. Решена проблема регулирования уровня подземных вод равнины путем перехвата излишков воды поступающей с обрамляющих горных массивов действием линейного ряда скважин на верхних отметках.
6. Разработана методика прогноза режима подземных вод орошаемых и осушаемых массивов при эксплуатации скважин вертикального дренажа в многослойной фильтрационной среде равнины, позволяющая выбрать рациональный режим работы водозаборов.

Основные научные и практические положения, выносимые на защиту.

- Уравнения водно-солевых балансов для региональной оценки водно-солевых режимов, направленности гидрогеолого-мелиоративных условий орошаемых земель Араратской котловины.
- Методика прогнозирования режима подземных вод равнины и результаты определения эксплуатационных запасов.
- Решение проблемы регулирования уровня подземных вод равнины путем перехвата излишков воды, поступающих с обрамляющих горных массивов, прямолинейным рядом скважин.
- Методика прогнозирования режимов подземных вод и полученные результаты при действии вертикальных дрен в многослойной фильтрационной среде.

Практическая ценность работы. Разработанные методы и полученные результаты по региональной оценке естественных водных ресурсов, солевых процессов, направленности гидрогеолого-мелиоративных условий под влиянием инженерных мероприятий, водно-солевого режима гидрогеологического бассейна, методы прогноза режима подземных вод и определения их эксплуатационных запасов могут быть использованы проектными, научными и эксплуатационными организациями при составлении оперативных и долгосрочных прогнозов гидродинамического и гидрохимического режимов орошаемых массивов.

Результаты исследований внедрены в технические проекты:

- Развитие орошения и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель Араратской равнины (Октемберянский район), I и II очереди, (1984г.),
- Прогноз изменения уровня подземных вод под влиянием орошения по объекту "Вединское водохранилище на р.Веди и орошение земель в Араратском районе", (1990г.),
- Прогноз режимов подземных вод по объекту "Орошение земель в Варденисском районе", (1991г.),
- Прогноз изменений высоты стояния уровней грунтовых вод в районах Араратской равнины, разработанный проектным институтом "Армгипроводхоз", а также Гидрогеологомелиоративной экспедицией республики, (1992г.).

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях ЕрПИ и ЕрАСИ (Ереван,1975...1996гг.); международном симпозиуме МАГИ по фильтрации воды в пористых средах (Киев,1976г.); научно-технической конференции ВТУЗ-ов Закавказских республик (Тбилиси,1977г.); XX научно-технической конференции ВТУЗ-ов Закавказских республик (Баку,1980г.); третьей республиканской научно-технической конференции (Ереван,1980г.); семинаре

по подземной гидродинамике в институте ВОДГЕО (Москва, 1981г.); в научно-техническом совещании НИС Гидропроекта (Москва, 1982г.); в НИИ почвоведения и агрохимии МСХ "Вопросы улучшения использования и поднятия производительности почв Армении" (Ереван, 1980г.); на всесоюзной конференции по итогам работы вузов СССР в области гидротехники в XI пятилетке (Куйбышев, 1985г.); региональной научно-технической конференции "Экологические аспекты Северного Кавказа" (Новочеркасск, 1990г.); научно-технических конференциях МГМИ ((Москва, 1989...1991г.); в проблемной лаборатории МГМИ (Москва, 1992г.); на международной научной конференции (Ереван, 2005г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 27 работ, которые достаточно полно отражают содержание диссертации.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из шести глав, выводов, библиографии из 239 наименований и 4 приложений. Работа изложена на 282 страницах компьютерного текста, включая 48 таблиц и 41 рисунок.

Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту д.т.н., проф. С.М.Казаряну и д.т.н., проф. В.С.Саркисяну за ценные советы при составлении диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается описание создавшейся ситуации в гидрогеологическом бассейне Араратской равнины и актуальность проблемы.

В первой главе описаны природные особенности и общая, геолого-гидрогеологическая, почвенно-мелиоративная характеристика Араратской котловины, а также методика исследования.

В первом параграфе описаны природные, биоклиматические, геолого-гидрогеологические условия, орография, гидрология, формирование химического состава подземных вод Араратской котловины и современное мелиоративное состояние земель равнины.

Каждый выделенный природный фактор играет определенную роль в общей проблеме оценки естественных ресурсов вод, миграционных процессов солей в прогнозе режима поверхностных и подземных вод рассматриваемой территории.

Показано, что дальнейшее развитие орошения в равнине потребует коренного изменения в вопросах мелиорации: строительство оросительных систем с высоким к.п.д., увеличение коэффициента земельного использования, создание современной техники дренаживания.

Вторая глава посвящена региональной оценке естественных ресурсов вод и миграционных процессов солей, происходящих в Араратской котловине.

В первом параграфе дана оценка естественных водных ресурсов котловины. Одними из первых исследователей водного баланса Армении являлись В.К.Давыдов и Л.А.Владимиров, которые по причине ограниченности того времени материалов были вынуждены характеризовать только контуры водно-балансовых участков. Исследованием водного баланса территории

республики и ее частей в дальнейшем занимались Г.Г.Оганезов, А.М.Мхитарян, Г.А.Александрян, М.С.Торгомян, Ш.А.Шахбазян, В.Т.Вегуни, Г.А.Баграмян, С.М. Мусаеляна, Г.Г.Вардумян, А.Е.Амроян, Р.С.Минасян, А.А.Чилингарян, В.М.Мовсисян, Б.П.Мнацаканян и др.

Важным этапом является принятие водного законодательства республики Армения (2002г.), при разработке которого принимали участие В.М. Мовсисян, Г.А.Мартirosян, О.В. Токмаджян и др.

В результате этих работ достигнут значительный прогресс в деле оценки естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод территории республики. Несмотря на это, вопросы, связанные с количественной оценкой естественных ресурсов Араратской котловины, изучены недостаточно.

Целью региональной оценки являлось выявление естественных ресурсов вод Араратской котловины с определением величины глубинного подземного стока в сторону гидрогеологического бассейна равнины. Рассматривалась котловина на границе Армении и Турции, и на основе общего водного баланса подсчитана величина возможного поверхностного и подземного стока, который образуется в пределах области формирования. С левобережья р.Аракс область формирования охватывает Арагацский массив, западный склон Гегамского массива (включая бассейны р.р.Азат и Веди) и правобережье р.Раздан. С правобережья р.Аракс - Араратский массив и примыкающий к нему с юго-запада Армянский хребет. Нижней границей является Араратская равнина.

Областью разгрузки вод является гидрогеологический бассейн Араратской равнины, представляющий собой область накопления пресных вод. Подземные воды образующиеся на массивах области формирования, поступают на равнину, часть разгружается в виде мощных родников, а часть идет на пополнение запасов подземных вод.

На основании общего водного баланса, анализа результатов проведенных исследований, расчета и уточнения его отдельных составляющих, в работе приводятся среднеголетние значения естественных водных ресурсов Араратской котловины.

Суммарный сток, поступающий в пределы Араратской равнины с области формирования котловины составляет $108,8 \text{ м}^3/\text{с}$, в том числе: в виде глубинного стока - $33,9 \text{ м}^3/\text{с}$, родникового стока - $31 \text{ м}^3/\text{с}$, речного - $43,9 \text{ м}^3/\text{с}$.

Во втором параграфе дается гидрохимическая характеристика поверхностных вод, минерализация и химический состав речных вод. Во всех речных бассейнах котловины вместе с формированием речного стока формируется и солевой сток. Области формирования солевого стока расположены в наиболее возвышенных частях речных долин и занимают более 12 тыс. км^2 . По значениям стока и минерализации вод рек, подсчитан солевой сток. Расчеты показывают, что общее количество солей, выносимых из областей формирования и привносимых речным стоком в сторону равнины, составляет $1424 \text{ тыс. тонн/год}$. Из этого стока $917,8 \text{ тыс. тонн}$ транзитом уходит за пределы равнины, а $505,8 \text{ тыс. тонн}$ солей речными водами поступает на орошаемые массивы равнины.

В третьем параграфе приводится расчет глубинного подземного солевого стока котловины.

Важная роль разгрузки глубинных вод в соленакоплении показана В.А. Ковдой, однако в региональном масштабе этот процесс для Араратской котловины не рассматривался. Вместе с тем глубинный сток, поступаая в гидрогеологический бассейн равнины перераспределяет соли с нижних этажей путем перетекания по всей площади бассейна в верхние этажи и в условиях равнины является внешним фактором поступления солей в почву. Несмотря на относительно небольшой объем глубинного стока (9% от осадков), его геохимическое значение весьма существенно, поскольку минерализация этих вод значительно выше, чем речных и тем более атмосферных.

В целях расчета годового солевого стока подземных вод в равнину, ландшафт котловины разделен на две части: зона выноса солей, что совпадает с областью формирования подземных вод и зона поступления солей – гидрогеологический бассейн равнины. Результаты расчетов показывают, что в грунтовый горизонт привнос солей составляет 368,5 тыс. тонн/год. Наиболее интенсивное поступление наблюдается в центральной части равнины, т.е. в напорные горизонты, где разгружаются потоки глубинных вод. Сюда поступает 547 тыс. тонн/год солей. В артезианском бассейне равнины разгрузка глубинного стока происходит путем медленного вертикального перетекания через кровлю водовмещающих отложений, т.е. наряду со сосредоточенной разгрузкой происходит также площадная разгрузка подземных вод в верхние этажи. Слабонапорный горизонт, как по объему, так и по составу растворимых веществ интегрирует разгрузку вод нижележащего сильнопорного горизонта. Ежегодный вынос солей из слабонапорного горизонта в верхнюю почвенно-грунтовую толщу составляет более 120 тыс. тонн. Родниковым стоком поступает 207 тыс. тонн. Количество солей, поступающих с атмосферными осадками на равнину составляет около 35 тыс. тонн/год.

Из сделанного анализа следует, что суммарное количество солей, поступающих в равнину естественным путем, составляет более 1600 тыс. тонн/год.

В третьей главе дается региональная оценка направленности гидрогеолого-мелиоративных условий орошаемых земель Араратской котловины в связи с развитием орошения и дренажа. Для этих целей ландшафт котловины в зависимости от гипсометрического положения, геоморфологических условий, литологического состава и дренированности грунтов разбита на три массива: высокогорье, среднегорье, сама равнина.

В первом параграфе рассматривается водно-солевой режим для выделенных массивов котловины. Составлены водно-солевые балансы позволяющие прогнозировать водно-солевой режим выделенных массивов в естественных условиях и после орошения (рис. 3.1).

а) Уравнения водного баланса высокогорного массива в естественных условиях будут:

$$\text{для поверхностных и почвенных вод} \\ O_c^I - (И + T_p)^I + (\bar{\Pi} - \bar{O})^I + g^I = \Delta W_1^I + \Delta W_2^I, \quad (3.1)$$

для грунтовых вод

$$-g^I + (\bar{\Pi} - \bar{O})^I = \Delta W_3^I. \quad (3.2)$$

Следовательно общий водный баланс будет

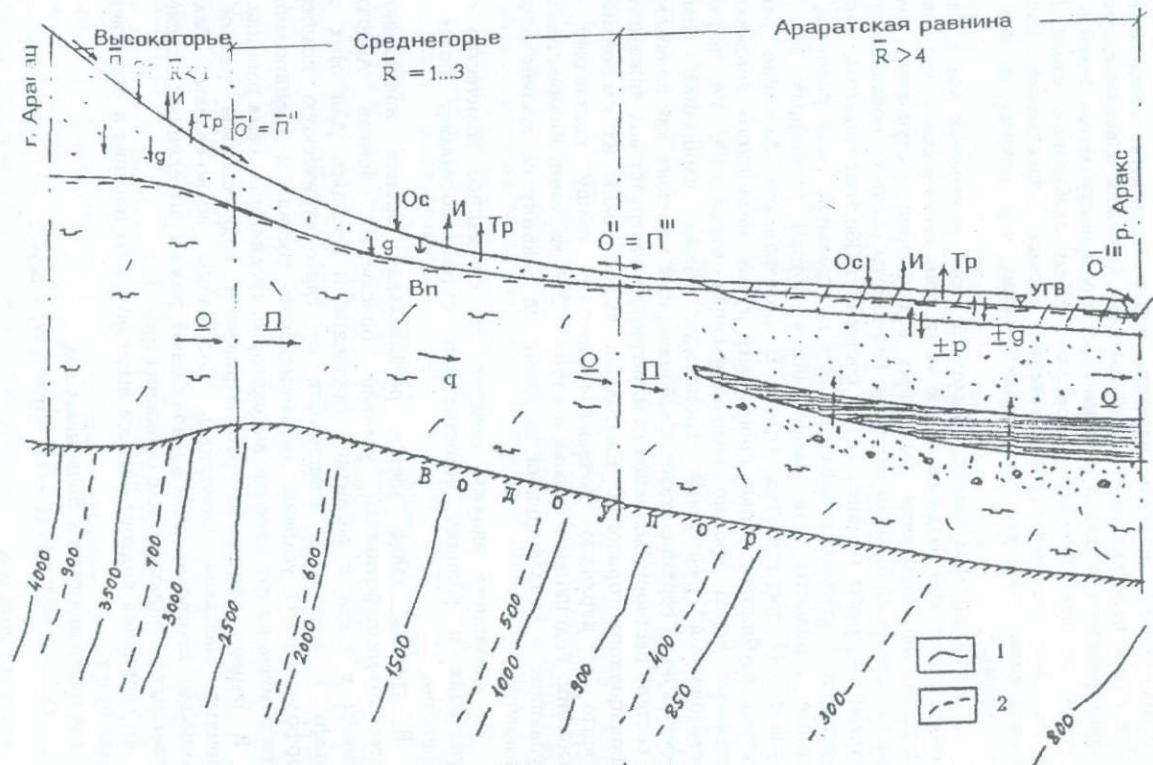


Рис. 3.1. Схематический разрез по линии г.Арагац — р.Аракс
1-рельеф, 2-интенсивность осадков, мм/год

$$O_c^I \cdot (I + T_p)^I + (\bar{\Pi} - \bar{O})^I + (\underline{\Pi} - \underline{O})^I = \Delta W_1^I + \Delta W_2^I + \Delta W_3^I = \Sigma \Delta W_i^I, \quad i=1,2,3. \quad (3.3)$$

б) Уравнения водного баланса для среднегорной части имеют вид:

для поверхностных и почвенных вод

$$O_c^{II} - (I + T_p)^{II} + (\bar{\Pi} - \bar{O})^{II} + g^{II} = \Delta W_1^{II} + \Delta W_2^{II}, \quad (3.4)$$

для грунтовых вод

$$-g^{II} + (\underline{\Pi} - \underline{O})^{II} = \Delta W_3^{II}, \quad (3.5)$$

общий водный баланс

$$O_c^{II} - (I + T_p)^{II} + (\bar{\Pi} - \bar{O})^{II} + (\underline{\Pi} - \underline{O})^{II} = \Sigma \Delta W_i^{II}. \quad (3.6)$$

в) Уравнения водного баланса равнины:

для поверхностных и почвенных вод

$$O_c^{III} - (I + T_p)^{III} + (\bar{\Pi} - \bar{O})^{III} + g^{III} = \Delta W_1^{III} + \Delta W_2^{III}, \quad (3.7)$$

для грунтовых вод

$$-g^{III} + (\underline{\Pi} - \underline{O})^{III} + P = \Delta W_3^{III}, \quad (3.8)$$

общий водный баланс

$$O_c^{III} - (I + T_p)^{III} + (\bar{\Pi} - \bar{O})^{III} + (\underline{\Pi} - \underline{O})^{III} + P = \Sigma \Delta W_j^I; \quad j=I,II,III, \quad (3.9)$$

где $\Delta W_1^I, \Delta W_2^I, \Delta W_3^I, \Delta W_1^{II}, \Delta W_2^{II}, \Delta W_3^{II}, \Delta W_1^{III}, \Delta W_2^{III}, \Delta W_3^{III}$ — изменение запасов поверхностных и почвенных, грунтовых вод соответственно по выделенным массивам; O_c — атмосферные осадки; I — испарение; T_p — транспирация; $\bar{\Pi}$ и \bar{O} — поверхностный приток и отток; $\underline{\Pi}$ и \underline{O} — подземный приток и отток; g — водообмен между почвенными и грунтовыми водами; P — водообмен между грунтовыми и напорными водами.

После ввода в эксплуатацию оросительных систем определены также изменения в балансовых уравнениях, обусловленные орошением.

Высокогорная часть котловины расположена выше зоны земледелия и является преимущественно животноводческим поясом, поэтому можно считать, что соотношение элементов водных балансов практически не меняется.

Основные уравнения водного баланса для среднегорной и равнинной части, изменившегося в результате орошения земель (или строительства водохранилищ, каналов и т. п.), будут:

а) для среднегорного массива имеют вид

для поверхностных и почвенных вод

$$O_p^{II} + O_c^{II} - (I + T_p)_I^{II} + (\bar{\Pi} - \bar{O})_I^{II} + g_I^{II} = \Delta W_1^{II} + \Delta W_2^{II}, \quad (3.10)$$

для грунтовых вод

$$-g_I^{II} + (\underline{\Pi} - \underline{O})_I^{II} + \Phi_K^{II} - D^{II} = \Delta W_3^{II}, \quad (3.11)$$

общий водный баланс

$$O_p^{II} + O_c^{II} - (I + T_p)_I^{II} + (\bar{\Pi} - \bar{O})_I^{II} + (\underline{\Pi} - \underline{O})_I^{II} + \Phi_K^{II} - D^{II} = \Sigma \Delta W_i^{II}. \quad (3.12)$$

б) Равнинного массива

для поверхностных и почвенных вод

$$O_p^{III} + O_c^{III} - (I + T_p)_I^{III} + (\bar{\Pi} - \bar{O})_I^{III} + g_I^{III} = \Delta W_1^{III} + \Delta W_2^{III}, \quad (3.13)$$

для грунтовых вод

$$-g_I^{III} + (\underline{\Pi} - \underline{O})_I^{III} + \Phi_K^{III} + P_1 - D^{III} = \Delta W_3^{III}, \quad (3.14)$$

общий водный баланс

$$O_p^{III} + O_c^{III} - (I + T_p)^{III} + (\bar{П} - \bar{O})_1^{III} + (\underline{П} - \underline{O})_1^{III} + \Phi_K^{III} + P_1 - D^{III} = \Delta W_3^{III}, \quad (3.15)$$

где I - индекс, означающий изменившиеся при орошении условия; O_p - оросительная норма нетто; D - дренажный сток; Φ_K - фильтрационные потери из оросительной сети.

Изменения составляющих водных балансов для равнинной части после орошения земель определяется сопоставляя уравнения (3.1)...(3.9) и (3.10)...(3.15). Для сравнения изменений водного баланса после начала орошения вычтем из уравнения (3.14) уравнение (3.8) (для естественных условий)

$$\Delta W_3^{III} - \Delta W_3^{III} + (\underline{П} - \underline{O})^{III} - (\underline{П} - \underline{O})_1^{III} - (P_1 - P) + D^{III} = \Phi_K^{III} - (g_1 - g)^{III}. \quad (3.16)$$

Из уравнения (3.16) следует, что подача дополнительного количества воды и увеличение влажности корнеобитаемого слоя почв и грунтов (среднегорья и равнины) вызывает нарастание глубинных сбросов и дополнительное питание грунтовых вод ($\Delta \Pi = \Phi_K - \Delta g$). В результате происходит подъем уровня грунтовых вод в указанных массивах. При подъеме уровня грунтовых вод, подземный приток и водообмен между грунтовыми и напорными водами всегда уменьшается, а подземный сток увеличивается, т.е. $(\underline{П} - \underline{O})_1 < (\underline{П} - \underline{O})$, $P_1 < P$. Обозначив изменение запасов грунтовых вод - GP, уравнение (3.16) примет вид:

$$\Delta W_3^{III} - \Delta W_3^{III} + GP + D^{III} = \Phi_K^{III} - (g_1 - g)^{III}, \quad (3.17)$$

где

$$GP = (\underline{П} - \underline{O}) - (\underline{П} - \underline{O})_1 - (P_1 - P).$$

Из уравнения (3.17) следует, что дополнительное питание грунтовых вод при орошении расходуется на увеличение запасов грунтовых вод, подъем их уровня, подземный отток и дренажный сток. При этом если подъем грунтовых вод незначительный и не влияет на почвообразовательных процессах, то искусственный дренаж не нужен. Если же грунтовые воды поднялись значительно и начинают интенсивно расходоваться на испарение, то необходимо устройство дренажа.

Критериями для оценки необходимости регулирования режима грунтовых вод дренажом является

$$GP \leq (\Phi_K - \Delta g). \quad (3.18)$$

Нагрузку на дренаж можно определить из уравнения (3.14)

$$D = \Phi_K - g_1 + (\underline{П} - \underline{O})_1 + P_1 - \Delta W_3^{III}. \quad (3.19)$$

При расчете на среднемноголетний период ($\Delta W_3^{II} = 0$, $\Delta W_3^{III} = 0$) нагрузка на дренаж (модуль дренажа), будет

$$D = \Phi_K - g_1 + (\underline{П} - \underline{O})_1 + P_1. \quad (3.20)$$

Уравнения солевых балансов выделенных массивов для естественных условий будут:

а) для высокогорного массива
для поверхностных и почвенных вод

$$C_{Oc}^I + (C_{\bar{П}} - C_{\bar{O}})^I + C_g^I = \Delta C_1^I + \Delta C_2^I, \quad (3.21)$$

для грунтовых вод

$$- C_g^I + (C_{\underline{П}} - C_{\underline{O}})^I = \Delta C_3^I, \quad (3.22)$$

общий солевой баланс

$$C_{Oc}^I + (C_{\bar{П}} - C_{\bar{O}})^I + (C_{\underline{П}} - C_{\underline{O}})^I = \Delta C_1^I + \Delta C_2^I + \Delta C_3^I = \Sigma \Delta C_i^I. \quad (3.23)$$

б) Уравнения солевого баланса для среднегорного массива имеют вид:
для поверхностных и почвенных вод

$$C_{oc}^{II} + (C_{\bar{n}} - C_{\bar{o}})^{II} + C_g^{II} = \Delta C_1^{II} + \Delta C_2^{II}, \quad (3.24)$$

для грунтовых вод

$$- C_g^{II} + (C_{\Pi} - C_{Q})^{II} = \Delta C_3^{II}, \quad (3.25)$$

общий солевой баланс

$$C_{oc}^{II} + (C_{\bar{n}} - C_{\bar{o}})^{II} + (C_{\Pi} - C_{Q})^{II} = \Sigma \Delta C_1^j. \quad (3.26)$$

в) Уравнения солевого баланса для равнинной части:

для поверхностных и почвенных вод

$$C_{oc}^{III} + (C_{\bar{n}} - C_{\bar{o}})^{III} + C_g^{III} = \Delta C_1^{III} + \Delta C_2^{III}, \quad (3.27)$$

для грунтовых вод

$$- C_g^{III} + (C_{\Pi} - C_{Q})^{III} + C_p = \Delta C_3^{III}, \quad (3.28)$$

общий солевой баланс

$$C_{oc}^{III} + (C_{\bar{n}} - C_{\bar{o}})^{III} + (C_{\Pi} - C_{Q})^{III} + C_p = \Sigma \Delta C_1^j, \quad (3.29)$$

где ΔC_1^j — изменение запасов солей в поверхностных, почвенных, грунтовых водах и в расчетном балансовом слое в целом по выделенным массивам; $C_{\bar{n}}$ и $C_{\bar{o}}$ — соли, поступившие и вынесенные с поверхностными водами; C_{Π} и C_{Q} — то же с подземными водами; C_g — солеобмен между грунтовыми и почвенными водами; C_p — солеобмен между грунтовыми и напорными водами.

Уравнения солевых балансов для среднегорной и равнинной частей, изменившихся в результате орошения земель:

а) уравнения для среднегорной части:

для поверхностных и почвенных вод

$$C_{oc}^{II} + (C_{\bar{n}}^* - C_{\bar{o}}^*)^{II} + C_{op}^{II} + C_g^{II} = \Delta C_1^{*II} + \Delta C_2^{*II}, \quad (3.30)$$

для грунтовых вод

$$- C_g^{*II} + (C_{\Pi}^* - C_{Q}^*)^{II} + C_{фк}^{II} - C_D^{II} = \Delta C_3^{*II}, \quad (3.31)$$

Общий солевой баланс

$$C_{oc}^{II} + (C_{\bar{n}}^* - C_{\bar{o}}^*)^{II} + (C_{\Pi}^* - C_{Q}^*)^{II} + C_{op}^{II} + C_{фк}^{II} - C_D^{II} = \Sigma \Delta C_1^j. \quad (3.32)$$

б) Уравнения для равнинной части:

для поверхностных и почвенных вод

$$C_{oc} + (C_{\bar{n}}^* - C_{\bar{o}}^*)^{III} + C_{op}^{III} + C_g^{*III} = \Delta C_1^{*III} + \Delta C_2^{*III}, \quad (3.33)$$

для грунтовых вод

$$- C_g^{*III} + (C_{\Pi}^* - C_{Q}^*)^{III} + C_p^* + C_{фк}^{III} - C_D^{III} = \Delta C_3^{*III}, \quad (3.34)$$

общий солевой баланс

$$C_{oc}^{III} + (C_{\bar{n}}^* - C_{\bar{o}}^*)^{III} + (C_{\Pi}^* - C_{Q}^*)^{III} + C_{op}^{III} + C_p^* + C_{фк}^{III} - C_D^{III} = \Sigma \Delta C_1^j, \quad (3.35)$$

где $C_{фк}$ — приток солей фильтрационными водами оросительной сети, C_D — отток солей дренажным стоком.

Значения элементов солевых балансов при орошении по отдельным массивам определены на основании элементов водного баланса.

Оценим изменения составляющих солевых балансов равнинной части после орошения земель. Вычитая из уравнений (3.33) и (3.34) соответственно

уравнения (3.27), (3.28) и принимая во внимание, что $C_{\bar{q}}^* > C_{\bar{q}}$, $C_{\bar{q}}^* < C_{\bar{q}}$, $C_{\bar{q}}^* > C_{\bar{q}}$, получим:

$$\Delta C_{1,2} + \Delta (C_{\bar{p}} - C_{\bar{q}})^{\text{II}} + \Delta C_{\bar{q}} = C_{\text{Op}}, \quad (3.36)$$

$$\Delta C_3 + \Delta C_{\text{Гр}} + C_{\text{D}} = \Delta C_{\bar{q}} + C_{\text{Фк}}, \quad (3.37)$$

где

$$\Delta C_{1,2} = \Delta C_1^{\text{III}} + \Delta C_2^{\text{II}} - (\Delta C_1^{\text{II}} + \Delta C_2^{\text{II}}), \quad \Delta C_3 = \Delta C_3^{\text{III}} - \Delta C_3^{\text{II}}, \quad \Delta C_{\bar{q}} = C_{\bar{q}}^{\text{III}} - C_{\bar{q}}^{\text{II}}, \\ \Delta C_{\text{Гр}} = (C_{\bar{p}} - C_{\bar{q}})^{\text{III}} - (C_{\bar{p}}^* - C_{\bar{q}}^*)^{\text{III}} - C_{\text{P}}^* + C_{\text{P}} = \Delta (C_{\bar{p}} - C_{\bar{q}}) - \Delta C_{\text{P}}. \quad (3.38)$$

Из уравнения (3.36) следует, что дополнительное поступление солей с оросительной водой расходуется на увеличение их запасов в почвах и грунтах зоны аэрации, а также увеличение солеобмена между почвенными и грунтовыми водами. Для предупреждения накопления солей и засоления орошаемых земель необходимо, чтобы $\Delta C_{1,2} \leq 0$ и $\Delta C_{\bar{q}} \geq C_{\text{Op}}$, то есть необходимо осуществить промывной режим. Уравнение (3.37) показывает, что при орошении всегда имеет место дополнительное поступление солей в грунтовые воды, равное $\Delta C_{\bar{q}} + C_{\text{Фк}}$. Запасы солей в грунтовых водах будут возрастать, если $\Delta C_{\bar{q}} + C_{\text{Фк}} > \Delta C_{\text{Гр}} + C_{\text{D}}$, или уменьшаться, если $\Delta C_{\bar{q}} + C_{\text{Фк}} < \Delta C_{\text{Гр}} + C_{\text{D}}$.

По нашим расчетам в обоих орошаемых массивах соблюдается условие $\Delta C_{\bar{q}} + C_{\text{Фк}} > \Delta C_{\text{Гр}} + C_{\text{D}}$, то есть и в среднегорной, и в равнинной частях после осуществления орошения, запасы солей в грунтовых водах будут возрастать.

Детальное рассмотрение динамики элементов составляющих водного баланса рассматриваемых массивов показывает, что до и после орошения в естественных условиях от высокогорья к равнинной части, водообмен между грунтовыми и почвенными водами увеличивается. В результате этих процессов в высокогорных и среднегорных частях идет интенсивное расслоение почвогрунтов и грунтов зоны аэрации, а в равнинной части наблюдается интенсивное питание грунтовых вод напорными и происходит засоление грунтов зоны аэрации и грунтовых вод.

В условиях орошения и дренирования в среднегорных и равнинных частях водообмен и солеобмен между грунтовыми и почвенными водами увеличиваются, напорными и грунтовыми - уменьшаются. Дополнительное поступление солей с оросительной водой расходуется на увеличение их запасов в почвах и грунтах зоны аэрации.

Во втором параграфе дается оценка водно-солевого режима Араратского гидрогеологического бассейна. Для Араратской равнины, сложных в мелиоративном отношении условиях, развитие мелиорации должно опираться на изучении водно-солевого режима всего гидрогеологического бассейна котловины. С целью выявления степени антропогенного воздействия на темпы засоления или расслоения и эколого-мелиоративную обстановку, необходимо исследовать водно-солевой режим всего гидрогеологического бассейна. Зная направленность этих процессов можно переходить на такие режимы орошения и дренирования, которые позволяют на протяжении всего вегетационного периода создавать необходимый водно-солевой, питательный и аэрационный режимы в почве для оптимального развития сельскохозяйственных культур.

Конечной результативной целью изучения водно-солевого режима является выявление и прогноз мелиоративной обстановки (динамики поверхностных, грунтовых и подземных вод, солей и т.д.) бассейна и влияния мелиорации на окружающую среду. Поэтому водно-солевые балансы рассмотрены до периода интенсивного развития мелиорации, т.е. для 1950г. и после широкого развития ирригации (1990г.), а также на перспективу до 2010г.

Для оценки водного режима Араратского гидрогеологического бассейна необходимо на основании выявленных естественных водных ресурсов составить балансы поверхностных, грунтовых, напорных вод, а также общие водные балансы равнины и котловины. Водные балансы поверхностных, грунтовых и напорных водоносных горизонтов равнины можно представить следующими уравнениями:

$$\Delta W_{пв} = \bar{\Pi}_p + \underline{\Pi}_в + O_c + \underline{\Pi}_o - I_{в} - I_{ф} - \bar{O}_A - \bar{O}_K, \quad (3.39)$$

$$\Delta W_{гв} = I_{ф} + \underline{\Pi}_A + \underline{\Pi}_Г + \underline{\Pi}_{пр} + \underline{\Pi}_{слг} - I - Q_{кд}, \quad (3.40)$$

$$\Delta W_{слн} = \underline{\Pi}_A^I + \underline{\Pi}_п + \underline{\Pi}_{слг} + \underline{\Pi}_{па} - Q_{нф} - Q_{слг}, \quad (3.41)$$

$$\Delta W_{сн} = \underline{\Pi}_A^{II} + \underline{\Pi}_п^I + \underline{\Pi}_{па}^I - Q_{слг} - Q_{ф}, \quad (3.42)$$

где $\Delta W_{пв}$ – изменение запасов поверхностных вод, $\bar{\Pi}_p$ – приток по рекам, $\underline{\Pi}_в$ – родниковый сток, O_c – атмосферные осадки, $\underline{\Pi}_o$ – приход скважинами вертикального дренажа, $I_{в}$ – испарение с поверхности водотоков и части осадков, $I_{ф}$ – инфильтрация, \bar{O}_A, \bar{O}_K – отток поверхностных вод соответственно по реке Аракс и Ерасхаванскому каналу, $\Delta W_{гв}$ – изменение запасов грунтовых вод, $\underline{\Pi}_A$ – приток грунтовых вод с Арагацского массива, $\underline{\Pi}_Г$ – приток грунтовых вод с Гегамского массива, $\underline{\Pi}_{пр}$ – приток с правобережья р.Раздан, $\underline{\Pi}_{слг}$ – приток из слабонапорного водоносного горизонта перетеканием, I – испарение и транспирация с поверхности грунтовых вод, $Q_{кд}$ – отток грунтовых вод по дренам и коллекторам в р.Аракс, $\Delta W_{слн}$ – изменение запасов подземных вод слабонапорного горизонта, $\underline{\Pi}_A^I$ – приток грунтовых вод с Арагацского массива, $\underline{\Pi}_п$ – приток по Палеоохуряну, $\underline{\Pi}_{слг}$ – приток с сильнонапорного водоносного горизонта, $\underline{\Pi}_{па}$ – подземный сток с правобережья р.Аракс, $Q_{нф}$ – расход из слабонапорного горизонта нефонтанирующими скважинами, $Q_{слг}$ – перетекание из слабонапорного горизонта в грунтовый, $\Delta W_{сн}$ – изменение запасов подземных вод сильнонапорного водоносного горизонта, $\underline{\Pi}_A^{II}$ – приток подземных вод с Арагацского массива, $\underline{\Pi}_п^I$ – приток по Палеоохуряну, $\underline{\Pi}_{па}^I$ – приток подземных вод с правобережья р.Аракс, $Q_{слг}$ – отток воды в слабонапорный горизонт перетеканием, $Q_{ф}$ – расход из сильнонапорного горизонта фонтанирующими скважинами.

После детального рассмотрения водных балансов поверхностных, грунтовых вод, слабонапорных и сильнонапорных водоносных горизонтов составлены водные балансы равнины и котловины.

Уравнение общего водного баланса Араратской равнины имеет вид:

$$\Delta W_o^p = \Delta W_{пв} + \Delta W_{гв} + \Delta W_{слн} + \Delta W_{сн}, \quad (3.43)$$

где ΔW_o^p – изменение общих запасов вод равнины.

Для региональной оценки использования водных ресурсов составлен также общий водный баланс Араратской котловины

$$\Delta W_0^K = O_c + \bar{P}_A + \bar{P}_П - И - \bar{O}_A. \quad (3.44)$$

По уравнениям (3.39)...(3.44) выполнены водно-балансовые расчеты, результаты приводятся на рис. 3.2.

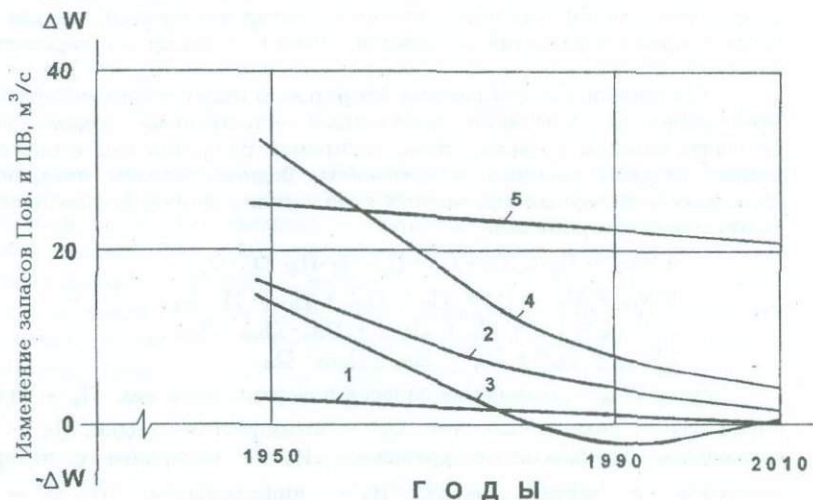


Рис. 3.2. Динамика запасов вод. 1-грунтовых, 2-слабонапорного и 3-сильнонапорного горизонтов, 4-общий водный баланс равнины, 5-котловины

Анализ водных балансов равнины и котловины (рис.3.2) показывает, что

- 1) в естественных условиях происходит накопление подземных вод, из-за затрудненного их оттока;
- 2) в условиях мелиорации наблюдается интенсивное использование водных ресурсов, что подтверждается снижением темпов роста запасов вод равнины и котловины;
- 3) происходит активное участие грунтовых вод в формировании статей балансов *поверхностных и подземных вод*;

Для более детального рассмотрения использования водных ресурсов равнины и котловины необходимо выявить также их солевые режимы и определить степень влияния мелиорации на рассоление почв.

Солевой баланс равнины подсчитан на основе водного баланса, который включает в себя солевые балансы поверхностных, грунтовых и подземных вод. Солевые балансы поверхностных, грунтовых и напорных водоносных горизонтов равнины имеют вид:

$$\Delta C_{ПВ} = \bar{C}_P + \bar{C}_В + C_{OC} + \bar{C}_Q - \bar{C}_{ИФ} - \bar{C}_A - \bar{C}_K, \quad (3.45)$$

$$\Delta C_{ГВ} = \bar{C}_{ИФ} + \bar{C}_A + \bar{C}_Г + \bar{C}_{ПР} + \bar{C}_{СЛГ} - \bar{C}_{КД}, \quad (3.46)$$

$$\Delta C_{СЛН} = \bar{C}_A^I + \bar{C}_П^I + \bar{C}_{СНГ} + \bar{C}_{ПА} - \bar{C}_{НФ} - \bar{C}_{СЛГ}, \quad (3.47)$$

$$\Delta C_{СН} = \bar{C}_A^{II} + \bar{C}_П^I + \bar{C}_{ПА}^I - \bar{C}_Ф - \bar{C}_{СНГ}, \quad (3.48)$$

где $\Delta C_{\text{ПВ}}$ — изменение запасов солей в поверхностных водах, \bar{C}_P — приток солей реками, \underline{C}_B — приток солей родниковым стоком, $C_{\text{ОС}}$ — атмосферными осадками, \underline{C}_Q — подземными водами, \bar{C}_A — отток солей поверхностными водами р.Аракс, $\underline{C}_{\text{ИФ}}$ — отток солей в грунтовые воды инфильтрационными водами, \bar{C}_K — отток солей по Ерасхаванскому каналу, $\Delta C_{\text{ГВ}}$ — изменение запасов солей грунтовых вод, $\underline{C}_{\text{ИФ}}$ — приток солей инфильтрационными водами, \underline{C}_A — приток солей грунтовыми водами с Арагацского массива, $\underline{C}_Г$ — приток солей с Гегамского массива, $\underline{C}_{\text{ПР}}$ — грунтовыми водами с правобережья р.Раздан, $\underline{C}_{\text{СЛГ}}$ — отток солей из слабонапорного горизонта перетеканием, $\underline{C}_{\text{КА}}$ — по дренам и коллекторам, $\Delta C_{\text{СЛН}}$ — изменение запасов солей в слабонапорном горизонте, \underline{C}_A^1 — приток солей подземными водами с Арагацского массива, $\underline{C}_П$ — по Палеоахуряну, $\underline{C}_{\text{СНГ}}$ — с сильнонапорного горизонта, $\underline{C}_{\text{ПА}}$ — подземный приток солей с правобережья р.Аракс, $\underline{C}_{\text{ИФ}}$ — вынос солей откачкой скважинами вертикального дренажа, $\underline{C}_{\text{СЛГ}}$ — вынос солей из слабонапорного горизонта в грунтовый — перетеканием, $\Delta C_{\text{СН}}$ — изменение запасов солей в сильнонапорном горизонте, $\underline{C}_A^{\text{II}}$ — приток солей подземными водами с Арагацского массива, $\underline{C}_П^1$ — по Палеоахуряну, $\underline{C}_{\text{ПА}}^1$ — с правобережья р.Аракс, $\underline{C}_Ф$ — вынос солей через фонтанирующие скважины, $\underline{C}_{\text{СНГ}}$ — вынос солей в слабонапорный горизонт перетеканием.

Уравнение общего солевого баланса Араратской равнины имеет вид:

$$\Delta C_{\text{О}}^{\text{P}} = \Delta C_{\text{ПВ}} + \Delta C_{\text{ГВ}} + \Delta C_{\text{СЛН}} + \Delta C_{\text{СН}}. \quad (3.49)$$

Для выявления солевых процессов, происходящих в Араратской котловине, составлен общий солевой баланс

$$\Delta C_{\text{О}}^{\text{K}} = \bar{C}_{\text{ПА}} + C_{\text{ОС}} + \underline{C}_П - \bar{C}_{\text{ОА}}, \quad (3.50)$$

где $\bar{C}_{\text{ПА}}$ — приток солей по р.Аракс на входе в котловину (с.Каракала), $C_{\text{ОС}}$ — соли, поступающие атмосферными осадками; $\underline{C}_П$ — приток солей с подземными водами по Палеоахуряну; $\bar{C}_{\text{ОА}}$ — отток солей по Араксу на выходе из котловины (Волчьих ворота).

Для выявления общей картины направленности гидрогеолого-мелиоративных условий региона по результатам расчетов построены графики солевых балансов вод (рис. 3.3).

Анализ результатов расчетов позволяют выявить:

1. В естественных условиях в водоносных горизонтах наблюдается процесс засоления;
2. В условиях мелиорации на равнине и в котловине наблюдается процесс снижения темпов засоления, что связано в основном со значительным выносом солей коллекторно-дренажной системой;
3. Мелиорация вызвала снижение темпов засоления грунтовых вод и частично рассоляет подземные воды;
4. Мелиоративное освоение территории равнины и котловины вызывает процесс растворения и вымывания многовековых запасов солей.

Антропогенное влияние (орошение и освоение земель) приводит к существенному изменению мелиоративной обстановки. Изменение баланса

солей связано в основном со строительством и эксплуатацией дренажа, увеличением дренажного стока и выносом солей.

В третьем параграфе рассматривается влияние подземных вод на мелиоративное состояние земель Араратской равнины и выбор мелиоративного режима орошаемых массивов.

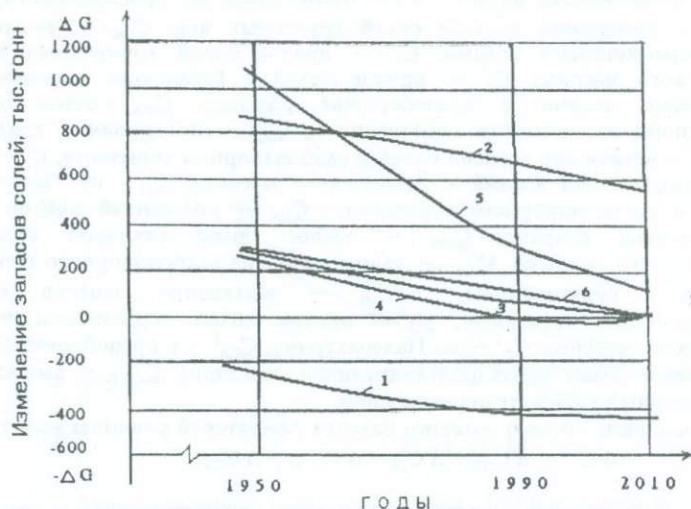


Рис. 3.3. Динамика запасов солей. 1-поверхностных и 2-грунтовых вод, 3-слабонапорного и 4-сильнонапорного горизонтов, 5- общий баланс равнины, 6-общий баланс котловины

В четвертой главе сформулированы основные задачи, которые необходимо решать на математической модели гидрогеологического бассейна Араратской равнины. Дается схематизация, инженерная и математическая формулировка прогноза гидродинамического режима подземных вод.

В первом параграфе приводится состояние вопроса и общая постановка задачи моделирования фильтрационных процессов. Проблема использования подземных вод для орошения и водоснабжения включает в себя ряд научных и инженерных задач, которые в значительной степени связаны с прогнозом режима подземных вод (в условиях действия многочисленных скважин вертикального дренажа) и определением эксплуатационных запасов.

Исследования нами проводились в сочетании двух направлений прогноза режима подземных вод, применительно к гидрогеологическим условиям Араратской равнины, с целью их рационального использования и улучшения мелиоративного состояния земель.

Во втором параграфе приводятся проблемы, решаемые математическим моделированием гидрогеологического бассейна равнины. Методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных

вод, производительности водозаборов и водопонижения разрабатывались на основе общей теории фильтрации, получившей отражение в фундаментальных трудах Н.Е. Жуковского, Л.Б. Лейбензона, Н.Н. Павловского, П.Я. Полубариновой-Кочиной, Н.Н. Веригина, С.Ф. Аверьянов, С.Н. Нумерова и др.

Математические методы прогноза движения воды и растворимых веществ в почвогрунтах, основанные на схематизации реальных природных условий с использованием закономерностей подземной гидродинамики, получили большое развитие в работах Н.Н. Веригина, С.Ф. Аверьянова, С.В. Шерлина, В.М. Шестакова, В.А. Барона, Ф.М. Бочевера, А.К. Ананяна, И.К. Гавича, А.И. Голованова, И.П. Айдарова, М.Г. Хубларяна, В.С. Саркисяна, С.М. Казаряна, Н.П. Куранова, Б.С. Шержукова, Р.М. Барсебяна, Д.Ф. Шульгина, С.М. Мкртчяна, С.В. Саакяна, С.Ш. Нуриджаняна, Н.Л. Меликяна, Р.Н. Вегржановича, Г.М. Мхитаряна, Ж.А. Ачояна, С.А. Ананяна, Г.Т. Хачатуряна, Г.С. Габаяна и других ученых.

В третьем параграфе приводится инженерная формулировка проведения гидродинамического прогноза, а в четвертом, гидрогеологическая схематизация равнины и выбор расчетной схемы. Для применения математических методов прогноза необходимо в первую очередь проводить районирование территории Араратской равнины по строению водовмещающей толщи в разрезе (рис. 4.1) и в плане, что позволяет создать математический модель всего гидрогеологического бассейна.

В основу модели положены природные, геолого-гидрогеологические, почвенно-мелиоративные условия территории.

С инженерной точки зрения задачу исследования можно сформулировать следующим образом: требуется определить закономерность изменения во времени и в пространстве уровни грунтовых и напоров вод в водоносных горизонтах при заданной схеме расположения скважин, режиме работы насосных установок и параметрах водозаборных сооружений (глубина и диаметр скважин, расстояние между ними, дебит и др.).

По мелиоративным условиям (создание полуавтоморфного режима) требуется, чтобы уровни грунтовых вод в течение года при помощи дренажных систем поддерживались на определенной глубине, которая обеспечит оптимальный мелиоративный режим для сельскохозяйственных культур. Исходя из этих соображений определяется размещение скважин вертикального дренажа и режим их эксплуатации (график откачки), при котором в период пика орошения, откачки из скважин были бы максимальными. Практически это означает, что в период максимальной откачки воды уровень грунтовых вод необходимо снизить на такую величину, чтобы он восстановился до принятой глубины в течение оставшегося времени года после прекращения откачек. При этом не должен нарушаться естественный режим существующих водоисточников, а также родников. Количество добытой воды в этом режиме и составляют эксплуатационные запасы подземных вод.

Под эксплуатационными запасами подземных вод в нашей постановке задачи следует понимать расход подземных вод (m^3/c), который может быть получен из двух основных водоносных горизонтов равнины рационально-расположенными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями без заметного изменения в многолетнем периоде времени

производительности водозаборов и принятых напоров (уровни) подземных вод. При этом, качество воды должно удовлетворять требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления. Из сказанного следует, что эксплуатационные запасы подземных вод определяются расходом воды, которая после частичного или полного прекращения эксплуатации скважин поступает из области формирования в область разгрузки в течение времени, необходимого для подъема уровня грунтовых вод до заданной глубины осушения.

В пятом параграфе дается математическая формулировка гидродинамической задачи. Поставленная инженерная задача сводится к решению нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка для планового потока, которые в случае жесткого режима фильтрации в слабопроницаемых слоях можно представить в следующем виде (рис.4.1):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k(h-T_3) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k(h-T_3) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{K_{OZ}}{T_5 - T_4} (H_1 - h) + W = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_1 \frac{\partial H_1}{\partial y} \right] - \frac{K_{OZ}}{T_5 - T_4} (H_1 - h) + \frac{k_r}{m_r} (H_2 - H_1) - q_1 = \mu_1 \frac{\partial H_1}{\partial t}, \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(km)_2 \frac{\partial H_2}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(km)_2 \frac{\partial H_2}{\partial y} \right] - \frac{k_r}{m_r} (H_2 - H_1) - q_2 = \mu_2 \frac{\partial H_2}{\partial t}, \quad (4.3)$$

где $h(x,y,t)$, $H_1(x,y,t)$ и $H_2(x,y,t)$ — соответственно отметки уровня грунтовых вод в покровном слое и напоры в слабонапорном и сильнонапорном горизонтах, в момент времени t (в точке x,y), отсчитываемые от некоторой плоскости отсчета; k — коэффициент фильтрации верхней проницаемой части покровного слоя; k_0, m_0 — коэффициент фильтрации и мощность слабопроницаемой части покровного слоя; μ_0, μ_1, μ_2 — коэффициенты гравитационной и упругой водоотдачи, соответственно покровного, слабонапорного и сильнонапорного слоев; $(km)_1, (km)_2$ — водопроницаемости, соответственно слабонапорного и сильнонапорного горизонтов; k_r, m_r — коэффициент фильтрации и мощность малопроницаемых озерных глин; q_1, q_2 — удельные дебиты скважин, действующих соответственно в слабонапорном и сильнонапорном горизонтах; W — суммарная величина интенсивности питания грунтовых вод инфильтрационными водами, равная разности между водой, поступающей сверху на единицу площади свободной поверхности, и водой, затраченной на испарение — транспирацию с зеркала грунтовых вод и возможный отток некоторого количества ее в дренажную сеть в единицу времени. Интенсивность испарения принималась зависимой от уровня грунтовых вод и аппроксимировалась зависимостью Г.Г.Пахчаяна:

$$E = (E_0 - A) \exp[-\alpha(m_s - h)], \quad (4.4)$$

где E_0 — максимальная интенсивность испарения с поверхности почвы, A — атмосферные осадки, α — коэффициент определяется по данным

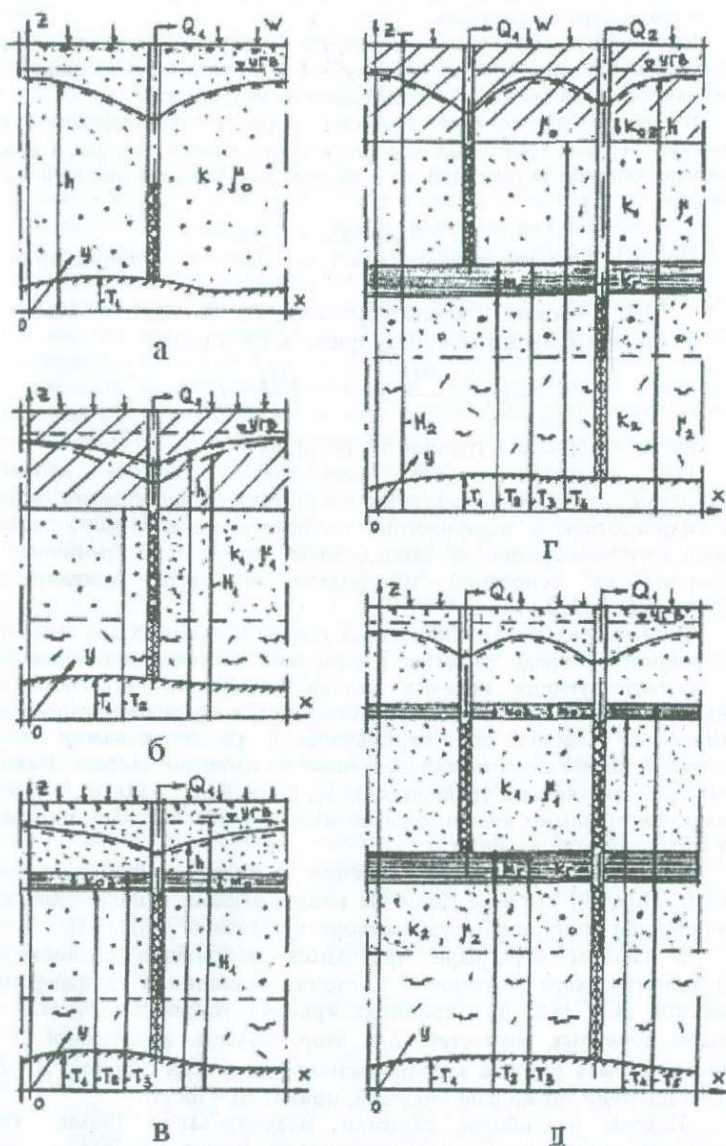


Рис. 4.1. Схематизация гидрогеологических условий Араратской равнины; а-однослойная среда, б-двухслойная среда, в-трехслойная среда, г-четырёхслойная среда, д-пятислойная среда

режимных наблюдений за уровнем грунтовых вод, m_s — вертикальная координата поверхности земли.

Уравнения (4.1)...(4.3) выражают условия водного баланса в соответствующих водоносных горизонтах, однозначность решения которых определяется граничными (ГУ) и начальными условиями.

В начальный момент времени (при $t=0$) известны начальные положения зеркала грунтовых вод покровного слоя и напоры в водоносных горизонтах области D (рис. 4.2), т. е. заданы для бытовых условий на массиве функции:

$$h = h_e(0, x, y); H_1 = H_{1e}(0, x, y); H_2 = H_{2e}(0, x, y), \quad (4.5)$$

При $t > 0$ на границе массива Γ где известны напоры приняты ГУ I рода

$$h = \text{const}; H_1 = \text{const}; H_2 = \text{const}, \quad (4.6)$$

в остальных местах границы, приняты ГУ II рода

$$\frac{\partial h}{\partial n} = 0, \quad \frac{\partial H_1}{\partial n} = 0, \quad \frac{\partial H_2}{\partial n} = 0, \quad (4.7)$$

где n — нормаль к границе территории.

При решении задачи начальное положение депрессионной поверхности грунтовых и напорных вод в области фильтрации было взято с карт гидроизогипс и пьезоизогипс на январь месяц 1980г., составленных Гидрогеолого-мелиоративной экспедицией республики. Граничные условия составлены на основании материалов института Армгипроводхоз и Геологического управления.

Таким образом, задача прогноза уровня подземных вод в многослойной фильтрационной среде сводится к решению системы уравнений (4.1)...(4.3) при соответствующих краевых условиях (4.5)...(4.7). То есть требуется определить изменение уровня грунтовых вод в покровном слое и напоры в каптируемых пластах при периодической работе скважин и кусочно-постоянной интенсивности инфильтрации по площади массива. Некоторые из параметров, входящих в уравнения [k , k_0 , $(km)_1$, $(km)_2$, μ_0 , μ_1 , μ_2 , W], могут быть кусочно-постоянными величинами по площади массива. Они определяются с карт изолиний этих величин.

С математической точки зрения требуется найти функции $h(x, y, t)$, $H_1(x, y, t)$, $H_2(x, y, t)$, которые были бы непрерывными в некоторой области D , ограниченной контуром Γ и удовлетворяли условиям (4.5)...(4.7).

В шестом параграфе приводится построение разностной схемы гидродинамического прогноза. Система нелинейных дифференциальных уравнений (4.1)...(4.3) при принятых краевых условиях (4.5)...(4.7) решалась методом конечных разностей. Для этого область фильтрации D вместе с границей Γ была разбита кусочно-разностной сеткой с шагом $\Delta x = \Delta y = 4000\text{м}$. Шаг по времени также равномерный, принят $\Delta t = 10\text{сут}$.

Исходя из общей площади моделирования (более 3000км^2) и требований осуществления долгосрочных прогнозов, наиболее рациональным шагом является $\Delta x = \Delta y = 4000\text{--}5000\text{м}$. Выбор такого шага объясняется также отсутствием более подробных гидрогеологических исследований. Мелкий шаг необходим в дальнейшем при детальном рассмотрении отдельных районов равнины, для осуществления краткосрочных прогнозов. Решение разностных

нелинейных алгебраических уравнений проведено методом итерации Зейделя по программе на языке C++.

В седьмом параграфе приводится решение прогнозной задачи. Гидродинамический прогноз подземных вод равнины выполнен в вариантной постановке: прогнозирование режима подземных вод при отборе воды, равном существующему водоотбору и прогноз при рациональном режиме водоотбора.

Основными задачами решения прогнозных вариантов являются выявление закономерностей формирования и определение эксплуатационных ресурсов подземных вод равнины, прогнозирование понижений уровней и напоров в водоносных горизонтах, позволяющих составление рекомендаций по дальнейшей эксплуатации подземных вод.

В результате решения задачи получены понижения уровней и напоров подземных вод во всех водоносных горизонтах во времени. Полученная картина распределения напоров дает возможность представить распределение величин сброски уровней подземных вод того или иного водоносного горизонта и сделать определенные выводы относительно тенденции снижения их уровня, и тем самым оценить мелиоративное состояние земель равнины.

Анализ гидродинамического режима подземных вод при существующем водоотборе выявил нерациональное использование подземных вод из рассматриваемых водоносных горизонтов. Постоянный водоотбор с расходом $18,7 \text{ м}^3/\text{с}$ из сильнонапорного горизонта осуществляется круглый год, используется только в вегетационный период, в остальное время сбрасывается в коллекторную сеть. Такой режим водоотбора может привести в ближайшее время к сброске избыточного напора подземных вод, истощению естественных источников (родников), повышению минерализации пресных вод сильнонапорного горизонта.

Водоотбор из слабонапорного водоносного горизонта осуществляется бессистемно как в плане, так и в количественном отношении, что создает неравномерное расположение уровня грунтовых вод. В местах неглубокого расположения уровня грунтовых вод от поверхности земли наблюдаются процессы вторичного засоления земель.

При рациональном режиме водоотбора стояли следующие задачи.

1. При помощи дренажных систем создать полуавтоморфный режим почвообразования на территории равнины с целью улучшения мелиоративного состояния земель;

2. Способствовать восполнению естественных ресурсов подземных вод в водоносных горизонтах;

3. Определить величины среднесуточных эксплуатационных запасов подземных вод.

Рациональный режим водоотбора скважинами вертикального дренажа построен таким образом, чтобы в вегетационный период с их помощью получить максимальные расходы для покрытия дефицита воды в орошении и промывке засоленных земель. Предусмотрены также водозабор в вегетационный период для нужд водоснабжения сельскохозяйственных населенных пунктов. Для осуществления такого режима, на модели технически неисправные самоизливающиеся скважины в количестве 150 шт. ликвидированы, а остальные — переведены в крановый режим работы. В таком же количестве скважины запроектированы в Масисском и Араратском

районах. Существующий неравномерный по территории забор воды из сильнопорного горизонта трансформирован и равномерно распределен во всех узловых точках модели.

В результате решения задачи получены значения глубин залегания уровня грунтовых вод и пьезоизогипсы напорных вод ежемесячно во внутригодовом разрезе времени.

На рис. 4.2 приводится карта прогноза подземных вод во всех водоносных горизонтах в конце периода интенсивных откачек, равного 150 сут. Как видно из рис. 4.2, на большей части моделируемой территории уровни грунтовых вод, после 5 месяцев откачки, достигали 3.5...3.8 м понижения от поверхности земли. Анализ последующих расчетов показывает, что после прекращения откачек, в течение оставшихся времен года (7 месяцев), уровни грунтовых вод поднимаются приблизительно к трехметровой глубине. Уменьшения напоров в водоносных горизонтах небольшие – 6...8 м, более равномерные, чем при существующем водоотборе. После прекращения откачек напоры восстанавливаются. Это свидетельствует о том, что принятый режим откачек соответствует потенциальным возможностям водоносных горизонтов и гидродинамическим условиям территории.

В работе приводятся графики гидродинамического режима подземных вод в процессе понижения и восстановления в течение года, соответственно на блоках 12х7, 12х8. Из графиков видно, что при 5-ти месячной интенсивной откачке идет процесс понижения, а после прекращения откачек - процесс восстановления уровня грунтовых вод и напоров. Это показывает, что принятый режим откачек соответствует гидрогеологическим условиям территории и обеспечивает полуавтоморфный режим. Представлены также интегральные графики рационального водоотбора из водоносных горизонтов скважинами вертикального дренажа, которые и составляют искомые эксплуатационные запасы подземных вод. Как видно из графиков, эксплуатационные запасы слабонапорного горизонта составляют 427,4 млн.м³/год, т.е. в среднем 13,6 м³/с, а сильнопорного горизонта – 502,5 млн.м³/год, или 15,9 м³/с. Общие эксплуатационные запасы гидрогеологического бассейна Араратской равнины составляют 930 млн.м³/год, или 29,5 м³/с, которые можно использовать в многолетний период времени.

Прогноз гидродинамического режима подземных вод на базе рационального водоотбора выявил следующие тенденции:

- равномерного понижения и стабилизации уровня грунтовых вод в среднем 3 м от поверхности земли, создания полуавтоморфного режима почвообразования на территории равнины;
- восполнения естественных ресурсов подземных вод слабо и сильнопорных водоносных горизонтов;
- снижение непроизводительных потерь водных ресурсов на испарение, что приводит к экономии более 2 м³/с подземных вод.

В пятой главе дается постановка и решение проблемы регулирования уровня грунтовых вод в межгорных впадинах (на примере Араратской

равнины) путем перехвата подземных вод, поступающих с обрамляющих горных массивов (с области формирования).

В первом параграфе приводятся некоторые общие теоретические предпосылки фильтрации подземных вод в многослойной среде. Известно, что в межгорных впадинах область формирования подземных вод расположена на высоких отметках. На равнинных участках, куда стекают фильтрационные воды (гидравлически связанная многослойная фильтрационная среда), наблюдается напорное питание грунтовых вод.

В этих участках, под влиянием восходящего тока, минерализованные грунтовые воды в процессе интенсивного испарения создают условия для накопления солей в покровном слое. Для ликвидации или уменьшения восходящего потока и снижения уровня грунтовых вод в покровном слое необходимо в первую очередь снизить напоры нижележащих водоносных горизонтов. Для регулирования уровня грунтовых вод и улучшения мелиоративного состояния земель равнины необходимо выявление общих закономерностей формирования подземного притока, изменения напоров и напорного питания грунтовых вод по площади равнины.

Во втором параграфе дается вывод основных уравнений фильтрации подземных вод межгорных впадин. Пространственную взаимосвязь потоков грунтовых вод предгорной части и подземных вод равнины можно выявить с помощью следующей системой уравнений (рис. 5.1, без учета действия водозабора):

$$E_1 + \lambda_1 \frac{d^2 h}{dx^2} + \lambda_2 (H_1 - h) = 0, \quad (5.1)$$

$$M_1 \frac{d^2 H_1}{dx^2} - \lambda_2 (H_1 - h) + \lambda_3 (H_2 - H_1) = 0, \quad (5.2)$$

$$M_2 \frac{d^2 H_2}{dx^2} - \lambda_3 (H_2 - H_1) = 0, \quad (5.3)$$

$$E_2 + M_3 \frac{d^2 H_3}{dx^2} = 0, \quad (5.4)$$

где h, H_1, H_2, H_3 - соответственно уровень грунтовых вод в покровном слое равнины и предгорной части, напоры в слабо и сильнонапорных горизонтах; k - коэффициент фильтрации верхней толщи покровного слоя; λ_1, M_1, M_2, M_3 - водопродимости соответствующих водоносных горизонтов; $\lambda_1 = k(h - m_{п})/c$, $M_1 = (km)_1$, $M_2 = (km)_2$, $M_3 = k_3(H_3 - m_p)_{ср}$; λ_2, λ_3 - удельные проницаемости отдельных слоев $\lambda_2 = k_0/m_0$, $\lambda_3 = k_r/m_r$.

Систему уравнений (5.1)...(5.4) решены при следующих граничных условиях:

$$x = -\xi_3, \quad H_3 = H_{3л} = \text{const}, \quad (5.5)$$

$$x = -\xi_2, \quad h = H_1 = H_2 = H_3, \quad (5.6)$$

$$\lambda_1 \frac{dh}{dx} + M_1 \frac{dH_1}{dx} + M_2 \frac{dH_2}{dx} = M_3 \frac{dH_3}{dx}, \quad (5.7)$$

$$x = \xi_1, \quad h = h_{\Pi} = \text{const}, \quad H_1 = H_{I\Pi} = \text{const}, \quad H_2 = H_{2\Pi} = \text{const}. \quad (5.8)$$

Общее решение уравнений (5.1)...(5.4) при граничных условиях (5.5)...(5.8) приводится в диссертации.

В третьем параграфе приводится решение задачи регулирования подземных вод путем перехвата последних на высоких гипсометрических отметках равнины. Предлагается методика регулирования уровня грунтовых вод и напоров подземных вод равнины, путем перехвата излишков воды, поступающей из горных массивов линейно-расположенными вертикальными скважинами, действующими на высоких гипсометрических отметках равнины (рис. 5.1).

Практическое преимущество этого варианта регулирования заключается в следующем:

- отбор воды производится на высоких гипсометрических отметках, что значительно облегчает орошение предгорных участков равнины,
- решается проблема водообеспечения высококачественной питьевой водой городов и селений
- уменьшаются напоры подземных вод и тем самым облегчается регулирование уровня грунтовых вод равнинной части;
- сократится площадь переувлажненных, засоленных земель и болот, уменьшатся объемы дренажных работ и мелиоративных мероприятий.

Рассматриваются стационарные и нестационарные задачи о притоке подземных вод к прямолинейному ряду скважин, работающих в многослойной водоносной среде (рис. 5.1). Задача решается методом фрагментов. Уравнения (5.1)...(5.4) в этом случае представляются в следующем виде:

$$E_1 + \lambda_1 \frac{d^2 h^I}{dx^2} + \lambda_2 (H_1^I - h^I) = 0, \quad (5.9)$$

$$E_1 + \lambda_1 \frac{d^2 h^{II}}{dx^2} + \lambda_2 (H_1^{II} - h^{II}) = 0, \quad (5.10)$$

$$M_1 \frac{d^2 H_1^I}{dx^2} - \lambda_2 (H_1^I - h^I) + \lambda_3 (H_2^I - H_1^I) = 0, \quad (5.11)$$

$$M_1 \frac{d^2 H_1^{II}}{dx^2} - \lambda_2 (H_1^{II} - h^{II}) + \lambda_3 (H_2^{II} - H_1^{II}) = 0, \quad (5.12)$$

$$M_2 \frac{d^2 H_2^I}{dx^2} - \lambda_3 (H_2^I - H_1^I) = 0, \quad (5.13)$$

$$M_2 \frac{d^2 H_2^{II}}{dx^2} - \lambda_3 (H_2^{II} - H_1^{II}) = 0, \quad (5.14)$$

$$E_2 + M_3 \frac{d^2 H_3}{dx^2} = 0, \quad (5.15)$$

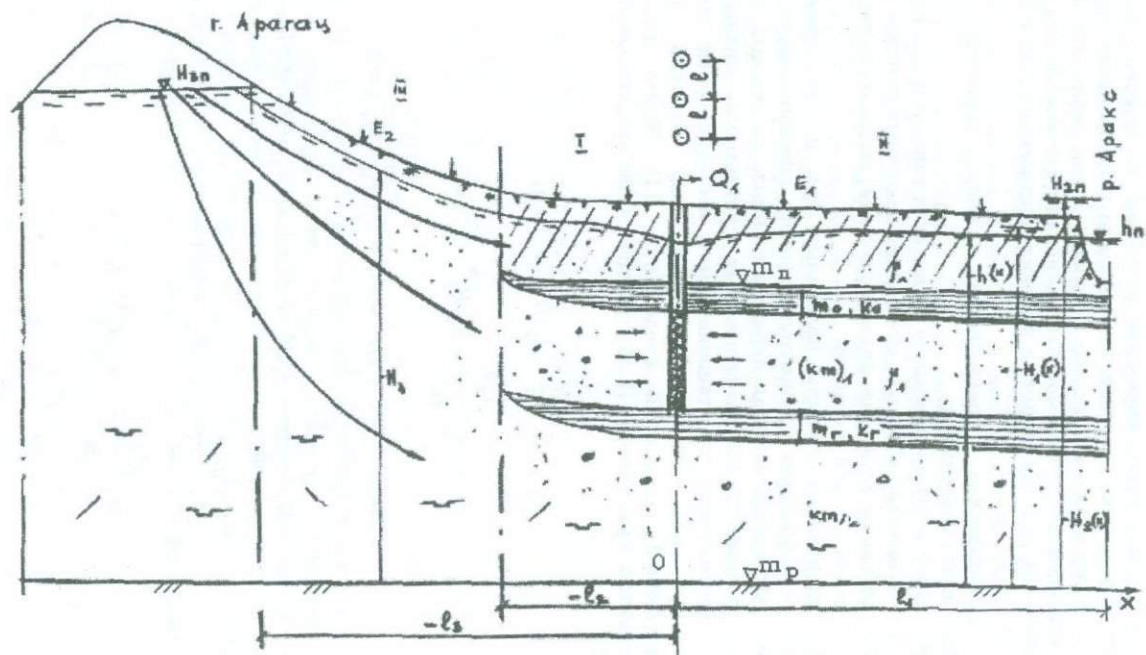


Рис. 5.1. Схема забора подземных вод из слабопористого водоносного горизонта

где h^I, H_1^I, H_2^I - соответственно уровень стояния грунтовых вод, напоры слабонапорного и сильнонапорного горизонтов в первом фрагменте; $h^{II}, H_1^{II}, H_2^{II}$ - то же во втором фрагменте; H_3 - уровень грунтовых вод в третьем фрагменте (рис. 5.1).

Рассматриваются решения следующих практических задач перехвата подземных вод.

Вариант 1. Перехват воды осуществляется только из слабонапорного водоносного горизонта. В этом случае граничные условия для уравнений (5.9)...(5.15) будут:

$$\begin{aligned}
 x = \xi_1, \quad h^{II} = h_{II} = \text{const}, \quad H_1^{II} = H_{1II} = \text{const}, \quad H_2^{II} = H_{2II} = \text{const}, \\
 x = 0, \quad h^I = h^{II}, \quad \frac{dh^I}{dx} = \frac{dh^{II}}{dx}, \quad H_1^I = H_1^{II}, \quad H_2^I = H_2^{II}, \\
 \frac{dH_2^I}{dx} = \frac{dH_2^{II}}{dx}, \quad \frac{dH_1^I}{dx} - \frac{dH_1^{II}}{dx} = -\frac{q_1}{M_1}, \quad (5.16) \\
 x = -\xi_2, \quad h^I = H_1^I = H_2^I = H_3, \quad \lambda_1 \frac{dh^I}{dx} + M_1 \frac{dH_1^I}{dx} + M_2 \frac{dH_2^I}{dx} = M_3 \frac{dH_3}{dx}, \\
 x = -\xi_3, \quad H_3 = H_{3II} = \text{const}.
 \end{aligned}$$

Вариант 2. Перехват подземных вод осуществляется только из сильнонапорного водоносного горизонта. В этом случае граничные условия для уравнений (5.9)...(5.15) принимают следующий вид:

$$\begin{aligned}
 x = \xi_1, \quad h^{II} = h_{II} = \text{const}, \quad H_1^{II} = H_{1II} = \text{const}, \quad H_2^{II} = H_{2II} = \text{const}, \\
 x = 0, \quad h^I = h^{II}, \quad \frac{dh^I}{dx} = \frac{dh^{II}}{dx}, \quad H_1^I = H_1^{II}, \quad H_2^I = H_2^{II}, \\
 \frac{dH_1^I}{dx} = \frac{dH_1^{II}}{dx}, \quad \frac{dH_2^I}{dx} - \frac{dH_2^{II}}{dx} = -\frac{q_2}{M_1}, \quad (5.17) \\
 x = -\xi_2, \quad h^I = H_1^I = H_2^I = H_3, \quad \lambda_1 \frac{dh^I}{dx} + M_1 \frac{dH_1^I}{dx} + M_2 \frac{dH_2^I}{dx} = M_3 \frac{dH_3}{dx}, \\
 x = -\xi_3, \quad H_3 = H_{3II} = \text{const}.
 \end{aligned}$$

Вариант 3. Перехват подземных вод осуществляется одновременно из двух основных водоносных горизонтов. Задача решается при граничных условиях (5.17) с измененным условием только на водозаборе ($x=0$):

$$x = 0, \quad M_1 \left[\frac{dH_1^I}{dx} - \frac{dH_1^{II}}{dx} \right] + M_2 \left[\frac{dH_2^I}{dx} - \frac{dH_2^{II}}{dx} \right] = -Q_3,$$

$$h^I = h^{II}, \quad \frac{dh^I}{dx} = \frac{dh^{II}}{dx}, \quad H_1^I = H_1^{II} = H_2^I = H_2^{II}, \quad (5.18)$$

где Q_i - дебит скважин на 1 п.м. по вариантам $Q_i = \frac{Q_i}{\ell}$ ($m^2/сут$), ($i=1, 2$,

3), ℓ - междуречное расстояние.

В диссертации приводятся аналитические решения уравнений при вышеприведенных граничных условиях.

Большой теоретический и практический интерес представляет решение вышеуказанных практических задач в нестационарной постановке. Уравнения, описывающие неустановившееся движение подземных вод в пятислойной фильтрационной среде при жестком режиме фильтрации в слабопроницаемых слоях имеют вид (рис. 5.1):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(h^I - m_n)k \frac{\partial h^I}{\partial x} \right] + \lambda_2(H_1^I - h^I) + E_1 = \mu_0 \frac{\partial h^I}{\partial t},$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[(h^{II} - m_n)k \frac{\partial h^{II}}{\partial x} \right] + \lambda_2(H_1^{II} - h^{II}) + E_1 = \mu_0 \frac{\partial h^{II}}{\partial t},$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(M_1 \frac{\partial H_1^I}{\partial x} \right) - \lambda_2(H_1^I - h^I) + \lambda_3(H_2^I - H_1^I) = \mu_1 \frac{\partial H_1^I}{\partial t}, \quad (5.19)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(M_1 \frac{\partial H_1^{II}}{\partial x} \right) - \lambda_2(H_1^{II} - h^{II}) + \lambda_3(H_2^{II} - H_1^{II}) = \mu_1 \frac{\partial H_1^{II}}{\partial t},$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(M_2 \frac{\partial H_2^I}{\partial x} \right) - \lambda_3(H_2^I - H_1^I) = \mu_2 \frac{\partial H_2^I}{\partial t},$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(M_2 \frac{\partial H_2^{II}}{\partial x} \right) - \lambda_3(H_2^{II} - H_1^{II}) = \mu_2 \frac{\partial H_2^{II}}{\partial t},$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k_3(H_3 - m_p) \frac{\partial H_3}{\partial x} \right] + E_2 = \mu_3 \frac{\partial H_3}{\partial t},$$

где μ_0 - коэффициент водоотдачи покровного слоя, μ_1, μ_2, μ_3 - коэффициенты упругой водоотдачи в соответствующих водоносных горизонтах; t - время.

Рассмотрим решение (5.19) по вышеуказанным вариантам перехвата подземных вод.

Вариант 1. Перехват воды осуществляется из верхнего слабо-напорного горизонта. Система уравнений (5.19) решается при следующих краевых условиях:

$$t=0, \quad h^I(x,0)=h^I(x), \quad h^{II}(x,0)=h^{II}(x), \quad H_1^I(x,0)=H_1^I(x), \quad H_1^{II}(x,0)=H_1^{II}(x), \\ H_2^I(x,0)=H_2^I(x), \quad H_2^{II}(x,0)=H_2^{II}(x), \quad H_3(x,0)=H_3(x), \quad (5.20)$$

$$t > 0, \quad x = \xi_1, \quad h^I(x,t) = \text{const}, \quad H_1^I(x,t) = \text{const}, \quad H_2^{II}(x,t) = \text{const}, \quad (5.21)$$

$$x=0, \quad \frac{\partial H_1^I}{\partial x} - \frac{\partial H_1^{II}}{\partial x} = -\frac{q_1}{M_1}, \quad h^I = h^{II}, \quad H_1^{II} = H_1^{II},$$

$$H_2^I = H_2^{II}, \quad \frac{\partial H_2^I}{\partial x} = \frac{\partial H_2^{II}}{\partial x}, \quad \frac{\partial h^I}{\partial x} = \frac{\partial h^{II}}{\partial x}, \quad (5.22)$$

$$x = -\xi_2, \quad h^I = H_1^I = H_2^I = H_3,$$

$$k(h^I - m_n) \frac{\partial h^I}{\partial x} + M_1 \frac{\partial H_1^I}{\partial x} + M_2 \frac{\partial H_2^I}{\partial x} = k_3(H_3 - m_p) \frac{\partial H_3}{\partial x}, \quad (5.23)$$

$$x = -\xi_3, \quad H_3 = H_{3\text{п}} = \text{const}. \quad (5.24)$$

Вариант 2. Перехват подземных вод осуществляется только из сильнонапорного водоносного горизонта. В этом случае меняется только граничное условие на водозаборе ($x=0$), остальные начальные (5.20) и граничные условия (5.21), (5.23), (5.24) остаются в силе.

$$x=0, \quad \frac{\partial H_2^I}{\partial x} - \frac{\partial H_2^{II}}{\partial x} = -\frac{q_2}{M_2}, \quad \frac{\partial h^I}{\partial x} = \frac{\partial h^{II}}{\partial x}, \quad \frac{\partial H_1^I}{\partial x} = \frac{\partial H_1^{II}}{\partial x}, \\ h^I = h^{II}, \quad H_1^I = H_1^{II}, \quad H_2^I = H_2^{II}. \quad (5.25)$$

Вариант 3. Перехват подземных вод осуществляется из двух основных водоносных горизонтов одновременно. В этом случае система уравнений (5.19) решается также измененным граничным условием на водозаборе (остальные начальные и граничные условия не меняются), т. е.:

$$\bar{x}=0, \quad M_1 \left(\frac{\partial H_1^I}{\partial x} - \frac{\partial H_1^{II}}{\partial x} \right) + M_2 \left(\frac{\partial H_2^I}{\partial x} - \frac{\partial H_2^{II}}{\partial x} \right) = -q_3, \quad \frac{\partial h^I}{\partial x} = \frac{\partial h^{II}}{\partial x}, \\ h^I = h^{II}, \quad H_1^{II} = H_2^I = H_2^{II}. \quad (5.26)$$

В системе (5.19) первые два и последнее уравнения нелинейны соответственно относительно функциям h^I , h^{II} , H_3 , что затрудняет нахождение ее аналитического решения. Поэтому для решения системы нелинейных дифференциальных уравнений (5.19) с начальными (5.20) и граничными условиями (5.21)...(5.24), (5.25), (5.26) использованы численные методы.

Система уравнений (5.19) при начальных и граничных условиях (5.20...5.26) решается методом конечных разностей. Используются неявные разностные схемы.

В четвертом параграфе приводится прогноз уровня режима подземных вод при эксплуатации одиночных скважин вертикального дренажа. Для сложных гидрогеологических условий Араратской равнины актуальным вопросом является также определение понижения уровня грунтовых вод и напоров одиночных скважин вертикальных дрен или обобщенных систем скважин действующих на орошаемых массивах в целях уточнения режима их работы (рис. 5.2).

Понижения уровней подземных вод в многослойной среде при действии вертикальных скважин определяются на основе гидрогеологических расчетов. В существующих методах аналитических расчетов вертикального дренажа для упрощения, движение грунтовых вод в покровном слое не рассматривается, а если рассматривается, то только вертикальные потоки, а горизонтальные составляющие не учитываются, что искажает истинную картину режима грунтовых вод в покровном слое и с ним связанных напоров подземных вод. Кроме того, полученные аналитические решения очень громоздки, что ограничивает их применение в практике проектирования.

Задача исследования заключается в прогнозировании динамики уровня грунтовых вод и напоров воды, при отборе воды вертикальными дренами из различных водоносных горизонтов Араратской равнины в целях регулирования их режимов работы.

Решение фильтрационной задачи в случае откачки воды из совершенной скважины (радиальная задача), при жестком режиме в малопроницаемых слоях математически может быть сведено к решению следующих нелинейных дифференциальных уравнений (рис. 5.2):

$$\frac{k}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r(h - m_n) \frac{\partial h}{\partial r} \right] + \frac{k_0}{m_0} (H_1 - h) + E = \mu_0 \frac{\partial h}{\partial t},$$

$$(km)_1 \left(\frac{\partial^2 H_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial H_1}{\partial r} \right) + \frac{k_r}{m_r} (H_2 - H_1) - \frac{k_0}{m_0} (H_1 - h) = \mu_1 \frac{\partial H_1}{\partial t}, \quad (5.27)$$

$$(km)_2 \left(\frac{\partial^2 H_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial H_2}{\partial r} \right) - \frac{k_r}{m_r} (H_2 - H_1) = \mu_2 \frac{\partial H_2}{\partial t},$$

где $h(r, t)$, $H_1(r, t)$, $H_2(r, t)$ - отметки, соответственно уровня грунтовых вод, напоры слабонапорного и сильнонапорного горизонтов на расстоянии r , в момент времени t .

Исходя из практики применения вертикального дренажа в Араратской равнине, рассмотрены следующие частные случаи решения уравнений (5.27).

1. Забор воды осуществляется из слабонапорного водоносного горизонта (рис. 5.2;1). В этом случае система уравнений (5.27) решается при следующих краевых условиях:

$$t = 0, \quad h(r, 0) = h(r), \quad H_1(r, 0) = H_1(r), \quad H_2(r, 0) = H_2(r), \quad (5.28)$$

$$t > 0, \quad r \rightarrow r_c, \quad 2\pi(km)_1 \left(r \frac{\partial H_1}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_c} = Q_1, \quad \frac{\partial h}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial H_2}{\partial r} = 0, \quad (5.29)$$

$$r \rightarrow R, \quad \frac{\partial h}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial H_1}{\partial r} = 0; \quad \frac{\partial H_2}{\partial r} = 0, \quad (5.30)$$

где R — расстояние от скважины до точки где изменение напора равно нулю (радиус влияния скважины), Q — дебит скважины.

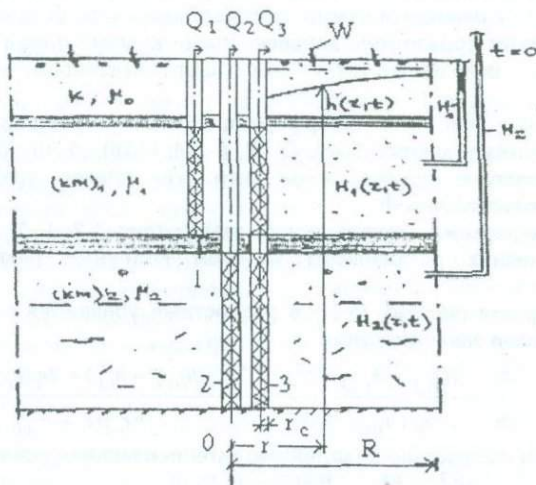


Рис.5.2. Расчетные схемы водозаборов подземных вод

2. Забор воды осуществляется только из сильнонапорного горизонта (рис. 5.2;2). В данном случае условия (5.28), (5.30) остаются, а при

$$t > 0, \quad r \rightarrow r_c, \quad 2\pi(km)_1 \left(r \frac{\partial H_1}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_c} = Q_2, \quad \frac{\partial h}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial H_1}{\partial r} = 0. \quad (5.31)$$

3. Забор воды осуществляется из двух основных водоносных горизонтов (рис. 5.2;3) Граничные условия на водозаборе принимают вид (остальные условия (5.28), (5.30) такие же, как в первом варианте):

$$t > 0, \quad r \rightarrow r_c, \quad H_1(r,t) = H_2(r,t), \quad \frac{\partial h}{\partial r} = 0,$$

$$2\pi(km)_1 \left(r \frac{\partial H_1}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_c} + (km)_1 \left(r \frac{\partial H_2}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_c} = Q_3, \quad (5.32)$$

$$r \rightarrow R, \quad \frac{\partial h}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial H_1}{\partial r} = 0; \quad \frac{\partial H_2}{\partial r} = 0.$$

Эти задачи являются типичными для большинства осушаемых и орошаемых массивов, где скважины работают приблизительно в одинаковом режиме и имеют ограниченный радиус действия (800-1000м).

Из граничных условий (5.30) видно, что на расстоянии R (практически это середина между скважинами) расход воды в горизонтальном направлении равен нулю. Поэтому, в процессе откачки воды из скважины непрерывно снижаются уровень грунтовых вод и напоры нижележащих горизонтов. Когда дебит скважины равняется сумме инфильтрационного питания и перетекания из нижележащих горизонтов, депрессионные кривые принимают постоянное во времени положение, т.е. наступает квазистационарный процесс фильтрации.

Решение системы дифференциальных уравнений (5.27) при соответствующих условиях (5.28), (5.29), (5.30); (5.28), (5.30), (5.31); (5.28), (5.30), (5.32) аналитически трудно, из-за того, что первое уравнение системы нелинейно относительно h .

Рассматриваемые практические задачи (рис. 5.2; 1, 2, 3) при принятых краевых условиях реализованы методом конечных разностей (невяной схемой).

Преобразуя систему (5.27) в разностные уравнения заменой значения дифференциалов зависимостями

$$\frac{\partial h}{\partial r} = \frac{h_{i+1,k} - h_{i-1,k}}{r_i + r_{i+1}}, \quad \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} = \frac{2r_{i-1}(h_{i+1,k} - h_{i,k}) + 2r_i(h_{i-1,k} - h_{i,k})}{r_i r_{i-1}(r_i + r_{i-1})},$$

получим следующие нелинейные алгебраические уравнения;

$$\begin{aligned} Ah_i^2 - Bh_i - F_1 H_{1,i} - C &= 0, \\ S_1 H_{1,i} - F_2 H_{2,i} - F_1 h_i - C_1 &= 0, \\ S_2 H_{2,i} - F_2 H_{1,i} - C_2 &= 0, \end{aligned} \quad (5.33)$$

где $A, A_1, A_2, B, C, C_1, C_2, F_1, F_2, S_1, S_2$ - коэффициенты зависящие от гидрогеологических параметров фильтрационной среды.

Ограниченная в плане область аппроксимирована крупной сеткой в отдалении от скважины, и более мелкой - в зоне резкого падения депрессионной воронки. Шаги по пространственной координате r и по времени t приняты неравномерными: $\Delta r = 1, 2, \dots, 10, 50, 500$ м; $t = 0 \dots 20$ сут ($\Delta t_1 = 1$ сут) и $t > 20$ сут ($\Delta t_2 = 10$ сут).

Решение нелинейных алгебраических уравнений (5.33) произведено методом итерации Зейделя по программе на языке С++.

По предложенной методике произведен расчет водозаборов подземных вод применительно к гидрогеологическим условиям Араратской равнины, при различных значениях дебитов скважин. Полученные результаты использовались для более детального построения гидроизогипс и пьезоизогипс подземных вод Араратской равнины.

В шестой главе приводится технико-экономическое обоснование использования подземных вод в целях орошения.

Полученные величины годового экономического эффекта по показателям удельной стоимости 1 м^3 воды и стоимости орошения 1 га площади, свидетельствуют о рациональности и экономической целесообразности использования выявленных эксплуатационных запасов подземных вод для целей орошения и водоснабжения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Араратская котловина представляет собой типичную межгорную впадину, характеризующуюся наличием четко выраженной вертикальной зональности гидрогеологических, геохимических и почвенно-климатических условий. Предгорная зона котловины является областью питания поверхностных и подземных вод, источником формирования подземных потоков, равнинная часть - зоной разгрузки подземных вод и аккумуляции солей. Наиболее сложно и в мелиоративном отношении наименее освоенной для нужд сельского хозяйства является низменная часть котловины - Араратская равнина, где мелиоративное состояние земель неудовлетворительное.

2. Схематизация территории котловины на отдельные области формирования и разгрузки стока позволила оценить естественные водные ресурсы. Суммарный сток, поступающий из области формирования в пределы равнины составляет $108,8 \text{ м}^3/\text{с}$. В том числе: в виде речного стока - $43,9 \text{ м}^3/\text{с}$; родникового стока - $31 \text{ м}^3/\text{с}$; глубинного стока - $33,9 \text{ м}^3/\text{с}$.

3. По установленным естественным источникам, суммарное количество солей, ежегодно поступающих на Араратскую равнину составляет более 1600 тыс. тонн, в том числе: с атмосферными осадками - 35 тыс. тонн; речным стоком - 505,5 тыс. тонн; подземным стоком - 915,5 тыс. тонн; родниковым стоком - 207 тыс. тонн.

4. Внутри Араратской котловины на отдельных массивах в зависимости от геоморфологических условий и литологического строения, водно-солевой режим весьма разнообразен. В естественных условиях от высокогорья к равнине водообмен между почвенными и грунтовыми водами имеет разный характер. В высокогорных и среднегорных массивах водообмен имеет отрицательный знак, т.е. наблюдается промывной водный режим. Для этих областей характерно интенсивное питание грунтовых вод и рассоление почв. В равнинной части баланс водообмена имеет положительный знак, т.е. происходит расходование грунтовых вод на испарение и аккумуляция солей в почвах и грунтах зоны аэрации. Напорные воды здесь интенсивно питают грунтовые воды.

5. При орошении увеличивается влажность корнеобитаемой зоны почв и грунтов, а также происходит нарастание глубинных сбросов и дополнительное питание грунтовых вод из-за чего увеличиваются запасы этих вод и происходит подъем их уровня, увеличивается подземный отток и дренажный сток. В условиях орошения в среднегорных и равнинных частях водообмен и солеобмен между грунтовыми и почвенными водами усиливается, а между напорными и грунтовыми - уменьшается. Дополнительное поступление солей с оросительной водой приводит к увеличению их запасов в почвах и грунтах зоны аэрации.

6. Общие водные балансы равнины и котловины положительные. Причем до периода интенсивного развития мелиорации во всех водоносных горизонтах наблюдается накопление (баланс положительный) естественных ресурсов подземных вод. После развития мелиорации наблюдается интенсивное использование водных ресурсов основных водоносных горизонтов равнины и резкое снижение темпов накопления запасов вод.

Несмотря на это, пока баланс грунтовых вод по рассматриваемым годам положительный, т.е. наблюдаются тенденции поднятия их уровней.

7. Общие солевые балансы равнины и котловины также положительные. До периода интенсивного развития мелиорации во всех водоносных горизонтах наблюдается активный процесс соленакопления. После развития мелиорации в балансах равнины и котловины наблюдаются резкие снижения темпов засоления, что связано в основном увеличением выноса солей поверхностными и грунтовыми водами. Мелиорация земель вызвала снижение темпов засоления грунтовых вод и частичное рассоление вод напорных горизонтов.

8. Для эффективного использования подземных вод создана математическая модель гидрогеологического бассейна равнины, учитывающая водообмен между зонами формирования и разгрузки вод. Адекватность модели достигается решением прямых и обратных задач теории фильтрации, уточнением гидрогеологических параметров и поэтапным сравнением полученных результатов с натурными данными. Разработанные алгоритмы и программа дают возможность решать взаимосвязанный комплекс проблем оперативного регулирования уровней подземных вод во времени и в пространстве с целью создания оптимального водно-солевого режима.

9. Анализ гидродинамического режима подземных вод на базе существующего водоотбора выявил нерациональное их использование. Постоянный водоотбор с расходом $18,7\text{ м}^3/\text{с}$ из сильнонапорного горизонта осуществляется круглый год, а используется только в вегетационный период. Существующий водоотбор со средним расходом $9,3\text{ м}^3/\text{с}$ из слабонапорного горизонта осуществляется бессистемно как в плане, так и в количестве, что создает неравномерное расположение уровня грунтовых вод и развитие процессов засоления почв. Прогноз гидродинамического режима подземных вод, разработанного рационального водозабора, обеспечивает полуавтоморфный режим грунтовых вод и восполнения естественных ресурсов подземных вод сильно и слабонапорных горизонтов, которые и составляют эксплуатационные запасы подземных вод. При этом эксплуатационные запасы сильнонапорного водоносного горизонта составляют $502,5\text{ млн. м}^3/\text{год}$ ($15,9\text{ м}^3/\text{с}$), слабонапорного горизонта - $427,4\text{ млн. м}^3/\text{год}$ ($13,6\text{ м}^3/\text{с}$). Общие эксплуатационные запасы бассейна составляют около $930\text{ млн. м}^3/\text{год}$ ($29,5\text{ м}^3/\text{с}$), которые можно использовать в многолетний период времени.

10. Полученные результаты ряда прогнозов показывают возможность научно обоснованного планирования развития водного хозяйства территории и обеспечения при этом природоохранных мер по сохранению и восстановлению запасов пресных подземных вод. Прогноз показывает, что вплоть до 2010г. при развитии сети каналов, строительстве новых водохранилищ и расширении орошения произойдет ускоренное развитие негативных последствий, если не будет одновременно применена система природоохранных мер.

11. Для уменьшения восходящих потоков напорных вод и предотвращения вторичного засоления грунтов и грунтовых вод равнинной части, необходимо организовать перехват подземных вод на высоких гипсометрических отметках равнины.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ
ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Ананян А.К., Ананян С.А., Хачатрян Э.А., Адилханян А.Г., Кайсерян А.С. Методика расчета дренажных систем и водно-солевого режима грунтовых вод на больших орошаемых территориях. // Тез. Докл. XIX научно-техн. конф. проф.-преподав. состава ВТУЗ-ов Закавказ. Республ. — Тбилиси, 1977, с.77-79.
2. Ананян А.К., Саакян С.Г., Ананян С.А., Хачатрян Э.А., Мхитарян Г.М. Методика исследования комплекса сложных вопросов по динамике подземных вод и массопереноса. — Фильтрация воды в пористых средах. Доклады III Международного симпозиума. -ч. 4.- Наукова думка, Киев, 1978.- с. 3-10.
3. Хачатрян Э.А. Фильтрация подземных вод межгорных впадин. Межвуз. сб. научн. трудов, серия XII, вып. V. — Ереван: ЕрПИ, 1978, с.219-223.
4. Хачатрян Э.А. Подсчет эксплуатационных запасов подземных вод методом математического моделирования. Межвуз. сб. научн. трудов, серия XII, вып. V. — Ер.: ЕрПИ, 1978, с.224-229.
5. Хачатрян Э.А. Расчет линейного водозабора в четырехслойной фильтрационной среде. — Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1979, т. XXXII, № 2, с. 34-39.
6. Хачатрян Э.А., Нуридджанян С.Ш. Неустановившаяся фильтрация подземных вод к линейно-расположенным водозаборам. Межвуз. сб. научн. трудов, серия XII, вып. VI. — Ер.: ЕрПИ, 1980, с.189-196.
7. Хачатрян Э.А. Расчет линейного водозабора подземных вод в двухслойной среде с учетом инфильтрационного питания. — Изв. АрмССР (сер. ТН), т. XXXIV, 1981, № 2, с. 21-25.
8. Нуридджанян С.Ш., Хачатрян Э.А. Влияние начального градиента напора на процесс консолидации. — Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. 36, 1983, № 5, с. 22-25.
9. Хачатрян Э.А. Регулирование стоков подземных вод в предгорных районах межгорных впадин. Межвуз. сб. научн. трудов. — Исследов. по гидротехнике и сан. технике. — Ер.: ЕрПИ, 1984, с.12-18.
10. Хачатрян Э.А., Хачатурян Г.Т., Ананян С.А. Прогноз динамики подземных вод в многослойной фильтрационной среде. — Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XXXVII, 1984, № 1, с. 31-35.
11. Хачатрян Э.А., Хачатурян Г.Т., Багдасарян А.Б. Расчет фильтрации из водохранилищ методом математического моделирования. — М.: Гидротехническое строительство, 1984, № 7, с. 21-25.
12. Хачатрян Э.А. Фильтрационный расчет водозаборов подземных вод в многослойной среде. - Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, 1990, № 2, с. 77-81.
13. Хачатрян Э.А. Прогноз режима подземных вод межгорных впадин. // Тез. докл. научн. техн. конф. — М.: МГМИ, 1991. — с. 27.
14. Хачатрян Э.А., Саакян С.В. Математическая модель процессов рассоления и рассолонцевания при промывке содовых солонцов — солончаков Араратской равнины. — Научные труды, АрмНИИПиА, вып. XXVI, Ереван, 1991, с. 129-135.

15. Хачатрян Э.А. Регулирование и прогноз подземных вод на орошаемых массивах. – Научные труды: Теория и практика комплексного мелиоративного регулирования. – М.: МГМИ, 1991, с. 65-73.
16. Хачатрян Э.А. Прогноз режима подземных вод методом математического моделирования. – Известия АН АрмССР (сер. ТН), т. 44, 1991, № 5-6, с. 249-256.
17. Халабаева Р.А., Хачатрян Э.А. и др. Рекомендации по региональному прогнозу использования водных ресурсов на орошаемых массивах. – М.; МГМИ, 1993. – 22с.
18. Хачатрян Э.А. Регулирование режима подземных вод межгорных впадин (на примере Араратской равнины). – М.; РАН, Водные ресурсы, 1993, том 20, №1, с.84-92.
19. Խաչատրյան Է.Հ. Շրջակա միջավայրի վրա ջրատնտեսական գործունեության ազդեցության կանխագուշակում: – Տեղեկագիր Հայաստանի շինարարների, 10, 1997, էջ 19-20:
20. Խաչատրյան Է.Հ. Մարտիտյան դաշտի հողարարելավման հիմնախնդրի լուծման արդյունքը: Ագրոփստություն, 11-12, 1998, էջ 659-668:
21. Хачатрян Э.А., Акопян А., Л., Маджар А., Г. Регулирование режима подземных вод орошаемого массива Аль Мария в условиях САР. Агронаука, 11-12, 2002, с.516-522.
22. Хачатрян Э.А. Формирование и количественная оценка запасов подземных вод в основных водоносных горизонтах Араратской равнины. Вестник Инженерной Академии Армении (ВИАА). 2005, т.2, №1, с. 92-95.
23. Хачатрян Э.А. Региональная оценка естественных водных ресурсов Араратской котловины. Известия Армянской Сельскохозяйственной Академии. 2005, №3, с.72-77.
24. Хачатрян Э.А. Региональный прогноз водно-солевого режима орошаемых земель Араратской котловины.- Тбилиси: Энергия, 2005, №4(36), часть 1, с. 26-35.
25. Хачатрян Э.А. Прогноз режимов подземных вод межгорных впадин.- Тбилиси: Энергия, 2005, №4(36), часть 1, с. 35-40.
26. Хачатрян Э.А. Расчет дренажа в условиях напорного питания грунтовых вод (на примере Араратской равнины).- Тбилиси: Известия Аграрной науки, том 3, №4, 2005, с. 86-89.
27. Хачатрян Э.А. Регулирование водно-солевого режима почвенных вод в покровном слое.- Тбилиси: Энергия, 2005, №4(36), часть 2, с. 29-33.

ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ ԷՄԻԼ ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆԻ

ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ԱՐՏԵԶՅԱՆ ԱՎԱԶԱՆԻ ԶՐԱՍԱՂԱՅԻՆ ՀԱՇՎԵԿԵՇԻՈՆ

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքը նվիրված է Արարատյան հարթավայրի հողարարելավման կարևորագույն հիմնավանդի լուծմանը, ռոտզելի հողերի գերխոնավացման և երկրաբաղկան աղակալման գործընթացների կանխարգելմանը՝ ստորերկրյա ջրերի ռեժիմների կարգավորման միջոցով:

Վերջին տարիներին հարթավայրի ռոտզվող հրդատարածություններում նկատվում է գրունտային ջրերի մակարդակի բարձրացում: Շուրջ 35հազ. հա հողեր, որտեղ գրունտային ջրերի խորությունը երկրի մակերևութից զգալի փոքր է կրիտիկականից, ենթարկվել են երկրաբաղկան գերխոնավացման և աղակալման: Չնայած երկար տարիների ձեռնարկված հիդրամելիորատիվ և այլ ճարտարագիտական միջոցառումներին, հողերի գերխոնավացման և աղակալման գործընթացները ոչ միայն չեն դադարում այլ մեծանում են ընդգրկելով ավելի մեծ հողատարածություններ իջեցնելով հողերի բերքիությունը և բույսերի բերքատվությունը: Հողերի մելիորատիվ վիճակի վատթարացմանը նպաստող գործոնները բացահայտելու նպատակով.

- Կատարվել է Արարատյան գոգավորության բնական ջրային ռեսուրսների տարածքային գնահատում որի արդյունքում պարզվել է, թե ո՞ր ուղղություններով, ի՞նչ քանակի ջուր և աղեր են մուտք գործում ջրաերկրաբանական ավազան:

- Կազմվել են Արարատյան գոգավորության ռոտզելի հողերի ջրաաղային հաշվեկշիռի հավասարումները, որոնց օգնությամբ կատարվել են ջրաաղային ռեժիմների ուսումնասիրություն, հողերի մելիորատիվ վիճակի տարածքային գնահատում, բնական պայմաններում և ռոտզումից հետո:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ ռոտզման և դրենաժի պայմաններում գոգավորության միջին լեռնային և հարթավայրային մասերում ջրաաղային փոխանակությունը բուսահողային և գրունտային ջրերի միջև մեծանում է, իսկ ճնշումային և գրունտային ջրերի միջև փոքրանում: Ոռոգման ջրի հետ աղերի լրացուցիչ մուտքը ծայրավում է ավազիայի գոտում նրանց պաշարների մեծացման վրա: Մտացվել են կուպակցություններ, որոնք հնարավորություն են տալիս որոշել ռոտզումից հետո գրունտային ջրերի լրացուցիչ սնման, նրանց պաշարների փոփոխության և դրենաժային մոդուլի մեծության արժեքները: Մշակվել են նշված միջոցառումների կատարման ազդեցությունից ջրաերկրաբանական պայմանների հնարավոր փոփոխությունների կանխագուշակման մեթոդիկա: Ջրաաղային ռեժիմների ուսումնասիրության արդյունքները հնարավորություն են տալիս բացահայտելու այն հիմնական միասունները, որոնք տեղի են ունենում գոգավորության հողերում, մինչև հողարարելավման աշխատանքների կատարումը և նրանից հետո:

- Կատարվել է Արարատյան հարթավայրի ջրաերկրաբանական ավազանի ջրաաղային ռեժիմների ուսումնասիրություն, որի համար կազմվել են ավազանի մակերևութային, գրունտային, ճնշումային հորիզոնների ջրաաղային հաշվեկշիռի հավասարումները, որոնց միջոցով ստացված արդյունքների վերլուծությունը հնարավորություն է տվել կատարել հետևյալ եզրահանգումները.

ա) բնական պայմաններում ջրատար հորիզոններում նկատվում է ջրային պաշարների և աղերի կուտակում,

բ) մեխորատիվ միջոցառումներ իրականացնելիս ջրատար հորիզոններում նկատվում է ջրային պաշարների ինտենսիվ օգտագործում և աղակտուակման տեմպերի կտրուկ իջեցում:

գ) հողերի մեխորացիան բերում է ավազանի գրունտային ջրերի աղակալման տեմպերի փոքրացման և մասնակիորեն աղագերծվում է ճնշումային հորիզոնի ջրերը:

- Հարթավայրի հողերի մեխորատիվ վիճակի լավացման նպատակով մշակվել է ստորերկրյա ջրերի ռեժիմների կարգավորման երկու տարբերակ.

1. Հարթավայրում գործող դրենաժային համակարգի աշխատանքային ռեժիմի կարգավորման միջոցով (մաքեմատիկական մոդելավորման եղանակով),

2. Հարթավայրի բարձրադիր միջերում գործող գծայնորեն տեղաբաշխված ուղղածիզ դրենաժի միջոցով (անալիտիկ եղանակով):

- Արարատյան հարթավայրի ջրաներկարանական ավազանի ստորերկրյա ջրերի ռեժիմների կարգավորման, գրունտային ջրերի լավագույն մեխորատիվ ռեժիմի մշակման, ջրատար հորիզոններում ստորերկրյա ջրերի դինամիկայի կանխագուշակման և պաշարների որոշման համար մշակվել է ավազանի ամբողջական մաքեմատիկական մոդելը: Կատարվել է ավազանի ստորերկրյա ջրերի ռեժիմների տարածքային կանխագուշակում՝ ա) գոյություն ունեցող ջրատի և բ) պլանավորված, արդյունավետ ռեժիմով ջրատի դեպքում:

Արդյունքում մշակվել է ջրատի լավագույն ռեժիմ և զնահատվել են ավազանի ստորերկրյա ջրերի շահագործողական պաշարները: Ավազանից հաշվարկված քանակով ստորերկրյա ջրերի պաշարները կարելի է օգտագործել բազմամյա ժամանակամիջոցում:

- Դիստարկվել է հարթավայրի ստորերկրյա ջրերի ռեժիմների կարգավորումը նրա բարձրադիր միջերում գործող գծայնորեն տեղաբաշխված ուղղածիզ դրենաժի օգնությամբ: Ստացվել են լուծումներ ֆիտրացիայի հաստատված և ոչ հաստատված ռեժիմների համար, որոնք հնարավորություն են տալիս կանխագուշակել ավազանի ստորերկրյա ջրերի ռեժիմները և կարգավորել գրունտային ջրերի մակարդակները:

- Մշակվել է հարթավայրի ռոզովող և չորացվող տարածքներում (բազմաշերտ ֆիտրացիոն միջավայր) գործող ուղղածիզ դրենաժի շահագործման դեպքում ստորերկրյա ջրերի ռեժիմների կանխագուշակման մեթոդիկա, որը հնարավորություն է տալիս ընտրելու ուղղածիզ ջրատների շահագործման արդյունավետ ռեժիմ:

Հետազոտության արդյունքները կարող են հիմք հանդիսանալ Արարատյան հարթավայրում դրենաժային համակարգի վերակառուցման, նորերի նախագծման, ստորերկրյա ջրերի ռեժիմների կարգավորման և նրանց պաշարների արդյունավետ օգտագործման համար:

1967