Лекция 1

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

Курс «Водно-балансовые исследования»

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; **± S** – накопление или расходование влаги в речном бассейне

- ***Для океанов и морей в целом***

$$P_{м.ок} = E_{м.ок} - Q = E_{м.ок} - V_{м.ок} + V_с = E_{м.ок} - (V_{м.ок} - V_с)$$

- ***Для всей суши***

$$P_с = E_с + Q = E_с + V_{м.ок} - V_с = E_с + (V_{м.ок} - V_с)$$

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

Современный метод расчетов водного баланса Земного шара

- ***Для всего Земного шара***

$$P = P_{\text{М. ок}} + P_{\text{с}} = P_{\text{М. ок}} + P_{\text{с. пер}} + P_{\text{с. б}} = E_{\text{М. ок}} + E_{\text{с. пер}} + E_{\text{с}} = E_{\text{М. ок}} + E_{\text{с}} = E$$

- ***Для Мирового океана*** $P_{\text{М. ок}} = E_{\text{М. ок}} - Q_{\text{с. пер}}$

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

$$P_{\text{с. пер}} = E_{\text{с. пер}} + Q_{\text{с. пер}};$$

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

$$P_{\text{с. б}} = E_{\text{с. б}};$$

- ***Для всей суши*** $P_{\text{с}} = P_{\text{с. пер}} + P_{\text{с. б}} = E_{\text{с. пер}} + E_{\text{с. б}} + Q_{\text{с. пер}} = E_{\text{с}} + Q_{\text{с. пер}}$

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

$$P = Q_{пов} + Q_{подз} + E$$

$$W = P - Q_{пов} = Q_{подз} + E$$

$$K_{подз} = \frac{Q_{подз}}{W}$$

$$K_{исп} = \frac{E}{W}$$

где ***P*** и ***E*** — соответственно средние годовые значения атмосферных осадков и суммарного испарения; $Q_{пов.}$ и $Q_{подз.}$ — поверхностная и подземная составляющие общего речного стока $Q = Q_{пов} + Q_{подз.}$;

W — валовое увлажнение территории;

$K_{под.}$ и $K_{исп.}$ - 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 **($\Sigma_{прих.}$)** и вышедшей наружу **($\Sigma_{расх.}$)**, должна равняться увеличению (накопление, аккумуляция, прибыль) или соответственно уменьшению (расходование, сработка, убыль) количества ее **(ΔS)** внутри данного объема:*

$$\sum_{прих} - \sum_{расх} = \Delta S$$

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

$$P + C + Q_{п} + Q_{п.\,подз} - (E_{соб} + Q_{о} + Q_{о.\,подз}) = S_2 - S_1$$

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

- 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)

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

Общий вид уравнения водного баланса (3)

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

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

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

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

$$Q_0 = \frac{1}{A}\int_T d\tau \sum_1^m q_{0i}$$

среднее для площади ***A*** значение слоя воды, поступающей за ее пределы за период времени ***T*** поверхностными водотоками (q_{0i} — объем воды, уносимой в единицу времени ***τ*** отдельным ***i***-тым водотоком; ***m*** — число оттекающих водотоков);

Общий вид уравнения водного баланса (4)

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

среднее для площади ***A*** значение слоя воды, поступающей за ее пределы за период времени ***T*** подземным стоком (***$q_{0.\ подз.}$*** — 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***)

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

$$S_2 = \frac{1}{A}\int_T d\tau \int_A s_2\, da$$

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

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

или, вводя обозначения

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

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

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

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 $\Delta S_{сн..}$, наледях, ледниках и многолетних снежниках $\Delta S_{ледн.}$, в озерах $\Delta S_{оз.}$ и болотах $\Delta S_{бол.}$, в русловой сети $\Delta S_{русл.,}$ в зоне аэрации почвогрунтовой толщи ΔM, в водоносных слоях Δ*G,* дренируемых гидрографической сетью данной территории, т. е.

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

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

Спасибо за внимание!