

# Лекция 5

**Тема:** Водные балансы озер и водохранилищ

# Водный баланс водохранилища

□ Водные балансы водохранилищ составляются за декадный, месячный и годовой интервалы времени и имеют вид:

$$Q_{\Pi} + Q_{\text{п.подз.}} + Q_{\text{сбр.}} + P - (Q_o + Q_{\text{гр.}} + Q_{\text{заб.}} + E_{\text{вдхр.}}) = \\ = \Delta S_{\text{вдхр.}} + \Delta S_{\text{русл.}} + \Delta G + \Delta S_{\text{сн.}} \pm \eta$$

$Q_{\Pi}$  – приток в водохранилище поверхностных (речных) вод

$Q_{\text{п.подз}}$  – приток подземных вод, не дренируемых реками

$Q_{\text{сбр}}$  – возвратные (сбросные) воды, т. е. воды, непосредственно поступающие в водохранилище (минуя реки, сток которых учитывается элементом  $Q_{\Pi}$ ) после использования на орошение земель, водоснабжение населенных пунктов и т. д.

$P$  - осадки, выпадающие на зеркало водохранилища

$Q_o$  - воды из водохранилища через сооружения замыкающего гидроузла (турбины, водосливные отверстия, шлюзы, рыбоходы, бревноспуски, ледосбросы, а также потери воды на утечку и фильтрацию через эти сооружения)

## *Водный баланс водохранилища (2)*

$Q_{\text{гр.}}$  - отток воды подземным путем (фильтрация) через борта и ложе водохранилища в нижний бьеф ГЭС (в обход сооружений замыкающего гидроузла)

$Q_{\text{заб}}$  – забор воды из водохранилища на орошение, водоснабжение и т. д.

$E_{\text{вдхр.}}$  - испарение с зеркала водохранилища

$\Delta S_{\text{вдхр.}}$  – изменение запаса воды в чаше водохранилища за расчетный интервал времени

$\Delta S_{\text{русл.}}$  – изменение запаса воды в устьевой части русел основных впадающих в водохранилище рек (в зоне влияния подпора ниже замыкающих гидрометрических створов)

$\Delta G$  - водообмен с грунтами ложа и берегов водохранилища

$\Delta S_{\text{сн.}}$  - изменение запаса воды в водохранилище за счет оседания на берегах зимой (при сработке) и всплывания весной (при наполнении водохранилища) льда и покрывающего его снега

$\eta$  - невязка водного баланса

## *Методические рекомендации по расчету элементов водного баланса водохранилищ (2)*

$Q_{\text{п}}$  - приток поверхностных вод оценивается по данным измерений стока на основной реке и других водотоках, впадающих в водохранилище.

$Q_{\text{п.подз.}}$  - приток подземных вод определяется по данным гидрогеологической съемки и наблюдений, выполнявшихся в период строительства гидроузла и ведущихся во время эксплуатации водохранилища.

$Q_{\text{сбр.}}$  – сброс учитывается лишь в случаях, когда они сбрасываются непосредственно в водохранилище или его притоки (ниже г/м створов) после их использования на хозяйственные нужды

$P$  - осадки, выпадающие на зеркало водохранилища в жидком виде, определяются по данным наблюдений островных и береговых осадкомерных пунктов, а в твердом виде ( снег) - по материалам береговых метеопунктов

## *Методические рекомендации по расчету элементов водного баланса водохранилищ (2)*

$Q_0$  - отток воды из водохранилища оценивается по данным учета стока на ГЭС, а в случаях если этот учет не налажен, - по материалам наблюдений на гидрометрическом створе, расположенном на реке ниже ГЭС

$\Delta G$  - фильтрация воды из водохранилища в нижний бьеф ГЭС через берега и ложе в обход сооружений замыкающего гидроузла определяется по данным специальных гидрогеологических исследований и расчетов, выполняемых за период, предшествующий заполнению водохранилища, или во время его эксплуатации

$Q_{\text{заб.}}$  – забор воды из водохранилища на хозяйственные нужды оценивается по данным организаций, эксплуатирующих соответствующие водозаборные сооружения

## *Методические рекомендации по расчету элементов водного баланса водохранилищ (3)*

$E_{\text{вдхр.}}$  - расчет испарения с поверхности водохранилищ обычно производится по формуле

$$E_{\text{вдхр.}} = 0,14n (e_0 - e_2)(1 + 0.72u_2),$$

$e_0$  - среднее значение максимальной упругости водяного пара, вычисленное по температуре поверхности воды в водоеме, мбар

$e_2$  - среднее значение упругости водяного пара (ранее - абсолютной влажности воздуха) над водоемом на высоте 200 см, мбар

$u_2$  - среднее значение скорости ветра над водоемом на высоте 2 м, м/с

$n$  - число суток в расчетном интервале времени

$\Delta S_{\text{вдхр.}}$  и  $\Delta S_{\text{русл.}}$  - аккумуляционные компоненты водного баланса рассчитываются по разности их значений на начало и конец рассматриваемого интервала времени (декада, месяц, год).

□ Объемы воды в чаше водохранилища  $\Delta S_{\text{вдхр.}}$  на заданные моменты времени определяются по кривой зависимости объема  $V_{\text{вдхр.}}$  от уровня воды  $h$

## *Водные балансы озер*

□ Уравнение водного баланса проточных озер имеет вид

$$Q_{\Pi} + Q_{\text{п.подз.}} + Q_{\text{заб.}} + P - (Q_o + Q_{\text{гр.}} + Q_{\text{сбр.}} + E_{\text{оз.}}) = \Delta S_{\text{оз.}} + \Delta G \pm \eta$$

□ В отличие от уравнения водного баланса для водохранилища в этом уравнении отсутствуют составляющие  $\Delta S_{\text{русл.}}$  и  $\Delta S_{\text{сн}}$ , значения которых для озер весьма малы

$Q_o$  - характеризует отток из озера поверхностных (речных) вод

$Q_{\text{гр.}}$  – отток подземных вод за пределы бассейна озера

*Остальные обозначения - прежние (с той лишь разницей, что относятся к озеру, а не к водохранилищу)*

□ Уравнение водного баланса бессточных озер отличается от общего уравнения водного баланса для озер лишь отсутствием элемента  $Q_o$  (поверхностного стока из озера) и имеет вид

$$Q_{\Pi} + Q_{\text{п.подз.}} + Q_{\text{заб.}} + P - (Q_{\text{гр.}} + Q_{\text{сбр.}} + E_{\text{оз.}}) = \Delta S_{\text{оз.}} + \Delta G \pm \eta$$

## *Методические рекомендации по расчету элементов водного баланса водохранилищ*

- Для крупных, а в ряде случаев для средних и малых озер значения элементов  $Q_{n.подз}$ ,  $Q_{гр}$  и  $\Delta G$  в сравнении с другими элементами баланса невелики и ими можно пренебречь без существенных погрешностей
- Например, составляющие  $Q_{n.подз}$ ,  $Q_{гр}$  и  $\Delta G$  могут быть близки к нулю для озер, дно и берег которых сложены водонепроницаемыми породами, и для мелководных озер, не дренирующих подземные водоносные горизонты
- При отсутствии забора воды из озера на хозяйственные нужды и их сброса составляющие  $Q_{заб}$  и  $Q_{сбр.}$  равны нулю. Малы они также и в случаях, когда безвозвратные потери невелики по сравнению с водопотреблением, т. е., когда объем сбрасываемых в озеро вод примерно равен водозабору



## *Методические рекомендации по расчету элементов водного баланса водохранилищ (2)*

□ В случаях, когда средние значения уровня воды в озере в начале и конце расчетного периода одинаковы, составляющая  $\Delta S_{\text{оз}} = 0$ .

□ В этом случае уравнения баланса при достаточно надежном определении их составляющих ( $\eta = 0$ ) будут иметь вид:

$$Q_{\text{п}} + P - (Q_0 + E_{\text{оз.}}) = 0$$

$$Q_{\text{п}} + P - E_{\text{оз.}} = 0$$

□ Они могут быть использованы для определения одного из наименее изученных элементов баланса, например, испарения

□ Этим способом норма годового испарения рассчитывается, например, для Каспийского и Аральского морей.

## *Вопросы:*

1. Какие основные элементы уравнения водного баланса водохранилищ?
2. Какие существуют методические рекомендации по оценке элементов водного баланса водохранилищ?
3. Какие факторы учитывает формула для расчета испарения воды с поверхности озера?
4. Как определяется объем воды в чаше водохранилища?
5. Какие составляющие не входят в уравнение водного баланса озер по сравнению с уравнением водного баланса водохранилищ?
6. Какими элементами можно пренебречь при расчетах уравнения водного баланса для крупных озер?
7. К какой величине приравнивается невязка уравнения водного баланса озер при расчетах за многолетний цикл?

**Спасибо за внимание!**