

Лекция 3

Тема: Водные балансы речных бассейнов.
Общие положения. Расчетные уравнения.
Основы методики определения элементов
водного баланса

«Детальное» или «приближенное» уравнения

- *Детальные* календарные водные балансы и балансы за фазы гидрологического режима (половодье, паводки, межень) составляются для наиболее полно освещенных гидрометеорологическими наблюдениями средних, малых и некоторых больших речных водосборов, расположенных в разных природных зонах
- *Приближенные* календарные водные балансы рассчитываются за месяцы, сезоны и годы, как правило, для водосборов больших рек - Иртыша и др.

«Детальное» уравнение водного баланса для речного бассейна

$$P + Q_{\text{перобр. н}} + Q_{\text{сбр}} - Q_{\text{нов}} - Q_{\text{подз.}} - Q_{\text{заб.}} - Q_{\text{перобр. о}} - E = \\ \Delta S_{\text{сн.ледн.}} + \Delta S_{\text{оз.}} + \Delta S_{\text{вдхр.}} + \Delta S_{\text{бол.}} + \Delta S_{\text{русл.}} + \Delta M + \Delta G \pm \eta$$

P - атмосферные осадки

$Q_{\text{перобр. н}}$ - переброска воды из других бассейнов

$Q_{\text{сбр}}$ - воды, поступающие в реку после хозяйственного использования

$Q_{\text{нов}}$ - поверхностная составляющая речного стока в замыкающем створе реки

$Q_{\text{подз}}$ - подземная составляющая речного стока в замыкающем створе

$Q_{\text{заб.}}$ - забор воды из реки на хозяйственные нужды

$Q_{\text{перобр. о}}$ - переброска (отведение) воды в другие бассейны

E - суммарное испарение (и конденсация)

$\Delta S_{\text{сн.ледн.}}$ - изменения запасов воды в снеге, ледяной корке, наледях, ледниках и др.

$\Delta S_{\text{оз.}}$ - изменение запаса воды в озерах

$\Delta S_{\text{вдхр.}}$ - тоже в водохранилищах и прудах

$\Delta S_{\text{бол}}$ - тоже в болотах

$\Delta S_{\text{русл.}}$ - тоже в русловой сети

ΔM - изменение влагозапасов в зоне аэрации бассейна

ΔG - изменение запаса воды в дренируемых рекой водоносных слоях бассейна

η - остаточный член или «невязка» водного баланса, включающая неучтенные элементы баланса (например, «горизонтальные» осадки, изменение запасов воды в биомассе и т. д.) и погрешности учитываемых элементов баланса.

«Приближенное» уравнение водного баланса для речного бассейна

$$P + Q_{\text{перебр.п}} + Q_{\text{сбр}} - Q - Q_{\text{заб.}} - Q_{\text{перебр.о}} - E - \Delta S_{\text{сн.ледн.}} - \Delta S_{\text{оз.}} - \Delta S_{\text{вдохр.}} - \Delta S_{\text{бол}} = \Delta S_{\text{позд.,русл.,}\eta} = \Delta M + \Delta G + \Delta S_{\text{русл.}} \pm \eta$$

Q - общий сток в замыкающем створе реки

$\Delta S_{\text{позд.,русл.,}\eta}$ - изменение запасов воды в почвогрунтах зон аэрации и насыщения бассейна, в русловой сети, а также другие неучтенные элементы водного баланса и погрешности определения учитываемых составляющих

- Принципиальное различие между уравнениями состоит в том, что в «детальном» уравнении составляющие ΔM , ΔG и $\Delta S_{\text{русл}}$ определяются независимым путем (по данным фактических измерений влажности почвогрунтов, уровней грунтовых вод, уровней и расходов воды в реках), а во втором - рассчитываются суммарно методом водного баланса (совместно с невязкой η).

Определение атмосферных осадков

- Атмосферные осадки P определяются по данным их измерений наиболее распространенными на сети станций и постов осадкомерами Третьякова и другими приборами: пювниографами, осадкомерами ГГИ-3000 и ГГИ-500, суммарными осадкомерами
- Осадки, измеренные осадкомерами Третьякова P_o , исправляются путем введения трех поправок:

$$P = P_o + \Delta P_{смач.} + \Delta P_{вет.} + \Delta P_{исп.}$$

P_o – осадки, измеренные осадкометром Третьякова

$\Delta P_{смач}$ – поправка на смачивание осадкомерного ведра

$\Delta P_{вет}$ – поправка на недоучет осадков под влиянием ветра

$\Delta P_{исп.}$ – поправка на потери на испарение

Оценки поправок к осадкам

□ **Поправка $\Delta P_{смач}$** , обусловленная потерями собранных осадков на смачивание внутренней поверхности осадкомерного ведра, составляет в среднем **0,2 мм** для жидких и смешанных осадков и **0,1 мм** - для твердых осадков на каждый случай их измерения (при слое 0,05 мм и более).

С января 1966 г. эта поправка вводится в данные измерений осадков непосредственно на станциях и постах

□ **Поправка $\Delta P_{вет}$** может быть рассчитана по уравнению

$$\Delta P_{вет} = (K_2 - 1)P_o = BP_o$$

K_2 - ветровой поправочный коэффициент

B - относительное значение ветровой поправки (в долях измеренной их суммы P_o)

□ В практике расчетов поправка $\Delta P_{вет}$ учитывается через ветровые коэффициенты ($K_{ж}$, $K_{тв.}$, $K_{см.}$) и относительные поправки ($B_{ж}$, $B_{тв.}$, $B_{см.}$).
Формулы для расчета этих коэффициентов приводятся в справочной литературе.

□ При расчетах по «приближенным» уравнениям водного баланса учитывается лишь одна поправка к осадкам – поправки на смачивание.

Оценки поправок к осадкам (2)

Поправка $\Delta P_{исп.}$ обусловлена потерями осадков, собранных в ведре осадкомера, на испарение за время между окончанием дождя и сроком измерения. Для расчета этой поправки рекомендуется формула

$$\Delta P_{исп.} = E'n$$

E' - среднее суточное испарение жидких осадков из осадкомера за день с осадками, определяемое как функция

$$E' = f(d, U_2)$$

d – среднемесячный дефицит влажность воздуха

U_2 – среднемесячная скорость ветра, определяемая по справочнику

n – число суток с осадками в данном месяце

Для твердых осадков можно принимать поправку на испарение, равную 4% от измеренного их значения.

Оценка речного стока

- Сток с речного бассейна определяется по данным измерений в замыкающем гидрометрическом створе реки
- Подземная составляющая стока $Q_{подз.}$ определяется путем расчленения гидрографа стока, а поверхностная $Q_{пов}$ - по разности общей Q и подземной $Q_{подз}$ его составляющей
- В случае отсутствия гидрогеологических и других данных, необходимых для расчленения гидрографов стока, можно использовать в качестве подземной составляющей устойчивые наименьшие расходы воды в периоды зимней и летней межени

Оценка суммарного испарения

- Существуют различные методы и приборы для измерения испарения (лизиметры, испарители и т. д.) и расчета испарения
- В большинстве случаев имеющейся информации бывает недостаточно для надежной оценки испарения с участков каждого вида ландшафта, поэтому оно определяется расчетным путем в целом для всего речного водосбора
- При расчетах суммарного испарения за короткие интервалы времени (месяц, декада, сутки) могут быть использованы методы водного и теплового баланса, турбулентной диффузии (аэродинамический), обобщенный комбинированный метод (на основе уравнения теплового баланса и уравнений турбулентного переноса тепла и влаги) и др.
- В практике составления текущих водных балансов речных водосборов наибольшее распространение получили расчетные методы

Оценка суммарного испарения

□ В соответствии с методом Константинова, месячные и декадные значения испарения с поверхности суши определяются по формуле

$$E_{c.соб.} = E'_{c.соб.} n$$

$E'_{c.соб.}$ - средняя суточная интенсивность испарения в данном расчетном периоде -декаде, месяце, мм/сут

n - количество суток в расчетном периоде (декада, месяц).

Величина $E'_{c.соб.}$ определяется по таблицам в зависимости от исправленных значений температуры T и абсолютной влажности воздуха - e

Оценка запасов воды в снеге, наледях, ледниках и снежниках

- Учет изменений запасов воды в наледях, ледниках и снежниках $\Delta S_{нал..}$ *ледн.* производится обычно лишь при специальных исследованиях, а оценка изменений запасов воды в сезонном снежном покрове $\Delta S_{сн.}$ производится при расчетах всех видов водных балансов речных бассейнов
- На станциях и постах в зимне-весенний период проводятся маршрутно-ландшафтные снегомерные съемки на заранее выбранных постоянных лесных и полевых маршрутах, а также в овражно-балочной сети
- Эти измерения позволяют оценить запасы воды в снежном покрове (и ледяной корке) на перечисленных видах ландшафта в дни измерений и рассчитать их изменения за месяц или сезон
- Средние по площади значения снегозапасов и их изменений для однородных в физико-географическом отношении речных водосборов или их частей определяются методом среднего взвешенного с учетом различия в снегозапасах на разных видах ландшафта и занимаемых ими площадей

Оценка запасов воды в озерах, водохранилищах и прудах

- Запасы воды в озерах $\Delta S_{оз}$, водохранилищах $\Delta S_{вдхр.}$ и прудах $\Delta S_{пр.}$ оцениваются по данным уровенных наблюдений и кривым зависимости объемов воды V от уровня $V = f(h)$
- Изменение запаса воды в водоеме оценивается по разности объемов в конце и начале расчетного периода
- В целом для речного водосбора изменение запасов воды вычисляется как сумма изменений объемов воды во всех учитываемых озерах и водохранилищах
- Для неизученных озер, водохранилищ и прудов расчеты могут производиться приближенно на основании данных изученных водоемов, принимаемых в качестве аналогов

Оценка запасов воды в русловой сети

- Изменения запасов воды в русловой сети $\Delta S_{русл}$ учитываются лишь для периодов подъема и спада половодья
- Объем воды в русловой сети подсчитывается отдельно в зависимости от величины реки
- Объемы воды в русловой сети **больших рек** в общем случае рассчитываются как произведение среднего на расчетном участке расхода воды на среднее время добегания
- Оценка запасов воды **в средней и мелкой русловой сети** производится суммарно по эмпирической формуле Р. А. Нежиховского по данным о значении среднего модуля стока в бассейне, среднему значению скорости течения и ряду эмпирических параметров
- Изменение общего запаса воды в русловой сети за расчетный период определяется по разности его значений на конец и начало периода
- Учет запасов воды в микропонижениях на поверхности водосбора при расчетах текущих водных балансов не производится, за исключением случаев, когда это необходимо для специальных исследовательских целей

Оценка запасов воды в почвогрунтах зоны аэрации

- Запасы воды в почвогрунтах зоны аэрации ΔM определяется по данным наблюдений за влажностью верхнего метрового слоя почвогрунтов на агрометеорологических станциях, а также на воднобалансовых станциях и пунктах опорной и массовой агроводнобалансовой сети
- Запасы влаги в зоне аэрации ниже верхнего метрового слоя почвогрунтов обычно не измеряются
- Влажность почвы на агрометеорологических станциях измеряется на участках, занятых под определенными сельскохозяйственными культурами
- При составлении текущих водных балансов среднее взвешенное значение влагозапасов и их изменений определяется с учетом различия во влажности почвогрунтов только для леса, луга и сельскохозяйственных угодий (как среднее арифметическое из данных для всех полей)

Оценка запасов подземных вод

□ Изменения запасов подземных вод ΔG определяются по данным уровенных наблюдений h в гидрогеологических скважинах и значениям коэффициентов водоотдачи μ_1 или коэффициентов недостатка насыщения μ_2 .

□ Для однородных частей водосбора эти изменения при понижении уровня грунтовых вод рассчитываются по формуле

$$\Delta G = \mu_1 \Delta h$$

□ При повышении уровня подземных вод - по формуле

$$\Delta G = \mu_2 \Delta h$$

□ В практике воднобалансовых расчетов обычно используются предельные значения указанных коэффициентов $\mu = \mu_1 = \mu_2 = \text{const}$, которые приближенно принимаются равными разности полной и наименьшей влагоемкости почвогрунтов

□ Предельные значения коэффициентов водоотдачи (или недостатка насыщения) для основных видов грунтов приводятся в справочниках.

Невязка водного баланса

- Остаточный член *детального* уравнения водного баланса η включает такие неучтенные элементы баланса, как:
 - «горизонтальные» осадки
 - изменение запасов воды в биомассе
 - в микро-понижениях на поверхности водосбора
 - в почвогрунтах зоны аэрации ниже верхнего метрового слоя и т. д.
 - а также погрешности при определении элементов баланса
- Величина η различна для речных бассейнов разных природных зон, неодинаковых по размерам, степени и надежности гидрометеорологической и гидрогеологической информации
- Значения η для одного и того же речного бассейна неодинаковы для разных месяцев, сезонов и лет; с увеличением расчетного интервала, времени они, как правило, уменьшаются

Вопросы

1. Что значить «детальный» и «приближенный» методы расчета водного баланса речных бассейнов?
2. Как измеряются и рассчитываются атмосферные осадки?
3. Как измеряется и рассчитывается суммарное испарение?
4. Как измеряется и рассчитывается речной сток?
5. Как измеряются и рассчитываются запасы воды в снеге, наледях, ледниках и снежниках?
6. Как измеряются и рассчитываются запасы воды в озерах, водохранилищах и прудах?
7. Как измеряются и рассчитываются запасы воды в русловой сети?
8. Как измеряются и рассчитываются запасы воды в почвогрунтах зоны аэрации?
9. Как измеряются и рассчитываются запасы подземных вод?
10. Что значить невязка водного баланса?

Спасибо за внимание!