**ПЛАН-КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ КУРСА**

**«ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ»**

* 1. **Цели, задачи, содержание, предмет гидрологических прогнозов. Историческая справка.** **Организация службы гидрологических прогнозов и информации.**
  2. . Предмет и задачи курса, связь с другими дисциплинами. Краткая историческая справка. Значение гидрологических прогнозов для различных отраслей экономики.

Предмет и задачи курса. Значение прогнозов водного и ледового режима как основы оптимального управления водохозяйственными системами и как средства предотвращения или смягчения ущерба,наносимого стихийными бедствиями. Роль гидрологических прогнозов в планировании сроков навигации в эксплуатации водного транспорта, мелиоративных и гидротехнических систем и сооружений и других народнохозяйственных объектов. Связь курса с другими дисциплинами. Гидрологические прогнозы и информация; их развитие в Беларуси и других странах. Современное значение гидрологических прогнозов в перестройке водного хозяйства и других отраслей производства,связанных с водопользованием дальнейшем развитии научно-технической революции.

* 1. . Организация службы гидрологических прогнозов и информации. Классификация гидрологических прогнозов. Виды гидрологических прогнозов. Закономерности гидрологических процессов и методы прогнозирования.

Определения. Физические основы гидрологических прогнозов. Классификации прогнозов. Важнейшие виды прогнозов, регулярно выпускаемых в настоящее время, их методическая основа. Роль ЭВМ при составлении прогнозов элементов режима водных объектов.

* 1. . Принципы статистической оценки эффективности методики и оправдываемости гидрологических прогнозов. Формы выпуска прогнозов.

Погрешности и оправдываемость прогнозов. Оценка эффективности методик. Определение точности прогнозов. Основные формы выпуска прогнозов.

* 1. . Назначение и содержание гидрологической информации. Информационная сеть станций и постов, состав наблюдений, передача информации

Содержание изадачи гидрологических информации. Требования, предъявляемые разными отраслями народного хозяйства к гидрологическим информациям. Формы информации. Информационная сеть станций и постов. Порядок поступления сведений и обработка данных информационной сети. Фонд научно-оперативных материалов по гидрологическим прогнозам. Банки гидрометеорологических данных. Использование быстродействующих ЭВМ для создания автоматизированных систем оповещения об опасных гидрологических явлениях.

1. **Краткосрочные прогнозы расходов и уровней воды, основанные на закономерностях движения воды в русле.**

2.1 . Теоретические основы движения попусков, паводков и половодий.

Неустановившееся движение воды в реках.Попуски, паводки, половодья. Распластывания паводочных волн на различных русло-пойменных участках рек. Теория движения паводочной волны в русле. Общие сведения **о** математических моделях и методах расчета неустановившегося движения воды в руслах.

2.2. Метод соответственных уровней (расходов) воды при краткосрочном прогнозе.

Уравнение соответственных расходов как основа метода. Соответственные уровни и расходы воды. Прогнозы уровней (расходов) на бесприточном участке. Время добегания и способы егоопределения. Скорость движения паводка и средняя скорость течения реки. Факторы и прогноз времени добега­ния на бесприточном участке. Построение связей соответственных уровней, способы их уточнения при переменном уклоне, неустойчивом русле и несинхронности боковой приточности.

2.3. Способы краткосрочного прогноза на бесприточных, слабоприточных приточных и зарегулированных участках рек.

Прогнозы по соответственным уровням на приточном участке. Определение времени добегания и построение схемы изохрон добега-ния руслового стока. Способы построения связей соответственных расходов (уровней). Уточнение связей. Заблаговременность прогноза хода уровней (расходов) на бесприточном и приточном участках. Расчет (краткосрочный прогноз) расходов и уровней воды на зарегулированных участках рек.

2.4. Краткосрочные прогнозы уровней и расходов воды, основанные на приближенных уравнениях трансформации волн паводка. Линейные и нелинейные модели трансформации для приточных и беспритоных участков.

Гидрологические модели движения воды в речных руслах. Балансовые модели трансформации паводков на бесприточных участках: Маскингам, Г.П. Калинина - П.И. Милюкова, Маскингам-Кюнжа. Модели, основанные на использовании морфометрической кривой объемов запасов воды в русле. Модели, основанные на интеграле Дюамеля с аналитически заданной кривой трансформации. Моделирование процесса трансформации стока на приточных участках (работы Р.А. Нежиховского, Д.А. Буракова и др.). Использование ЭВМ при моделировании движения воды в речных руслах.

1. **Прогнозы стока по данным о запасе(объеме) воды в русловой сети бассейна и притоке воды в речную сеть** 
   1. . Теоретические предпосылки метода. Определение запасов воды в русловой сети. Прогнозы стока по данным о русловых запасах и притоке воды в речную сеть.

Общие положения. Физические основы прогнозов. Определение запасов воды в русловой сети. Оценка русловых запасов воды на приточных и малоприточных участках реки и в речной сети бассейна по гидрометрическим данным и на основе морфологических закономерностей ее строения. Прогнозы стока по данным о распределении воды в русловой сети бассейна.

* 1. . Прогнозы уровней и расходов воды способом тенденции и по кривым спада.

Прогнозы по методу тенденций и по кривым спада паводков и половодий. Построение типовых кривых спада (работы К.П.Воскресенского, В.А.Назарова, А.В.Огиевского и др.).

1. **Математические модели формирования стока и их использование в гидрологических прогнозах. Краткосрочные прогнозы расходов и уровней дождевых паводков.**

4.1. Общие сведения о математические моделировании в гидрологии.

Общие положения. Теоретические и эксперементальные требования к моделям. Виды моделей. Общие принципы параметризации. Использование математических моделей в гидрологических прогнозах.

4.2. Закономерности формирования дождевого стока. Генезис дождевых паводков. Краткосрочные прогнозы расходов и уровней дождевых паводков.

Современное представление о механизме формирования дождевого стока. Зональные и локальные особенности формирования стока. Генетические формулы стока. Математическое моделирование процессов формирования паводков. Бассейн как линейная динамическая система. Модели отдельных процессов стока и их региональные выражения. Определение поступления воды на поверхность бассейна. Использование радаров для замеров интенсивности атмосферных осадков.

* 1. Генетическая формула стока. Потери дождевых вод.

Потери дождевых вод на поверхностное впитывание. Потери дождевых вод на поверхностное задержание. Потери стока на почвенное задержание. Характеристики увлажнения бассейна. Модели потерь дождевых вод и методы их реализации в различных региональных условиях.

* 1. Графоаналитические способы краткосрочного прогноза стока дождевых паводков. Прогнозы дождевого стока по суммарному притоку в речную сеть и по осадкам. Математические модели формирования дождевых паводков.

Способы прогнозов паводков по осадкам и притоку воды в русловую сеть. Способы прогнозов паводков по осадкам и притоку воды в русловую сеть. Примеры моделей стока. Выбор типа модели. Прогнозы дождевого стока в реальном масштабе времени. Функция добегания и определение ее параметров.

**5. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы элементов весеннего половодья равнинных рек**.

5.1. Общие закономерности и факторы формирования весеннего стока. Запасы воды в снежном покрове и ледяной корке. Осадки за период половодья. Потери весеннего стока.

Физико-географические условия формирования весеннего стока. Его основные факторы и индексы. Оценка поступления талых и дождевых вод в период половодья. Определение запасов воды в снежном покрове и ледяной корке на поверхности почвы. Снегомерные съемки и дистанционные методы. Ошибки интерполяции и осреднения по площади запасов воды в снежном покрове и осадков, формирующих половодье. Методы оценки интенсивности снеготаяния и водоотдачи снежного покрова. Формирование потерь талого стока за период весеннего половодья. Влияние увлажнения и глубины промерзания почв в бассейне на величину потерь стока в различных природных зонах. Основные показатели водопроницаемости почв. Факторы инфильтрации воды в мерзлый грунт.

5.2. Общая характеристика методов прогнозирования весеннего стока равнинных рек. Расчет по уравнению водного баланса. Физико-статистический водно-балансовый метод. Статистические методы.

Физические основы прогноза элементов половодья. Уравнение водного баланса речного стока за весенний период. Физико-статистический водно-балансовый метод. Статистические методы. Определение максимальных запасов воды в снеге и осадков периода половодья. Потери воды на инфильтрацию, поверхностное задержание и испарение. инфильтрации воды в мерзлую почву. Вычисление запаса воды в почве на начальные даты зимы и весеннего снеготаяния в разных частях бассейна. Учет хозяйственной деятельности на водосборах при прогнозах потерь.

5.3. Математические модели половодья и их использование при прогнозах расходов воды.

Математические модели формирования стока половодья. Примеры моделей. Использование математических моделей для краткосрочных прогнозов расходов и уровней воды. Краткосрочный прогноз незарегулированного бокового притока в водохранилище с использованием модели формирования стока. Модель формирования гидрографа половодья на равнинных реках. Параметризация модели.

5.4. Особенности формирования стока в различных физико-географических зонах

Территориально общие зависимости для прогноза весеннего стока и его потерь. Краткий обзор методов прогнозирования весеннего стока в различных географических зонах.

5.5. Долгосрочный прогноз слоя весеннего стока.

Долгосрочные прогнозы весеннего половодья равнинных рек.Долгосрочный прогноз максимальных расходов (уровней) весеннего половодья. Долгосрочный прогноз притока воды в водохранилища. Практические приемы долгосрочного прогнозирования стока за половодье и вегетационный период, за месяц и оставшуюся часть половодья. Прогноз максимального расхода воды. Оценка влияния хозяйственной деятельности на сток.

5.6. Долгосрочные прогнозы гидрографов половодья с учетом пространственно-временной неравномерности стока. Методика прогнозирования весеннего стока для крупных речных бассейнов.

Методы прогноза притока воды различной обеспеченности в водохранилища гидроэлектростанций. Прогнозы квартального и месячного притока. Долгосрочные прогнозы гидрографов половодья и притока воды в водохранилища. Прогноз максимального расхода (уровня) воды. Способы уточнения прогнозов стока за период половодья. Выбор типовых малых водосборов (бассейнов-индикаторов) для прогноза весеннего стока с крупных речных бассейнов. Территориальные прогнозы весеннего стока.

**6. Долгосрочные прогнозы летне-осеннего и зимнего стока равнинных рек.**

6.1. Уравнение водного баланса речного стока за летне-осенний и зимний периоды.

Источники питания и режим стока рек в меженный период. Основные составляющие меженного стока равнинных рек. Факторы летнего, осеннего и зимнего стока. Режим подземного питания рек в меженный период. Оценка дождевой составляющей стока в летне-осенний период и талой в зимний. Определение стокоформирующих осадков. Общий вид зависимости объемов летнего и осеннего стока от основных факторов. Долгосрочные прогнозы притока воды в водохранилища в период межени.

6.2 Долгосрочный прогноз меженного стока на основе учета закономерностей истощения запасов воды в речных бассейнах.

Методики, прогнозов отдельных элементов водного режима за меженный период: по предшествующим расходам и запасам воды в русловой сети, с учетом осадков и влажности почвы, по уровням грунтовых вод. Прогнозы месячного стока за зимний период. Прогнозы стока за квартал.

**7.** **Краткосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах, водохранилищах**

7.1. Краткосрочный прогноз сроков появления плавучего льда. Прогноз вскрытия рек, озер и водохранилищ.

Прогнозы сроков появления плавучего льда на реках. Охлаждение водной массы и начало ледообразования. Уравнение теплового баланса. Способы определения составляющих теплового баланса. Методы расчета и краткосрочного прогноза появления плавучего льда на реках (метод Л.Г. Шуляковского, построение физико-статистических зависимостей). Точность и надежность прогноза составляемого с использованием прогноза метеорологических элементов. Заблаговременность прогноза. Прогноз вскрытия рек. Условия вскрытия. Основные определяющие факторы процесса. Краткосрочные прогнозы дат вскрытия рек с использованием модели С.Н. Булатова и на основе обобщенной зависимости Л.М. Марголина. Прогноз вскрытия рек с заблаговре-менностью от 6 до 10 суток (на средние сроки). Построение физико-статистических зависимостей для краткосрочного прогноза вскрытия рек.Точность и надежность прогнозов вскрытия.

* 1. . Краткосрочный прогноз густоты шугохода, ледохода. Прогноз начала ледостава на реках озерах и водохранилищах. Прогноз времени установления ледостава на участке перемещения кромки льда.

Прогнозы начала ледостава на реках. Процесс образования ледяного покрова на реках. Построение физико-статистических зависимостей для расчета краткосрочного прогноза начала ледостава на реках. Краткосрочный прогноз густоты шугохода, ледохода. Прогнозы времени наступления ледостава в пункте перемещения кромки льда и высоты подъема уровней при заторах. Прогнозы начала ледообразования и ледостав на озерах и водохранилищах. Особенности процесса замерзания озер и водохранилищ. Условия начала ледообразования. Расчет и прогноз начала ледостава по методу Л.Г. Шуляковского и на основе построения физико-статистических зависимостей. Точность прогноза.

* 1. Расчет и краткосрочный прогноз толщины ледяного покрова. Прогноз уменьшения толщины и прочности ледяного покрова.

Прогноз толщины ледяного покрова. Процесс нарастания толщины льда и его основные предпосылки расчета. Теоретические и эмпирические формулы для определения толщины льда и их использование для прогноза нарастания толщины льда на реках, озерах и водохранилищах. Прогнозы уменьшения толщины и прочности ледяного покрова. Таяние ледяного покрова и уменьшение прочности тающего льда. Метод С.Н. Булатова для прогноза прочности льда и изменения его толщины. Краткосрочные прогнозы сроков разрушения ледяного покрова и очищения ото льда озер и водохранилищ. Процесс разрушения ледяного покрова водоемов. Прогнозы сроков начала дрейфа льда и очищения от него водохранилищ на основе расчета уменьшения прочности льда и физико-статистических зависимостей.

* 1. Условия образования заторов льда. Краткосрочный прогноз максимальных заторных уровней.

Заторы, их образование и прогноз уровней при заторах. Прогноз максимальных зажорных уровней воды. Условия формирования зажоров и заторов льда в нижних бьефах ГЭС и в зоне выклинивания подпора уровня воды водохранилища.

**8. Долгосрочные прогнозы ледовых явлений, основанные на учете характеристик атмосферных процессов**

8.1. Физические предпосылки долгосрочных прогнозов ледовых явлений. Методы, основанные на учете закономерностей атмосферных процессов. Численные характеристики метеорологических полей.

Основы долгосрочных прогнозов ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. Методы прогнозов,основанные на учете закономерностей процессов синоптических сезонов, и синоптико-статистический метод. Анализ синоптических процессов и выделение характерных (значимых) районов, развитие процессов в которых определяет ранние или поздние сроки наступления ледовых явлений. Количественные характеристики (индексы) атмосферных процессов и их определение; аналитическое представление метеорологических полей (разложение полей по естественным ортогональным соответствиям или по полиномам Чебышева). Построение прогностических зависимостей множественной линейкой корреляцией с пошаговым регрессионным анализом. Проверка статистической значимости и надежности статистической зависимости. Коэффициент прогностической информативности.

8.2. Долгосрочные прогнозы появления льда на реках. Прогнозы вскрытия рек. Синоптико-статистические методы прогноза.

Синоптико-статистические характеристики региональных особенностей ледообразования на реках. Районы однородного замерзания рек. Закономерности развития атмосферных процессов, позволяющие с большой заблаговременностью предсказать сроки появления льда на реках. Прогнозы появления льда на реках различных регионов на основе учета закономерностей атмосферной циркуляции в синоптических сезонах. Синоптико-статистические зависимости для прогноза сроков появления льда. Районы однородного вскрытия рек. Возможности прогноза вскрытия рек на основе учета закономерностей синоптических процессов. Примеры использования синоптико-статистического метода.

8.3. Долгосрочные прогнозы элементов ледового режима водохранилищ. Прогнозы замерзания водохранилищ. Прогнозы разрушения льда и очищения от него водохранилищ.

Воссоздание многолетних рядов сроков ледовых явлений с использованием наблюденных значений метеорологических элементов и проектных характеристик морфометрических и гидравлических условий на участках водохранилищ. Прогнозы замерзания водохранилищ и толщины льда на основе использования синоптико-статистического метода. Прогнозы весеннего разрушения льда и очищения от него водохранилищ. Примеры прогнозов очищения водохранилищ по данным о толщине льда и индексу потеплений. Прогнозы прочности льда на основе синоптико-статистических зависимостей. Точность и надежность долгосрочных прогнозов ледовых явлений.

**9. Обработка оперативной гидрометеорологической информации. Автоматизированное рабочее место гидролога-прогнозиста (АРМ-гидролог).**

9.1. Задачи и функции АРМа, его структура и организационные особенности.

1. Задачи и функции АРМа, его организационные особенности. Структура баз оперативных данных и их формирование с использованием АРМ-гидролога. Формирование и корректировка списков пунктов наблюдений, данных о характерных уровнях воды и т.д. Формирование личных списков. Автоматизированный и ручной отбор данных. Основы программного обеспечения АРМ гидролога-прогнозиста в технологии ГИС Метео. Комплекс программных средств по анализу и доведению информации. Опыт оперативного применения АРМ гидролога-прогнозиста в Гидрометцентре.