

Лекция 1

Тема: Общие сведения о методе водного баланса, его научном и практическом значении.
Уравнение водного баланса общего вида и его/практическое применение

Литература

1. Методы изучения и расчета водного баланса

Авторы книги// Редколлегия издания: В. С. Вуглинский, Г. С. Клейн, |И. Н. Образцов, Г. А. Плиткин, А. А. Соколов (председатель)

Уравнения водного баланса

1. История вопроса
2. Уравнение водного баланса:

□ *Для речного бассейна* за отдельные годы

$$Q = P - E \pm S$$

где Q – речной сток; P – осадки; E – испарение; $\pm S$ – накопление или расходование влаги в речном бассейне

□ *Для океанов и морей в целом*

$$P_{M.ок} = E_{M.ок} - Q = E_{M.ок} - V_{M.ок} + V_c = E_{M.ок} - (V_{M.ок} - V_c)$$

□ *Для всей суши*

$$P_c = E_c + Q = E_c + V_{M.ок} - V_c = E_c + (V_{M.ок} - V_c)$$

где $P_{M.ок}$ и P_c – годовое количество осадков соответственно над Мировым океаном (океанами и морями) и над сушей; $E_{M.ок}$ и E_c – годовое значение испарения соответственно с Мирового океана и с суши; Q — годовое количество воды, приносимой реками в океан и моря; $V_{M.ок}$ и V_c – годовое количество водяных паров в атмосфере, переходящих с океанов на сушу $V_{M.ок}$ и с суши на океан V_c .

Современный метод расчетов водного баланса Земного шара

□ *Для всего Земного шара*

$$P = P_{M,ок} + P_c = P_{M,ок} + P_{c,пер} + P_{c,б} = E_{M,ок} + E_{c,пер} + E_c = E_{M,ок} + E_c = E$$

□ *Для Мирового океана* $P_{M,ок} = E_{M,ок} - Q_{c,пер}$

□ *Для периферийной части суши, имеющей сток в Мировой океан*

$$P_{c,пер} = E_{c,пер} + Q_{c,пер}$$

□ *Для замкнутых областей суши, не имеющих стока в Мировой океан*

$$P_{c,б} = E_{c,б}$$

□ *Для всей суши* $P_c = P_{c,пер} + P_{c,б} = E_{c,пер} + E_{c,б} + Q_{c,пер} = E_c + Q_{c,пер}$

где P и E — годовые осадки и испарение с поверхности всего земного шара;
 $P_{c,пер.}$ и $E_{c,пер.}$ — годовые осадки и испарение с периферийной части суши (области внешнего стока, т. е. стока в Мировой океан); $P_{c,б.}$ и $E_{c,б.}$ — годовые осадки и испарение в пределах внутренних («бессточных») областей; $Q_{c,пер.}$ — приток речных вод в Мировой океан (с периферийной части суши); остальные обозначения — прежние.

Условия применимости уравнений

□ Эти уравнения справедливы лишь в среднем для многолетнего периода, но не для отдельных лет, так как предполагают отсутствие переходящих из года в год запасов воды на суше и в Мировом океане

□ Для отдельных лет, строго говоря, эти уравнения должны быть дополнены так называемыми «аккумуляционными» составляющими водного баланса, которые в настоящее время неизвестны и вряд ли могут быть оценены надежно из-за недостаточности исходной информации и малой точности их определения для огромных территорий суши и океана

Уравнения водного баланса, учитывающие сток подземных вод

$$P = Q_{\text{пов}} + Q_{\text{подз}} + E$$

$$W = P - Q_{\text{пов}} = Q_{\text{подз}} + E$$

$$K_{\text{подз}} = \frac{Q_{\text{подз}}}{W}$$

$$K_{\text{исп}} = \frac{E}{W}$$

где P и E — соответственно средние годовые значения атмосферных осадков и суммарного испарения; $Q_{\text{пов.}}$ и $Q_{\text{подз.}}$ — поверхностная и подземная составляющие общего речного стока $Q = Q_{\text{пов.}} + Q_{\text{подз.}}$; W — валовое увлажнение территории; $K_{\text{под.}}$ и $K_{\text{исп.}}$ - соответственно «коэффициент питания рек подземными водами» и «коэффициент испарения».

Общие сведения о методе водного баланса

- В основе метода водного баланса лежит учет всех приходных, расходных и аккумуляционных его элементов
- Количественный учет в общем виде основан на следующем важнейшем равенстве:

Для любого объема пространства V , ограниченного произвольной поверхностью, разность между количествами воды, поступившей внутрь его ($\Sigma_{\text{прих.}}$) и вышедшей наружу ($\Sigma_{\text{расх.}}$), должна равняться увеличению (накопление, аккумуляция, прибыль) или соответственно уменьшению (расходование, сработка, убыль) количества ее (ΔS) внутри данного объема:

$$\Sigma_{\text{прих}} - \Sigma_{\text{расх}} = \Delta S$$

Это равенство справедливо для любого произвольно взятого объема и для любого промежутка времени. Практически расчеты водных балансов чаще всего производятся для речных бассейнов, озер и водохранилищ.

Виды водного баланса

- В зависимости от поставленных задач и имеющихся данных водные балансы могут быть полными (детальными) или частными (приближенными).
- *Полный водный баланс* - баланс, охватывающий все статьи прихода (осадки, приток речных и подземных вод и др.), расхода (испарение, отток воды и др.) и изменения запаса воды на поверхности и в толще изучаемого природного объекта.
- *Частный водный баланс* – это баланс, когда один или несколько (суммарно) элементов водного баланса не могут быть измерены и определяются путем расчета как остаточный член уравнения водного баланса (по разности всех других элементов, измеряемых в натуре для данного объекта).

Общий вид уравнения водного баланса

□ Общий вид уравнения водного баланса за любой промежуток времени составляется для:

- произвольно выбранной части территории суши площадью A и объемом V , ограниченной сверху поверхностью раздела суши или атмосферы, с боков — вертикальной цилиндрической поверхностью, проходящей через внешнюю границу (контур) площади A , а снизу — кровлей водоупорных пород, подстилающих водоносную толщу почво-грунтов зоны интенсивного водообмена, т. е. зоны, дренируемой гидрографической сетью, находящейся в пределах данной части территории.

Общий вид уравнения водного баланса (2)

□ Уравнение водного баланса для участка объемом V в общем случае может быть записано в виде

$$P + C + Q_{\text{п}} + Q_{\text{п. подз}} - (E_{\text{соб}} + Q_0 + Q_{0. \text{ подз}}) = S_2 - S_1$$

$$P = \frac{1}{A} \int_T d\tau \int_A p da$$

- среднее значение слоя осадков для всей площади A и за весь период времени T (p — количество осадков, выпавших в единицу времени τ на единицу поверхности a)

$$C = \frac{1}{A} \int_T d\tau \int_A c da$$

- среднее значение слоя конденсации для всей площади A и за весь период времени T (c — количество воды, сконденсировавшейся в единицу времени τ на единицу поверхности a)

среднее для площади A значение слоя воды, поступающей в ее пределы за период времени T поверхностными водотоками (q_{ni} — объем воды, приносимой в единицу времени τ отдельным i -тым водотоком; n — число втекающих водотоков)

$$Q_{\text{п}} = \frac{1}{A} \int_T d\tau \sum_1^n q_{ni}$$

Общий вид уравнения водного баланса (3)

$$Q_{\text{п. подз}} = \frac{1}{A} \int_T d\tau \int_L q_{\text{п. подз}}$$

среднее значение слоя испарения для всей площади A и за весь период времени T ($e_{\text{соб}}$ — количество воды, испарившейся в единицу времени τ на единицу поверхности a)

$$Q_o = \frac{1}{A} \int_T d\tau \sum_1^m q_{oi}$$

среднее для площади A значение слоя воды, поступающей в ее пределы за период времени T путем подземного притока ($q_{\text{п. подз}}$ — объем воды, втекшей подземным путем на единицу длины периметра L в единицу времени τ)

$$E_{\text{соб}} = \frac{1}{A} \int_T d\tau \int_A e_{\text{соб}} da$$

среднее для площади A значение слоя воды, поступающей за ее пределы за период времени T поверхностными водотоками (q_{oi} — объем воды, уносимой в единицу времени τ отдельным i -тым водотоком; m — число оттекающих водотоков);

Общий вид уравнения водного баланса (4)

$$Q_{o. \text{ подз}} = \frac{1}{A} \int_T d\tau \int_L q_{o. \text{ подз}}$$

среднее для площади A значение слоя воды, поступающей за ее пределы за период времени T подземным стоком ($q_{o. \text{ подз}}$ — объем воды, вытекшей подземным путем на единицу длины периметра L в единицу времени τ)

среднее для площади A значение слоя убыли влаги в объеме V за период времени T (s_1 — значение убыли воды в единицу времени τ на единицу поверхности a)

$$S_1 = \frac{1}{A} \int_T d\tau \int_A s_1 da$$

$$S_1 = \frac{1}{A} \int_T d\tau \int_A s_1 da$$

среднее для площади A значение слоя прибыли влаги в объеме V за период времени T (s_2 — значение при были воды в единицу времени τ на единицу поверхности a)

Общий вид уравнения водного баланса (5)

Для практического использования уравнение удобнее записывать в виде

$$P - (E_{\text{соб}} - C) - (Q_0 - Q_{\text{п}}) - (Q_{\text{о. подз}} - Q_{\text{п. подз}}) = \Delta S$$

или, вводя обозначения

$$E = E_{\text{соб}} - C; \quad Q_{\text{м}} = Q_0 - Q_{\text{п}} \quad \text{и} \quad Q_{\text{м. подз}} = Q_{\text{о. подз}} - Q_{\text{п. подз}}$$

Получим в виде
$$P - E - Q_{\text{м}} - Q_{\text{м. подз}} = \Delta S$$

Величина ΔS , представляющая собой разность между прибылью S_2 и убылью S_1 воды в объеме V за период времени T , характеризует увеличение запаса воды в этом объеме в случае $S_2 > S_1$ и, наоборот, уменьшение его при $S_2 < S_1$.

Общий вид уравнения водного баланса (6)

Для территорий, в пределах которых отсутствуют водохранилища и пруды, величина ΔS представляет собой алгебраическую сумму изменений запасов воды в сезонном снежном покрове $\Delta S_{\text{сн.}}$, наледях, ледниках и многолетних снежниках $\Delta S_{\text{ледн.}}$, в озерах $\Delta S_{\text{оз.}}$ и болотах $\Delta S_{\text{бол.}}$, в русловой сети $\Delta S_{\text{русл.}}$, в зоне аэрации почвогрунтовой толщи ΔM , в водоносных слоях ΔG , дренируемых гидрографической сетью данной территории, т. е.

$$\Delta S = \Delta S_{\text{сн}} + \Delta S_{\text{ледн}} + \Delta S_{\text{оз}} + \Delta S_{\text{бол}} + \Delta S_{\text{русл}} + \Delta M + \Delta G$$

При наличии прудов и водохранилищ в величину ΔS должно включаться также изменение запасов воды в этих прудах и водохранилищах $\Delta S_{\text{пр. вдхр.}}$

Спасибо за внимание!