

Программа дисциплины «Речной сток и гидрологические расчеты»

Автор: проф. В.М.Евстигнеев

Цель освоения дисциплины: Подготовка гидрологов к инженерной деятельности в области рационального использования и охраны водных ресурсов.

Задачи:

- изучение закономерностей формирования речного стока и его колебаний в пространстве и времени, методов исследования этих закономерностей;
- усвоение комплекса методик расчета гидрологических характеристик и параметров водного режима рек, необходимых в практике водохозяйственного и гидротехнического проектирования;
- приобретение практических навыков гидрологических расчетов, в том числе с применением специализированных программных комплексов, использования нормативной документации и справочных изданий, применения номограмм, картосхем и таблиц гидрологических параметров.

Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина «Речной сток и гидрологические расчеты» входит в вариативную часть ИБ интегрированный магистр МГУ, учебный план бакалавриата (первые четыре года обучения), направление подготовки (в соответствии с образовательным стандартом) – 021600 «Гидрометеорология», профиль подготовки – гидрология, модуль «Гидрологические расчеты и прогнозы». Дисциплина преподается в 7, 8 семестрах 4 курса.

Дисциплина «Речной сток и гидрологические расчеты» знакомит студентов с факторами и закономерностями формирования стока и его колебаний в пространстве и во времени, приемами выявления и исследования этих закономерностей; с инструментами и конкретными методиками расчета основных параметров и характеристик стока, интерпретации и представления получаемых результатов. Для усвоения данной дисциплины студент должен владеть компетенциями по курсам «Гидрология», «Метеорология и климатология», «Ландшафтоведение», «Гидрометрия и техника безопасности», «Гидрология рек», «Гидрогеология», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Водохозяйственные расчеты». Курс «**Речной сток и гидрологические расчеты**» - один из заключительных в обучении на факультете и знания, полученные студентами, могут быть использованы при подготовке дипломной работы и в дальнейшей профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основные закономерности формирования стока и его колебаний в пространстве и времени; методы изучения этих закономерностей, источники информации, конкретные методики расчета параметров и характеристик стока; требования, предъявляемые практикой и нормами строительного проектирования к составу и точности расчетов речного стока.

Уметь: количественно выражать закономерности колебаний стока, разрабатывать региональные методы расчета, рассчитывать параметры и характеристики стока в условиях наличия данных продолжительных гидрометрических наблюдений, а также при их отсутствии или недостаточности, оценивать точность их расчетов.

Владеть: стандартными приемами расчетов речного стока в соответствии с нормами строительного проектирования, навыками работы с вычислительной техникой и специализированными программными комплексами.

Содержание

Тема 1. Постановка задачи гидрологических расчетов

Понятие «водные ресурсы». Речной сток как интегральная характеристика возобновляемых водных ресурсов. Источники информации о речном стоке. Государственный водный кадастр. Практическое значение гидрологических расчетов. Строительные нормы и правила. Методы исследований речного стока. Краткая история развития исследований и расчетов стока.

Вероятностный характер процессов речного стока как объективное свойство, не связанное со степенью изученности. Постановка задачи расчетов речного стока, вытекающих из потребностей хозяйства в предвидении его режима на долговременную перспективу. Математическая формализация задачи.

Тема 2. Многолетние колебания речного стока

Особенности статистического анализа колебаний стока. Сравнение содержания анализа временного ряда в виде последовательности значений случайной величины и реализации случайного процесса. Возможные варианты выбора вероятностной модели для описания многолетних колебаний стока в связи с характером и объемом имеющейся информации. Математическое моделирование временных рядов стока. Схемы моделирования по моделям случайной величины, простой и сложной марковской цепи.

Пространственно-временные закономерности многолетних колебаний стока. Циклическая структура многолетних колебаний стока и ее возможные объяснения. Учет цикличности многолетних колебаний в расчетах стока. Проблема репрезентативности рядов наблюдений. Понятие о норме стока. Синхронность и синфазность многолетних колебаний стока.

Тема 3. Общие вопросы гидрологических расчетов по гидрометрическим данным

Требования к исходному ряду наблюдений. Функция распределения ежегодных вероятностей превышения (ФРВ) гидрологических характеристик. Методы определения параметров ФРВ (моментов, наибольшего правдоподобия, графоаналитический, графический). Точность оценок параметров и квантилей кривых обеспеченности. Применение метода статистических испытаний для оценок смещенности и случайного рассеивания выборочных параметров.

Учет выдающихся значений речного стока. Случаи фазовой неоднородности рядов. Приведение параметров функции распределения вероятностей к многолетнему периоду. Требуемая точность оценок расчетных гидрологических характеристик.

Тема 4. Расчеты отдельных гидрологических характеристик по гидрометрическим данным

Расчеты годового стока.

Внутригодовое распределение стока. Связь задачи расчетов регулирования стока с расчетами внутригодового распределения. Метод компоновки и его варианты применительно к различным режимам стока. Установление внутригодового распределения путем выбора расчетного года из числа фактических. Кривые продолжительности суточных расходов воды. Моделирование гидрологических рядов с учетом внутригодового распределения стока.

Расчеты минимального стока. Случаи неустраняемой генетической неоднородности рядов, графическое сглаживание и увязка эмпирических распределений.

Особенности расчетов максимальных расходов воды при наличии данных гидрометрических наблюдений. Гарантийная поправка. Вероятные погрешности квантилей в области редких повторяемостей за счет ошибочных гипотез о типе функции распределения вероятностей. Исследование ФРВ с помощью приемов пространственно-временного анализа. Композиционный метод построения ФРВ, понятие о динамико-стохастическом моделировании рядов стока.

Гидрографы весеннего половодья и дождевых паводков, связь задач их расчета с задачами регулирования стока. Построение расчетных гидрографов по гидрографам-моделям. Композиционное моделирование гидрографов. Расчеты наивысших уровней воды рек.

Тема 5. Методические основы расчетов стока при отсутствии данных гидрометрических наблюдений

Географо-гидрологический метод в расчетах речного стока. Метод географических обобщений. Принцип географической интерполяции. Гидрологическая аналогия. Региональные эмпирические зависимости характеристик стока от физико-географических показателей как наиболее совершенная форма гидрологической аналогии.

Ландшафтно-гидрологический метод, его связь с математическим моделированием процессов формирования речного стока.

Надежность практических приемов расчета стока при отсутствии гидрометрических данных. Понятие статистической неустойчивости методики расчета относительно исходных данных. Построение эмпирических зависимостей речного стока от обуславливающих факторов. Структура погрешностей эмпирических зависимостей, ее исследование с помощью проверки на “зависимом” и “независимом” материале. Построение и оценка надежности карт величин речного стока.

Тема 6. Расчеты годового стока при отсутствии гидрометрических данных

Норма годового стока. Уравнение водного баланса речного водосбора для многолетнего периода. Влияние размера площади водосбора на средний многолетний сток. Разделение бассейнов на малые, средние и большие в расчетах нормы годового стока. Факторы, влияющие на географическое распределение нормы годового стока средних и малых рек.

Метод географической интерполяции в расчетах нормы годового стока. Зависимость стока от высоты местности. Практическое применение метода водного баланса для расчетов нормы годового стока.

Изменчивость годового стока. Закономерности географического распределения изменчивости годового стока. Роль изменчивости осадков и испарения, коэффициента стока. Влияние площади водосбора. Пространственная корреляционная функция, ее использование для анализа влияния площади водосбора на коэффициент вариации годового стока. Практические приемы расчета коэффициента вариации годового стока при отсутствии гидрометрических данных. Определение годового стока заданной вероятности превышения при отсутствии гидрометрических данных.

Тема 7. Расчеты внутригодового распределения стока

Типовое и расчетное внутригодовое распределение стока. Основные факторы и географические закономерности внутригодового распределения стока, их анализ с помощью уравнения водного баланса бассейна за конечный промежуток времени. Климатические факторы формирования внутригодового режима стока и основные закономерности его географического распределения. Районирование территории России по продолжительности и срокам лимитирующего периода, лимитирующего и нелимитирующего сезонов.

Факторы подстилающей поверхности, влияние площади водосбора на внутригодовое распределение стока.

Практические приемы расчетов внутригодового распределения стока при недостаточности или отсутствии гидрометрических наблюдений. Особая роль метода гидрологической аналогии в расчетах внутригодового распределения стока. Построение кривой продолжительности суточных расходов воды при отсутствии материалов гидрометрических наблюдений.

Тема 8. Расчеты минимального стока

Расчетные характеристики минимального стока. Факторы формирования и географические закономерности минимального стока.

Схема взаимодействия природных факторов формирования минимального стока (климатических, почвенно-растительных, орографических, геологических, гидрологических, криолитологических).

Локальность географического распределения минимального стока как отражение сложной пространственной структуры подземных вод и условий их дренирования реками.

Практические приемы расчета характеристик минимального стока при недостаточности или отсутствии гидрометрических данных. Разделение рек на категории малых, средних и больших в расчетах минимального стока. Метод гидрологической аналогии, применение гидрометрической съемки. Определение минимальных расходов больших рек. Расчет основных характеристик перемерзания и пересыхания.

Тема 9. Расчеты максимального стока весеннего половодья

Разделение рек применительно к задачам расчета максимального стока талых вод (с весенним, весенне-летним и летним половодьем). Расчетные характеристики половодья.

Факторы формирования и географические закономерности весеннего половодья. Генетическая структура весеннего половодья. Пространственные закономерности слоя весеннего половодья.

Условия формирования весеннего половодья в различных физико-географических зонах, их анализ с помощью уравнения водного баланса. Влияние местных особенностей водосборов на формирование объема весеннего половодья.

Практические приемы расчета слоя весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

Факторы формирования максимальных расходов весеннего половодья. Взаимодействие процессов, формирующих максимальный расход весеннего половодья. Трансформирование графика водообразования на склоне в гидрограф склонового притока в русло и трансформация склонового стока в русловую. Генетическая формула стока и различные типы редукции максимального модуля стока. Практические приемы расчета максимальных расходов весеннего половодья. Классификация расчетных формул и их принципиальная структура, примеры формул. Основной метод расчета максимальных расходов весеннего половодья.

Максимальные расходы талых вод горных рек. Особенности формирования половодья на горных реках. Практические приемы расчета максимальных расходов талых вод горных рек.

Практические приемы построения расчетных гидрографов весеннего половодья при отсутствии гидрометрических данных: по моделям наблюдаемых гидрографов и методом геометрической схематизации. Учет внутрисуточного хода расходов.

Тема 10. Расчеты максимального стока дождевых паводков

Расчетные характеристики дождей. Структура полей жидких осадков, зависимости среднего слоя осадков от площади орошения. Редукции максимальной интенсивности осадков по времени и площади осреднения. Расчет максимальной интенсивности дождя заданной продолжительности осреднения и заданной вероятностью ежегодного превышения (метод ГГИ).

Географические закономерности генезиса дождевых паводков. Генетическая классификация видов склонового стекания, их географическое распространение. Уравнение водного баланса и модели слоя паводочного стока. Скорости и время добегания дождевых вод по склонам. Скорости добегания по русловой сети в общей схеме формирования гидрографа паводка. Интеграл Дюамеля как исходное математическое выражение для моделирования гидрографов паводков. Методы подбора кривой времени добегания: метод изохрон, типовой аппроксимирующей функции, метод единичного гидрографа.

Практические методы расчета максимальных расходов дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Классификация расчетных формул (редук-

ционные, объемные, предельной интенсивности), их структура, примеры. Современный метод расчета максимальных расходов дождевых паводков. Построение расчетных гидрографов дождевых паводков при отсутствии материалов гидрометрических наблюдений. Применение метода единичного гидрографа.

Принципиальные основы применения методов математического моделирования гидрографов в расчетах стока. Смысл стохастического и динамического подхода к моделированию гидрографов. Идентификация параметров и верификация модели по данным наблюдений. Проблема пространственного распределения параметров модели. Динамико-стохастические модели стока, примеры их применения.

Тема 11. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток

Диагностика антропогенных изменений стока. Оценка изменений речного стока под влиянием хозяйственной деятельности как один из аспектов проблемы контроля состояния водных ресурсов и самостоятельный раздел гидрологических расчетов.

Определение времени начала влияния хозяйственной деятельности на сток. Анализ хозяйственной деятельности на водосборе; сравнение стока в рассматриваемом створе со стоком рек-аналогов, находящихся в естественных условиях (графики связи, двойные интегральные кривые), использование коэффициента индикации, комплексных графиков стока и стокоформирующих факторов.

Оценка однородности рядов гидрометрических наблюдений статистическими приемами.

Статистические методы оценки размеров антропогенных изменений речного стока. Метод гидрологической аналогии. Оценка изменений стока по естественному притоку из зоны формирования. Оценка изменений стока по метеорологическим факторам. Метод линейного тренда.

Водно-балансовые методы учета влияния хозяйственной деятельности на речной сток. Метод руслового водного баланса. Заборы, сбросы и межбассейновые переброски стока. Понятие об учетном водном балансе. Метод водного баланса речного водосбора. Оценка влияния орошения, осушения болот и заболоченных земель, вырубок и восстановления лесов, агролесомелиоративных мероприятий и урбанизации земель.

Тема 12. История развития и методологические аспекты гидрологических расчетов

Перспективы развития теории расчетов речного стока. Краткий анализ эволюции методологических концепций. Усовершенствование и разработка новых методов определения характеристик стока при отсутствии данных гидрометрических наблюдений как центральная проблема расчетов речного стока. Проблемы внедрения методов математического моделирования в практику гидрологических расчетов. Автоматизация гидрологических расчетов.

Рекомендуемая литература

Основная:

Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990, 304 с.

Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1990, 365 с.

Евстигнеев В.М., Магрицкий Д.В. Практические работы по курсу «Речной сток и гидрологические расчеты». М.: Географический факультет МГУ, 2013. 125 с.

Дополнительная:

Дружинин В.С., Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебное пособие. СПб: Изд-во РГГМУ, 2001. 168 с.

Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. ГГИ Росгидромета. СПб., 2007. 66 с.

Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. ГГИ Росгидромета. СПб.: Нестор-История, 2009. 193 с.

Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. ГГИ Росгидромета. Нижний Новгород, 2007. 133 с.

Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. ГГИ Росгидромета. СПб.: Нестор-История, 2010. 162 с.

Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановление его характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1986, 78с.

Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 166 с.

Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448с.

Пространственно-временные закономерности колебания стока рек СССР / Под ред. А.В.Рожественского. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 376 с.

Раткович Д.Я., Болгов М.В. Стохастические модели колебаний составляющих водного баланса речного бассейна. М.: Ин-т водных проблем РАН, 1997. 262 с.

Раткович Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения. М.: Ин-т водных проблем РАН, 1993. 430 с.

Рожественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 260 с.

Рожественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 276 с.

Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33–101–2003. Издание официальное. М.: Госстрой России. 2004. 72 с.

Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока. М.: Изд-во МГУ, 1993. 168 с.

Шелутко В.А. Методы обработки и анализа гидрологической информации. Учебно-методическое пособие. СПб., 2007. 192 с.

Интернет-ресурсы:

<http://www.waterinfo.ru/> – Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Федеральное агентство водных ресурсов. ФГУП «Центр Российского регистра гидротехнических сооружений и государственного водного кадастра»;

<http://rims.unh.edu/> – ArcticRIMS (Региональная, объединенная система гидрологического мониторинга Арктических бассейнов);

<http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v4.0/index.html> – R-ArcticNet (Региональные, электронные гидрографические данные сети постов Арктического региона);

<http://www.meteo.ru/> – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»;

<http://www.hydrology.ru/> – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ»).