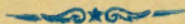


И. Ф. ВОЛОДЬКО

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ДЛЯ ОРОШЕНИЯ**



ОГИЗ — СЕЛЬХОЗГИЗ — 1948

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ (ВНИИГиМ)

И. Ф. ВОЛОДЬКО

кандидат технических наук

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ДЛЯ ОРОШЕНИЯ**

ОГИЗ—СЕЛЬХОЗГИЗ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА—1948

ВВЕДЕНИЕ

Для орошения в районах недостаточного увлажнения необходимо, чтобы водосточники были расположены близко к орошаемым площадям, так как подводить воду на далёкие расстояния каналами чрезвычайно трудно, в особенности если местность возвышенная и вместе с тем изрезанная глубокими оврагами.

Кроме того, если разность уровней рек и водоразделов весьма значительна, то из рек или водоёмов, построенных на них, можно орошать только прибрежную территорию. Что же касается водоразделов, то там необходимо в возможно большем количестве собирать в пруды талые и дождевые воды, не давать им стекать в долины, размывать склоны и увеличивать этим сеть оврагов. Вместе со слоем почвы, смываемым во время ливней и снеготаяния, с полей уносится в два-три раза больше питательных веществ, чем их потребляет урожай. Паводковые воды

ОПЕЧАТКИ

К КНИГЕ И. Ф. ВОЛОДЬКО

«ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ»

1. На странице 6 в строках 7 и 9 сверху, а также в строке 3 снизу вместо m^3 должно быть m .
2. На странице 12, в таблице 2, цифры $-30,1$ и $+22,3$ нужно поменять местами.
3. На странице 16, строка 20 снизу, вместо скважин должно быть пласта.
4. На странице 22, строка 5 сверху, вместо $m^3/сутки$ должно быть $m^3/час$.

ВВЕДЕНИЕ

Для орошения в районах недостаточного увлажнения необходимо, чтобы водоисточники были расположены близко к орошаемым площадям, так как подводить воду на далёкие расстояния каналами чрезвычайно трудно, в особенности если местность возвышенная и вместе с тем изрезанная глубокими оврагами.

Кроме того, если разность уровней рек и водоразделов весьма значительна, то из рек или водоёмов, построенных на них, можно орошать только прибрежную территорию. Что же касается водоразделов, то там необходимо в возможно большем количестве собирать в пруды талые и дождевые воды, не давать им стекать в долины, размывать склоны и увеличивать этим сеть оврагов. Вместе со слоем почвы, смываемым во время ливней и снеготаяния, с полей уносится в два-три раза больше питательных веществ, чем их потребляет урожай. Паводковые воды быстро стекают в реки, а оттуда в море, не увеличивая водообильности рек летом.

Задача заключается в том, чтобы задержать на месте как можно больший процент осадков. Для этого, помимо устройства прудов, лесозащитных полос и снегозадержания на полях, нужно по возможности затруднить условия стока вод и облегчить просачивание воды в грунт.

Вопрос об использовании подземных вод для орошения можно решать только конкретно, с учётом местных гидрологических и гидрогеологических условий. В качестве примера нами разобраны условия части Среднерусской возвышенности, именно центральных чернозёмных областей, где орошение из поверхностных и подземных вод поставлено уже в порядок дня. Однако методы учёта поверхностных и подземных вод и применения их для орошения могут быть с успехом перенесены и на другие районы СССР (Украину, Кавказ).

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНИХ ПЛАСТОВ ГОРНЫХ ПОРОД, РАЗВИТЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Верхние пласты пород, слагающих район, в значительной своей части представлены трещиноватыми известняками, мелом, мергелем, песчаником и песком. На водоразделах они местами прикрыты покровными суглинками, смытыми на склонах.

Таким образом, большая часть пород верхних пластов района сильно водопроницаема и может впитывать в себя большое количество воды.

Некоторые горные породы, как, например, мел, состоят из одного минерала (кристаллического или порошкообразного кальцита), другие, как песчаник, — из зёрен кварца, сцементированных кремнистым, известковистым, мергелистым, железистым, гипсовым или другим каким-либо цементом. Мергель состоит из порошкообразного кальцита и глинистого вещества.

Часть этих минералов (кальцит, гипс) хотя и медленно, но растворяется в воде, другие же не растворяются. Скорость растворения такова: одна часть гипса растворяется в 380—480 частях воды, десять частей известняка (или три части доломита) растворяются в 10 000 частях воды, содержащей углекислоту. Последней богата грунтовая вода, содержащая во много раз больше углекислоты, чем вода поверхностная.

Пласты известняка, мела и мергеля, покрывающие значительную часть территории Среднерусской возвышенности, пронизаны трещинами, в особенности на склонах долин. Атмосферная или подземная вода, проникая в трещины или стекая по поверхности таких пород, размывает их, вследствие чего образуются естественные шахты, или колодцы, обычно заваленные обломками по-

род. Диаметр их может колебаться от нескольких метров до ста и более. Иногда такие шахты образуются на некотором расстоянии от поверхности земли. Покрывающая их кровля пород не выдерживает, обрушивается, и на этом месте образуется карстовая воронка. Воронки нередко вытянуты в ряд. На дне и в боках их, часто образуются поноры — дыры, через которые уходит вода.

Такие воронки часто встречаются в Тульской, Орловской и западной части Курской областей. Хотя здесь они занимают относительно малую площадь, но с ними, как и с другими проницаемыми породами, приходится считаться при выборе места для пруда, и от мест, где есть воронки, лучше отказываться. Для обогащения же подземных вод путём улавливания паводковых вод они очень удобны, так как могут поглощать большое количество ливневых вод. Последние, проникая в трещины горных пород, вызывают некоторое повышение уровня грунтовых вод, что в условиях низкого уровня подземных вод на водоразделах весьма желательно, так как облегчает водоподъём. Накапливаясь в пласте, ливневые воды постепенно стекают в реки и питают их в течение всего года.

Поэтому карстовые воронки и площади сильно трещиноватых пород и крупнозернистых песков следует расчищать от суглинка, желательно даже их обваловывать снизу, чтобы задерживать над ними воду на время, необходимое для просачивания.

Для расчёта фильтрационных способностей горных пород нужно знать их коэффициент фильтрации. Он приблизительно может быть определён относительно простым опытом, заключающимся в следующем.

На расчищенной поверхности испытуемой породы делается круглый приямок диаметром в 50 см и глубиной в 10 см (рис. 1). В дно его на глубину 10 см вдавливается металлический цилиндр диаметром в 25 см и высотой в 20 см. В этот цилиндр *a* и кольцевой зазор *b* вокруг него заливается вода, и постоянный уровень её поддерживается при помощи долива (хотя бы кружкой). Учитывается только расход воды, доливаемой в цилиндр *a*. Когда расход просачивающейся воды установится, т. е. когда каждая последующая кружка воды будет просачиваться через дно цилиндра за то же время, что и предыдущая, опыт заканчивают.

Использование данных произведённых замеров поясняется следующим примером.

Пусть последние замеры дали просачивание 1 л воды в 5 минут, тогда в сутки просочится:

$$\frac{24 \times 60}{5} = 288 \text{ л, или } 0,288 \text{ м}^3.$$

Площадь сечения цилиндра диаметром

$$0,25 = \frac{3,14 \times 0,2^2}{4} = 0,049 \text{ м}^2.$$

Тогда коэффициент фильтрации K будет равен:

$$\frac{0,288}{0,049} = 5,9 \text{ м}^3 \text{ в сутки.}$$

Если водопроницаемая площадь равна 0,5 га, или 5 000 м², то расход на просачивание равен 5,9 м³ × 5 000 = 29 500 м³ в сутки.

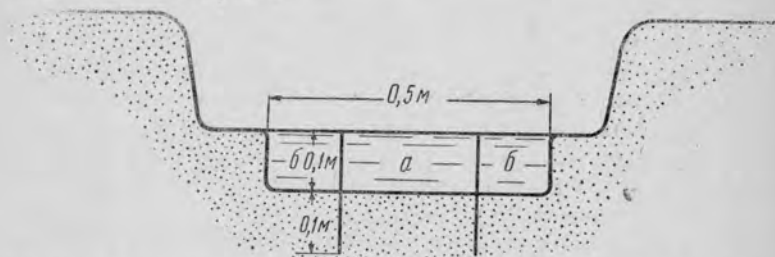


Рис. 1. Определение коэффициента фильтрации методом инфильтрации из шурфов.

При этом нужно заметить, что величина K сильно изменяется в зависимости от местности, поэтому она относится только к той площади (песка, трещиноватой породы), на которой она определена. Переносить её на другие районы со сходными породами можно только в том случае, когда есть уверенность, что фильтрационные свойства пород (величина зёрен, трещиноватость), а также глубина уровня подземных вод сходны с таковыми на испытуемой площадке.

На основе этих определений можно подсчитать и инфильтрацию из пруда для случая, когда уровень грунтовых вод стоит ниже дна балки.

Пример. Пусть коэффициент фильтрации грунта в балке 0,5 м³ в сутки, площадь зеркала пруда 3 га; тогда потери на фильтрацию равны:

$$0,5 \times 30\,000 = 15\,000 \text{ м}^3 \text{ в сутки.}$$

2. УЧЁТ ПАВОДКОВЫХ И ЛИВНЕВЫХ ВОД

Чтобы определить количество воды, которое можно спустить в подземные воды или собрать в пруд, нужно знать весенний сток или сток ливня в течение длительного периода времени (около 10 лет). Для этого учитывают паводковые и ливневые расходы рек и ручьёв и водосборные площади их. Разделив полученные расходы реки в литрах-секунду на водосборную площадь в квадратных километрах, получаем весенний сток или сток паводка в литрах-секунду с 1 км². Водосборная площадь опреде-

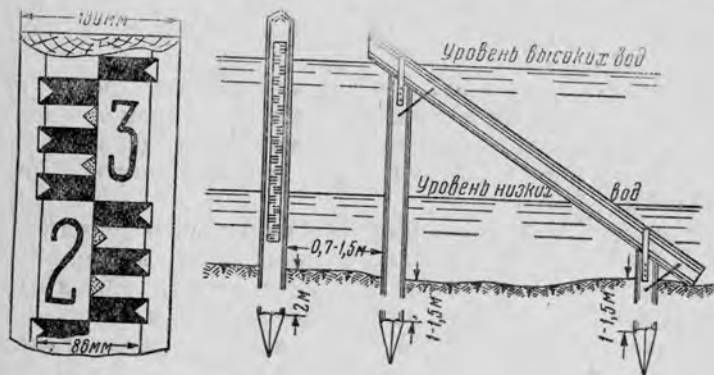


Рис. 2. Водомерная рейка.

ляется по карте или путём осмотра. Для определения расхода рек необходимо замерять их уровни (во время паводков и ливней) и скорости их течения. На крупных реках такие измерения проводит гидрометслужба; на маленьких реках и ручьях эти измерения нужно проводить местными силами.

Измерение уровней. Для наблюдения за уровнями воды в реках и ручьях устраиваются речные посты. Для этого выбирается прямолинейный участок реки, желательно с высокими ровными берегами, длиной не менее пятикратной ширины реки или ручья, без притоков и подпора. На таком участке устанавливается постовая водомерная рейка (рис. 2), представляющая собой брус, изготовленный из дуба или дерева хвойной породы, длиной, соответствующей величине колебаний уровня воды, и поперечным

сечением $130 \times 2,5$ мм. На лицевой стороне рейки прочно наносятся (резьбой или при помощи прибитых металлических пластинок) деления, покрашенные попеременно через 2 см. Начиная снизу, каждые 5 делений (10 см) крупно и разборчиво нумеруются. Лицевой стороной рейка обращается к месту, с которого будут производить отсчёты уровня воды.

Рейка прочно закрепляется на свае с таким расчётом, чтобы нулевое деление рейки находилось на 0,25—0,5 м ниже наинизшего уровня воды, а верх рейки на 0,5 м выше наивысшего уровня.

По этой рейке во время паводков и ливней проводится замер уровня, который заносится в журнал.

Измерение расходов. Расходом реки называется количество воды, протекающей в единицу времени через её живое сечение. Для определения расхода замеряют поплавками скорость течения и находят живое сечение реки.

Скорость течения замеряют на участке наблюдений уровня. В безветренный день для этого на берегу данного участка реки ставят две вехи на расстоянии 10—30 м одна от другой. Против них на противоположном берегу ставятся также две вехи. В 5—10 м выше верхней вехи забрасывают поплавок (деревянный кружок, дощечку, обрубок) и замечают время прохождения его через первый и второй створы вех. Это повторяют три-четыре раза и берут среднее время прохождения поплавка между створами. Разделив расстояние между створами на время прохождения, получают поверхностную скорость течения. Для перехода к средней скорости поверхностную скорость умножают на 0,85.

Живое сечение определяют по ширине реки и средней глубине её. Для определения средней глубины небольшой реки ширину её, в районе замера скорости, разбивают на 3—5 равных частей и в каждой из них замеряют глубины реки. На больших реках количество промеров увеличивают до десяти и больше. Среднеарифметическое из этих глубин и будет средней глубиной реки. Произведение ширины реки на среднюю глубину её даст живое сечение реки.

Расход реки равен произведению средней скорости на живое сечение.

Для измерения расхода во время паводков и ливней замеряют уровень воды на речном посту и по этим данным определяют живое сечение реки, а по нему—и расход. На малых ручьях расход измеряют при помощи водослива. Зная величины расходов при разных уровнях, легко определить расход реки только по отсчёту на рейке.

Эти наблюдения над уровнями и расходами воды в местных реках и ручьях могут послужить основой для расчёта объёма пруда, равного паводковому стоку, умноженному на величину водосборной площади.

3. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Характер залегания подземных вод определяется геологическим строением района, показанным на геологических разрезах (рис. 3 и 4).

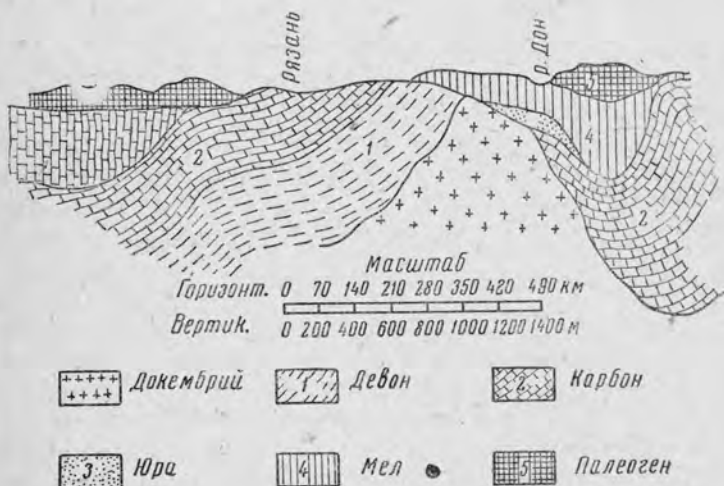


Рис. 3. Геологический разрез вдоль 40° долготы от Гринвича.

В центре Среднерусской возвышенности на некоторой глубине от поверхности залегает устойчивая Воронежская глыба гранита (докембрий). К северу от неё, к подмосковной котловине, пласты пород имеют малый уклон, а к югу, к днепровско-донской впадине—большой. Верхние пласты

пород в районе распространения Воронежской глыбы гранита разрушены и смыты, и на поверхность местами выходят более древние породы, как мел, сеноманские пески, девонские известняки, юрские глины и т. п. К северу и к югу эти породы уходят глубоко под поверхность земли и могут быть обнаружены только скважинами.

Дождевые и талые воды, просачиваясь в пески и трещины мела и известняков, накапливаются там и, двигаясь по пласту в направлении его уклона, образуют в пласте водоносные горизонты.



Рис. 4. Геологический разрез по линии Москва—Харьков.

Как видно из рисунков 3 и 4, в разных частях Среднерусской возвышенности на поверхность выходят пласты пород разного возраста; значит, здесь развиты и разные водоносные горизонты. Под этими пластами залегают другие пласты, в которых развиты свои водоносные горизонты. Таким образом, в одном и том же месте, на разной глубине, может быть несколько водоносных горизонтов, из которых одни залегают ближе к поверхности земли и легче используются, другие же располагаются глубже. На территории Среднерусской возвышенности распространены и используются шесть главнейших водоносных горизонтов, считая от древнейших пород к наиболее молодым (рис. 5):

- 1) девонский;
- 2) каменноугольный (карбон);
- 3) юрский;
- 4) меловой;

Характеристика скважин, заложенных в девонском водоносном горизонте, приведена в таблице 1.

Таблица 1

| Количество скважин | Глубина скважины (в метрах) | | | Глубина установившегося уровня воды (в метрах) | | | Дебит (в м ³ /час) | | | Удельный дебит (в м ³ /час) | | |
|--------------------|-----------------------------|------------|---------|--|------------|---------|-------------------------------|------------|---------|--|------------|---------|
| | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьший | наибольший | средний | наименьший | наибольший | средний |
| 28 | 32,75 | 160 | 80,55 | 0,5 | 72,7 | 29,3 | 0,72 | 25,87 | 10,7 | 0,06 | 88 | 9,02 |

Примечание. Удельный дебит — дебит скважины при понижении уровня воды на 1 м.

2. Каменноугольный водоносный горизонт (карбон) отмечен в южной части Курской и на юго-западе Воронежской областей. Отдельными скважинами он встречен в г. Тамбове. Качество воды хорошее. Глубже, однако, могут встретиться солёные воды. Несмотря на высокие удельные дебиты и напор, этот горизонт из-за глубокого залегания вряд ли может быть использован для орошения. Основные водовмещающие породы — трещиноватые известняки, сланцы и песчаники.

Характеристика скважин, заложенных в каменноугольном водоносном горизонте, приведена в таблице 2.

Таблица 2

| Количество скважин | Глубина скважины (в метрах) | | | Глубина установившегося уровня воды в них (в метрах) | | | Удельный дебит (в м ³ /час) | | |
|--------------------|-----------------------------|------------|---------|--|------------|---------|--|------------|---------|
| | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьший | наибольший | средний |
| 6 | 70,6 | 168 | 128,1 | -30,1 | +22,3 | +1,27 | 1,6 | 94 | 21,4 |

Примечание. Знак «минус» обозначает, что уровень воды находится ниже поверхности земли; знак «плюс» указывает, что уровень воды находится выше поверхности земли и скважина фонтанирует.

3. Юрский водоносный горизонт подходит близко к поверхности в северных районах Курской области. Южнее (рис. 4) он уходит глубоко под мел и поэтому не вскрывается имеющимися буровыми скважинами.

Заложённые в нём скважины фонтанируют. Вода хорошего качества. Благодаря высоким удельным дебитам и напору, этот водоносный горизонт в районах неглубокого залегания может быть использован для орошения. Основные водовмещающие породы: глина, железистый песчаник, галька, песок.

Характеристика скважин, заложённых в юрских отложениях, приведена в таблице 3.

Таблица 3

| Количество скважин | Глубина скважин (в метрах) | | | Глубина установившегося уровня воды (в метрах) | | | Дебит (в м ³ /час) | | | Удельный дебит (в м ³ /час) | | |
|--------------------|----------------------------|------------|---------|--|------------|---------|-------------------------------|------------|---------|--|------------|---------|
| | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьший | наибольший | средний | наименьший | наибольший | средний |
| | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 52,5 | 159,7 | 102,5 | Самоизлив 6,4 | 43,5 | 14,7 | 3,7 | 5,6 | 4,6 | 2,0 | 46,1 | 16,8 |

4. Меловой водоносный горизонт представлен трещиноватым мелом, мергелем и сеноманскими песками. Сеноманские пески залегают под мелом и распространены в юго-западной части Орловской, по всей Курской (за исключением крайнего северо-востока), в восточной части Тамбовской и в южной части Воронежской областей.

На территории этих областей мел местами смыт и сеноманские пески выступают на поверхность земли, в особенности по долинам рек.

Южнее линии Рыльск—Старый Оскол сеноманские пески уходят глубже дна рек. Глубины воды в скважинах увеличиваются к Валуйкам и Белгороду до 80—90 м. Качество воды вполне удовлетворительное.

Мел широко распространён в центральных и юго-западных районах Курской и в юго-западной части Воронежской областей.

Мощность водоносного горизонта увеличивается с северо-востока на юго-запад (от 100 м в Старом Осколе до 270 м в Белгороде). В том же направлении происходит погружение всей толщи слоя (рис. 4); слой уходит ниже дна рек. К северу мел выходит на поверхность, толщина слоя его уменьшается, и он полностью дренируется овражно-балочной сетью. Вода содержится в трещинах, наиболее густая сеть которых имеется в поверхностных слоях мела и ближе к речным долинам. Поэтому и скважины более водообильны, когда они расположены на склоне долин и не слишком углублены в мел (не больше 20—30 м).

Дренируясь реками и оврагами, этот горизонт даёт по берегам их обильные источники с дебитом до 14,8 л/сек. (г. Белгород). Воды горизонта могут широко использоваться для орошения. Характеристика скважин, заложенных в горизонте, приведена в таблице 4.

Таблица 4

| Количество скважин | Глубина скважин (в метрах) | | | Глубина установленного уровня воды (в метрах) | | | Дебит (в м ³ /час) | | | Удельный дебит (в м ³ /час) | | |
|--------------------|----------------------------|------------|---------|---|------------|---------|-------------------------------|------------|---------|--|------------|---------|
| | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьший | наибольший | средний | наименьший | наибольший | средний |
| 107 | 29,22 | 165,2 | 71,05 | 3,35 | 93 | 32,85 | 0,4 | 40,5 | 6,6 | 0,07 | 38,95 | 4,65 |

5. Третичный водоносный горизонт (палеоген) развит в песках и трещиноватых песчаниках в южных, западных и центральных частях Курской области, в центральных и северных районах Воронежской и в западной половине Тамбовской области (Ергенинские разнородные пески).

Этот горизонт дренируется долинами рек и балок и даёт на склонах их многочисленные источники. Используется по преимуществу копаными колодцами глубиной от 3 до 15 м, с дебитом от 0,1 до 40 м³/час.

Горизонт может быть широко использован для орошения при помощи копанных колодцев и скважин.

Характеристика скважин, заложенных в Ергенинских песках, приведена в таблице 5.

Таблица 5

| Количество скважин | Глубина скважин (в метрах) | | | Глубина установившегося уровня воды (в метрах) | | | Дебит (в м ³ /час) | | | Удельный дебит (в м ³ /час) | | |
|--------------------|----------------------------|------------|---------|--|------------|---------|-------------------------------|------------|---------|--|------------|---------|
| | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьший | наибольший | средний | наименьший | наибольший | средний |
| 35 | 30 | 124,6 | 65,4 | 2,34 | 65 | 28,0 | 1,1 | 19,44 | 7,8 | 0,134 | 27 | 5,8 |

6. Четвертичный водоносный горизонт развит по всей территории района, преимущественно в песчаных (аллювиальных) отложениях вдоль речных долин. Используется копаными колодцами глубиной до 10—20 м с дебитом 0,5—5 м³/час.

В Орловской области воды этого горизонта встречаются в покровных суглинках, в Тамбовской области—в песках между слоями моренных глин и под ними. Глубина колодцев в долинах рек 3—5 м, а на водоразделах 10—40 м. Дебиты колодцев от 0,072 до 36 м³/час. Воды этого горизонта могут быть широко использованы для орошения, главным образом, при помощи копаных колодцев.

Характеристика скважин в флювио-гляциальных и древнеаллювиальных песчаных отложениях, развитых на территории Воронежской области, приведена в таблице 6.

Таблица 6

| Количество скважин | Глубина скважин (в метрах) | | | Глубина установившегося уровня воды (в метрах) | | | Дебит (в м ³ /час) | | | Удельный дебит (в м ³ /час) | | |
|--------------------|----------------------------|------------|---------|--|------------|---------|-------------------------------|------------|---------|--|------------|---------|
| | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьшая | наибольшая | средняя | наименьший | наибольший | средний | наименьший | наибольший | средний |
| 33 | 19,5 | 87 | 55,14 | 0,7 | 69 | 28,16 | 3,0 | 42 | 9,63 | 0,51 | 19,4 | 6,8 |

Сравнительная оценка отдельных водоносных горизонтов по средним данным приводится в таблице 7.

Таблица 7

| № водоносных горизонтов снизу вверх | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------------------------|-----------------|-------|-------|------|-------|
| | Средние данные скважин | | | | | |
| Средняя глубина скважин (в метрах) . . . | 80,55 | 128 | 102,5 | 71,05 | 65,4 | 55,14 |
| Средняя глубина установившегося уровня (в метрах) | 29,3 | самонив- лив | 14,5 | 32,85 | 28 | 28,16 |
| Средний удельный дебит (в м ³ /час). . . . | 9,02 | 21,4 | 16,8 | 4,65 | 5,8 | 6,8 |

Из таблицы видно, что средние удельные дебиты нижних горизонтов (1, 2 и 3) выше, чем верхних (4, 5, 6). Средние глубины также больше. Однако, как это видно из профилей (рис. 3, 4), отдельные скважины из нижних горизонтов могут иметь и малую глубину в местах выхода скважин на поверхность. Поэтому на детальных картах использования подземных вод для орошения следует наносить все скважины. В качестве возможного способа их нанесения нами разработан графический способ, показанный на схеме (рис. 6). Скважина обозначается пересечением двух линий. Вертикальная линия в масштабе 1 мм = 10 м обозначает глубину скважины, горизонтальная — дебит в 1 мм = 1 м³/час. Слева ставится номер скважины из списка, где даются более детальные данные о скважине, как-то: абсолютная отметка устья скважины, её глубина, дебит, уровень воды, мощность водоносного слоя и его состав и др. В обозначении скважины на карте учитывается и её отметка путём нанесения второй горизонтальной черты без номера, обозначающей абсолютную отметку 100 м. Можно взять и другую отметку, например, 200 м. Длина этой линии обозначает мощность водоносного слоя в масштабе 1 мм = 10 м. Трещиноватые породы показаны на карте сплошными линиями скважин, песчаные — пунктирными.

Таким образом, достаточно взглянуть на карту, чтобы получить представление, в каких районах какие глубины, дебиты, мощности и состав водоносных слоёв. Обозначение

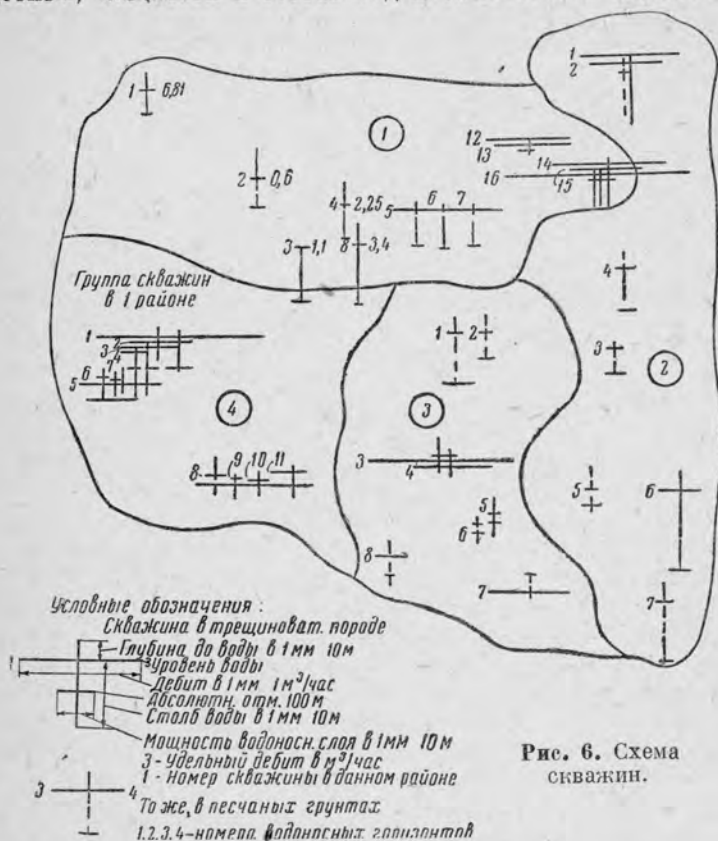


Рис. 6. Схема скважин.

ние также даёт представление о высотном положении этих скважин.

Имея такую карту масштаба 1 : 100 000 или ещё крупнее с достаточным числом скважин и зная, какие водоносные горизонты здесь распространены, легко составить представление о возможных дебитах и глубинах скважин.

Как правило, для орошения более подходящи верхние горизонты, так как они залегают на меньшей глубине. Нижние горизонты могут быть использованы для орошения только в районах их высокого залегания.

4. ВЫБОР МЕСТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ КОЛОДЦА

При использовании грунтовых вод для орошения необходимо строить новые колодцы. Возможные глубины и дебиты их можно определить при помощи таблиц 1—6 и карты (см. рис. 5). Следует также принимать во внимание глубины и уровни воды в соседних колодцах.

Если колодец *H* (рис. 7) располагать в аллювиальных отложениях, развитых вдоль реки или на широком водораз-



Рис. 7. Схема размещения существующего и проектируемого колодца в рельефе.

деле, недалеко от существующего колодца *C*, то глубина до воды в колодце *H* будет примерно такая же, как и в колодце *C*, с учётом разницы в высоте местности *h* и неоднородности грунта.

При расположении на склоне, где выходит источник *И*, уровень воды в проектируемом колодце *К* будет выше, чем в источнике. Это превышение h_1 определяется уклоном грунтовых вод к источнику, зависящим от расстояния и от состава пород водоносного горизонта.

Приближённо превышение h_1 в метрах может быть определено по таблице 8.

Таблица 8

| Состав водоносного горизонта | Расстояние от источника (в метрах) | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| | 50 | 100 | 300 | 500 | 1000 |
| | Повышение h_1 (в метрах) | | | | |
| Мелкозернистый песок | 2 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 5 |
| Среднезернистый » | 1 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 4 |
| Крупнозернистый » | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 |

Водоносный пласт в разных местах может быть неоднородным, что отражается на высоте уровня воды. Это можно учесть увеличением глубины проектируемого колодца при расстоянии от существующего колодца: в 250 м — на 1 м, от 250 до 1 000 м — на 2 м, более 1 000 м — на 3 м.

В трещиноватых породах могут быть и большие отклонения.

Пример. Колодец *K* (рис. 7) расположен на склоне в 400 м от источника *И*, который вытекает из среднезернистых песков. Превышение места закладки колодца *K* над источником *И* составляет +7,2 м. Поправка на уклон грунтового потока h_1 по таблице 8 равна —2,25 м, поправка на неоднородность грунта +2 м; при глубине подводящей части +2 м получим глубину колодца = $7,2 - 2,25 + 2 + 2 = 8,95$ м.

Если вблизи проектируемого колодца скважин и других колодцев нет, то признаками близкого залегания грунтовых вод могут быть:

- а) выходящие на поверхность земли источники;
- б) заболоченность местности и озёра, образуемые без участия стока поверхностных вод, оползни на склонах;
- в) наличие болотной и влаголюбивой растительности (мох, осока, трилистник и т. п.);
- г) яркозелёный цвет растительности на отдельных участках;
- д) появление кустарника и леса, в особенности ольхи, при несвойственности такой растительности данному району.

В овражных районах источники грунтовой воды чаще всего встречаются в вершинах оврагов. Если овраги подходят близко друг к другу, так что между ними остаётся дугообразный водораздел, то нахождение воды там на глубине, меньшей, чем глубина оврага, маловероятно.

5. РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД

Повышение и понижение уровня грунтовых вод происходит под влиянием атмосферных осадков, испарения, изменения температуры и атмосферного давления, а также вследствие изменения уровня воды в реках, озёрах и прудах, с которыми бывают связаны подземные воды. Наибольшим колебаниям подвержены воды верхних горизонтов, наименьшим — воды глубоких пластов. Чем глубже за-

легают грунтовые воды, тем меньше на них влияют метеорологические причины и тем с большим запозданием проявляется это влияние.

При понижении уровня грунтовых вод уменьшается их количество, усложняется и удорожается водоподъём.

Знание режима грунтовых вод очень важно для определения запасов подземных вод и высоты водоподъёма, при использовании водоисточников в засушливые годы. Кроме того, знание режима вод важно для определения общих запасов вод в районе и их убыли или прибыли. Режим вод служит показателем, как работает водоисточник, и в случае прекращения подачи воды помогает установить его причину; поэтому по меньшей мере раз в сезон следует замерять уровень воды в колодцах.

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СОВМЕСТНО С ПОВЕРХНОСТНЫМИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Как видно из всего вышеизложенного, основным источником воды для орошения являются поверхностные воды (ливневые и талые), которые следует накапливать в прудах в непосредственной близости от орошаемых полей.

Однако в некоторых районах, например, на юге Тульской области, на севере Орловской области, часто встречаются места, где много карстовых воронок; в других районах (на юге Воронежской и Курской областей) имеются площади, покрытые песками или сильно трещиноватыми горными породами, фильтрующими воду и затрудняющими устройство прудов. Большую фильтрационную способность этих площадей следует использовать для спуска в грунтовые воды стекающих по поверхности ливневых и талых вод, чтобы таким образом повысить уровень грунтовых вод, который в ряде мест на водораздельных участках стоит довольно низко. Это будет способствовать более равномерному питанию рек и увеличит возможность эксплуатации подземных вод. Устройство прудов и инфильтрация ливневых вод в грунт значительно уменьшат смыв почвы и образование оврагов.

В качестве местных источников орошения, кроме рек и прудов, могут служить буровые и копаные колодцы,

оборудованные более мощными (по сравнению с до сих пор устанавливаемыми) насосами.

Основным назначением буровых и копанных колодцев является водоснабжение населённых пунктов или полевых бригад, хотя при этом колодцы не всегда будут использованы на полную мощность. В поливной период их можно использовать для орошения в течение круглых суток и на полную их мощность.

Копанные колодцы обычно используют воду первого от поверхности водоносного горизонта, буровые—воду одного или нескольких из нижележащих горизонтов.

Из шести водоносных горизонтов, о которых говорилось выше, наиболее водообильны и обладают высоким уровнем воды нижние горизонты, но они требуют скважин глубиной более 100 м. Менее водообильны и с более низким уровнем воды—средние горизонты, которые вскрываются скважинами на глубине 50—70 м и дренируются в долинах и руслах рек. Верхний водоносный горизонт эксплуатируется копаными колодцами глубиной в 10—20 м.

Средний удельный дебит скважин верхних водоносных горизонтов (таблица 7, горизонты 4, 5, 6) колеблется от 4,65 до 6,8 м³/час, при глубине воды в скважине около 30 м. Если принять понижение уровня при откачке из скважины в 6 м, то дебит скважины будет:

$$\frac{4,65 + 5,8 + 6,8}{3} \times 6 = 34,5 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Приняв поливной период в 10 дней и норму полива в 400—800 м³ на 1 га, получим, при круглосуточной работе скважины, площадь полива из одной скважины:

$$\frac{34,5 \times 24 \times 10}{600} = \text{около } 14 \text{ га.}$$

Это доказывает полную реальность орошения за счёт подземных вод совместно с поверхностными.

Так как поливные участки, как требующие большей затраты труда, чем неполивные, обычно стараются располагать ближе к населённым пунктам, то в очень большом числе случаев скважину можно будет строить с расчётом использования её, хотя бы и не на полную мощность, для водоснабжения. Эти скважины оборудуются мощными

насосами и в поливной период используются круглые сутки с максимальным понижением для орошения. Так, например, по Среднерусской возвышенности при понижении в 15 м можно ожидать дебиты до 100 и более м³/сутки.

Этот дебит достаточен для полива 40 га. Примерная стоимость полива 1 га тогда будет около 200 рублей, что уже может конкурировать с поливом из поверхностных источников при далёком их расположении от поливных участков.

О Г Л А В Л Е Н И Е

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| 1. Характеристика верхних пластов горных пород, развитых на территории Среднерусской возвышенности | 4 |
| 2. Учёт паводковых и ливневых вод | 7 |
| 3. Подземные воды Среднерусской возвышенности | 9 |
| 4. Выбор места и определение глубины колодца | 18 |
| 5. Режим грунтовых вод | 19 |
| 6. Использование подземных вод совместно с поверхностными для орошения и водоснабжения | 20 |

Редактор *А. Н. Виноградов*
Технический редактор *Д. Г. Моисеенко*

Подписано в печать 9/VI 1948 г. Формат
бумаги 84×108¹/₃₂. В 1 печ. л. 35000 зн.
1,5 печ. л. 1,15 уч.-изд. л. А 03810.
Тираж 10000 экз. Цена 35 коп.
Заказ № 466

16-я типография треста «Полиграфкни-
га» Огиза при Совете Министров СССР
Москва, Трёхпрудный пер., 9