

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА
ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА**

Географический факультет
Кафедра гидрологии суши

5440600 – НАПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

**УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО КУРСУ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ**

Тошкент-2011

СОДЕРЖАНИЕ

1. Программа курса.....	3
2. Рабочая программа курса	14
3. Календарный рабочий план.....	17
4. Рейтинг оценок и распределение баллов.....	18
5. Педагогические технологии.....	20
6. Тезисы лекций.....	22
7. Тестовые задания.....	
8. Контрольные вопросы и билеты.....	65
9. Темы рефератов.....	76
10. Темы курсовых работ.....	77
11. Темы выпускных квалификационных работ.....	79
12. Вопросы для самостоятельной работы.....	81
13. Глоссарий.....	82
15. Литература.....	92

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Руйхатга олинди

№ _____

2008 йил “ ____ ” ____

Ўзбекистон Республикаси
Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлигининг 2008 йил “ ____ ”
_____даги “ ____ ”-сонли
буйруғи билан тасдиқланган

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИК ПРОГНОЗЛАР

фанининг

ЎҚУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси: 400000 – Фан
Таълим соҳаси: 440000 – Табiiй фанлар
Таълим йўналиши: 5440600 – Гидрометеорология

Фаннинг ўқув дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими ўқув-услугий бирлашмалари фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашнинг 2008 йил “___” _____даги “___” - сон мажлис баёни билан маъқулланган.

Фаннинг ўқув дастури Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида ишлаб чиқилди.

Тузувчилар:

- Ҳикматов Ф.Ҳ. – “Қуруқлик гидрологияси” кафедраси мудир, г.ф.д.
Мухтаров Т.М. – “Умумий физика, физикани ўқитиш услубияти ва атмосфера физикаси” кафедраси профессори, г.ф.д.

Такризчилар:

- Фатхуллаева З.Н. – “Умумий физика, физикани ўқитиш услубияти ва атмосфера физикаси” кафедраси доценти, ф.-м.ф.н.
Сирлибоева З.С. – “Қуруқлик гидрологияси” кафедраси доценти, г.ф.н.
Қодиров Б.Ш. – Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Гидрометеорология хизмати маркази бош директорининг биринчи ўринбосари, г.ф.н.

Фаннинг ўқув дастури Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети Илмий - услубий кенгашида тавсия қилинган (2008 йил 27 июндаги 9-сонли баённома).

Кириш

Халқ хўжалигининг барча соҳаларида – қишлоқ хўжалиги, транспортнинг ҳамма турлари ва алоқа хизмати, тиббиёт ва қурилиш соҳасида, энергияни узатишда, ўрмонлардаги ёнғиннинг олдини олишда, чорвадорларга хизмат кўрсатишда, балиқчилик хўжалигида ва бошқаларда гидрометеорологик прогнозлардан кенг қўламда фойдаланилади. “Гидрометеорологик прогнозлар” фани масалаларининг долзарблиги гидросфера ва атмосферадаги гидрометеорологик жараёнлар ва ҳодисаларни ўрганиш, уларни олдиндан айтиб бериш усулларини ишлаб чиқиш ҳамда уларни амалиётга тадбиқ этишга қаратиланлиги билан тавсифланади.

Ўқув фанининг мақсади ва вазифалари

Фанни ўқитишдан мақсад - талабаларга гидрометеорологик жараёнлар қонуниятларини ўргатиш ва шу асосда уларда прогнозлаш усулларини ишлаб чиқиш, такомиллаштириш ҳамда улардан амалда фойдаланиш бўйича билим, кўникма ва малака шакллантиришдир.

Фаннинг вазифаси - талабаларга атмосфера ва гидросферада кечадиган жараёнлар қонуниятларини, уларнинг ўзаро алоқадорлигини, замонавий гидрометеорологик ҳисоблаш ва прогнозлаш усулларини ўргатиш ва уларда шу усулларни амалда қўллай билиш ҳамда аниқлигини баҳолай олиш бўйича малака ва тажриба ҳосил қилишдан иборат.

Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар

“Гидрометеорологик прогнозлар” ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр:

- гидрометеорологик прогнозларнинг асосий таъриф ва тушунчаларини; гидрометеорологик жараёнлар қонуниятларини; гидрологик ва метеорологик прогнозлашнинг замонавий усулларини; уларнинг аниқлигини объектив баҳолаш йўллари *билиши керак*.

- дарёларнинг сув режими элементларини, жумладан максимал сув сатҳи ва сув сарфларини; тоғ дарёлари вегетация даври ҳамда вегетация давридаги алоҳида ойлар оқимини; синоптик вазиятни; циклон ва антициклонларнинг вужудга келиши ва кўчишини; ҳаво массалари ва фронтларни; найсимон тез ҳаво оқимлари ўқи кўчишини прогнозлаш усулларини амалиётга тадбиқ этиш *кўникмаларига эга бўлиши керак*.

- гидрометеорологик прогнозлар аниқлигини баҳолашнинг статистик усулларидан; синоптик ҳолат прогнози харитасини тузиш тажрибасидан; циклон ва антициклонларнинг ҳосил бўлиши, эволюцияси ва силжишини прогнозлашда Ернинг сунъий йўлдошлари маълумотларидан ҳамда босим ва геопотенциалнинг гидродинамик прогнозлаш натижаларидан амалда фойдалана олиш *малакаларига эга бўлиши керак*.

Фаннинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги ва услубий жиҳатдан узвий кетма – кетлиги

“Гидрометеорологик прогнозлар” ўқув фани йўналишнинг намунавий ўқув режасида ихтисослик фанлари блокдан ўрин олган бўлиб, 8 - семестрда ўқитилади. Дастурни амалга ошириш ўқув режасидан ўрин олган математик ва табиий – илмий (олий математика, информатика ва ахборот технологиялари, физика ва бошқ.), умумқасбий (мутахассисликка кириш, умумий гидрология, гидрологик ҳисоблашлар, атмосфера физикаси, синоптик ва космик метеорология ва ҳ.к.) фанларидан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишни талаб этади.

Фаннинг ишлаб чиқаришдаги ўрни

Бўлажак гидрометеорология бакалаврлари ўзларининг ишлаб чиқариш фаолиятида, жумладан тезкор гидрологик ва метеорологик прогнозлаш бўлимларида, авиаметеорологик станцияларда ва бошқаларда бажарадиган ишларида ҳамда уларнинг натижаларидан халқ хўжалигининг турли соҳаларида самарали фойдаланишда гидрометеорологик прогнозлар фанидан эгаллаган билимларига таянадилар. Шу жиҳатдан “Гидрометеорологик прогнозлар” ўқув фани юқори малакали гидрометеорологлар тайёрлаш тизимининг ажралмас бўғини ҳисобланади.

Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар

Талабаларнинг “Гидрометеорологик прогнозлар” ўқув фанини ўзлаштиришлари учун ўқитишнинг илғор ва замонавий усулларида фойдаланиш, бу жараёнда янги информацион – педагогик технологияларни тадбиқ қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матнлари, тарқатма материаллар, электрон материаллар, слайдлар, кинофильмлар, космофотосуратлар ва кўргазмали куроллардан фойдаланилади. Фанни ўқитишда режалаштирилган маъруза, амалий машғулот дарсларида ҳамда мазкур фан бўйича курс ишини тайёрлаш ва расмийлаштиришда мавзуга мос равишдаги илғор педагогик технологиялар қўлланилади.

Асосий қисм

Фаннинг назарий машғулотлари мазмуни

Гидрометеорологик прогнозлар фани, предмети, тадқиқот объекти. Фаннинг мақсади ва вазифалари, бўлиниши, қисқача ривожланиш тарихи, амалий аҳамияти, ривожланиш босқичлари ва ҳозирги кундаги асосий йўналишлари. Гидрометеорологик прогнозлар тушунчаси, таснифлари.

1. Гидрологик прогнозлар

Гидрологик прогнозлар ҳақида умумий маълумотлар

«Гидрологик прогнозлар» тушунчаси. Курснинг амалий аҳамияти, ривожланиш тарихи, ҳозирги кундаги асосий йўналишлари. Халқ хўжалигида гидрологик прогнозлардан фойдаланиш ва унинг самарадорлиги. Гидрологик прогнозлар таснифи. Гидрологик прогнозлар хизматини ташкил этиш. Станция ва постлардан иборат ахборот тармоқлари. Гидрологик ахборот турлари. Гидрологик прогнозлар бўйича илмий-амалий материаллар фонди.

Гидрологик прогнозлар аниқлигини баҳолаш

Гидрологик прогнозларнинг физик асослари. Прогнозлаш усулини ишлаб чиқиш асослари. Гидрологик прогнозлар аниқлигини баҳолаш: абсолют хатолик, йўл қўйилиши мумкин бўлган хатолик, прогноз усулининг самаралилиги, текширувдан ўтган гидрологик прогнозлар, таъминланиши.

Сув режими элементларини прогнозлаш

Сув сатҳи ва сув сарфини қисқа муддатли прогнозлаш. Қисқа муддатли прогноз ҳақида умумий маълумотлар, уларнинг таснифи ва тавсифи. Тенденция усули, гидрологик инерция усули, уларнинг моҳияти. Мослашган сув сатҳи ёки сарфлари усули, унинг табиий асослари ҳамда қўлланилиш чегараси. Мослашган сув сатҳлари усули билан дарёнинг ирмоқсиз қисми учун прогноз қилиш. Мослашган сув сатҳларини ҳамда оқиб ўтиш вақтини аниқлаш, боғланиш чизмаларини чизиш усуллари. Мослашган сув сатҳлари усулида дарёнинг ирмоқли қисми учун прогноз қилиш. Оқиб ўтиш вақтини аниқлаш. Ирмоқлар қўйилишини ҳисобга олиш. Боғланиш чизмаларини чизиш усуллари.

Дарё оқимини ўзандаги сув захираларига

боғлиқ ҳолда прогноз қилиш

Дарё оқимини ўзандаги сув захираларига боғлиқ ҳолда прогноз қилиш усулининг физик асослари. Ўзандаги сув захираларини аниқлаш усуллари. Ҳажм эгри чизиғини чизиш. Ўзандаги сув захиралари ҳамда унга қуйиладиган сув миқдорини ҳисобга олган ҳолда прогноз қилиш.

Ёмғир тошқинларини прогноз қилиш

Ёмғир ҳисобга ҳосил бўлган тошқинларни прогноз қилиш усуллари ҳақида умумий маълумотлар. Ёмғир оқимини ҳосил қилувчи асосий омиллар ва уларни ҳисобга олиш имкониятлари. Ёмғир оқимини ҳисоблашнинг асосий принциплари. Оқиб ўтиш вақти функцияси, уни чизиш усуллари. Тошқин силжишини ҳисоблаш усуллари ва уни амалда қўллаш тартиби. Ўрта Осиё шароитида ёмғир тошқинларининг ҳосил бўлиши, ўзига хос хусусиятлари, ҳисоблаш усуллари ва уларни амалда қўллаш тартиби. Ўрта Осиё шароитида ёмғир тошқинлари ва сел оқимларини қисқа муддатли прогноз қилиш муаммолари.

Текислик дарёлари оқимини прогноз қилиш

Текислик дарёлари сув режими элементларини узоқ муддатли прогноз қилишнинг табиий асослари. Узоқ муддатли прогнозлар турлари, вазифалари. Тўлинсув даври сув баланси тенгламаси. Турли табиий географик шароитларда баҳорги тўлинсувнинг ҳосил бўлишига таъсир этувчи асосий омиллар ва уларни олдиндан айтиш усуллари. Кам сувли даврдаги ойлик оқим миқдорини прогноз қилиш: кузатилган оқим миқдорини, ўзандаги сув захираларини, атмосфера ёғинларини, тупроқ намлигини ҳисобга олиш.

Тоғ дарёлари оқимини прогноз қилиш

Тоғ дарёлари оқимини узоқ муддатли прогноз қилишнинг табиий асослари. Тоғ дарёлари оқими ҳосил бўлишининг ўзига хос хусусиятлари ва уларга таъсир этувчи омиллар. Баланслик минтақалари бўйича қор қоплами, ёғин миқдори, ҳаво ҳароратининг ўзгариши, уларнинг тоғ дарёлари оқими ҳосил бўлишига таъсири ҳамда ҳисобга олиш усуллари. Ёғин миқдори ва қор захираларини гидрологик прогнозлар мақсадида аниқлаш. Мавсумий қор чизиғи баландлигини ҳисоблаш усуллари, сунъий йўлдошлар ахборотларидан фойдаланиш. Тоғ дарёлари ҳавзаларида ҳаво ҳароратини аниқлаш ва ҳисоблаш. Вегетация даври оқимини прогноз қилиш. Тоғ дарёлари вегетация давридаги ўртача ойлик сув сарфларини прогноз қилиш.

Музлаш ҳодисларини прогноз қилиш

Музлаш ҳодисларини прогноз қилишнинг табиий асослари. Музлаш ҳодисларини қисқа муддатли прогноз қилиш. Иссиқлик баланси элементлари. Муз парчалари ҳосил бўлиши муддатларини қисқа муддатли прогноз қилиш. Музлашни аниқловчи омиллар, олдиндан айтиш усуллари. Муз билан қопланиш муддатини қисқа муддатли прогноз қилиш. Муз қалинлигини прогноз қилиш. Дарёнинг муздан тозаланиш муддатларини қисқа муддатли прогноз қилиш. Музлаш ҳодисаларини узок муддатли прогноз қилиш. Музлаш ҳодисаларини узок муддатли прогноз қилишнинг асосий принциплари ва аниқловчи омиллар.

2. Метеорологик прогнозлар

Метеорологик прогнозлар ҳақида умумий маълумотлар

Халқ хўжалигида метеорологик прогнозлардан фойдаланиш ва унинг самарадорлиги. Метеорологик прогнозлар хизматини ташкил этиш. Халқ хўжалиги соҳаларини метеорологик прогнозлар билан таъминлаш тизими. Метеорологик прогнозлар турлари. Қисқа муддатли прогноз усуллари. Метеорологик прогноз усулларига қўйиладиган талаблар. Метеорологик прогнозларнинг физик асослари. Прогноз усулини ишлаб чиқиш асослари. Метеорологик прогнозларни баҳолаш. Физик-статистик прогнозлашнинг босқичлари. Формал ва статистик экстраполяция. Тўғри чизиқли ва эгри чизиқли экстраполяция. Изаллобар усули. Эҳтимоллик прогнозлари.

Потропик циклон ва антициклонларнинг ҳосил бўлиш, эволюция ва силжиш прогнозлари

Траектория ва етакчи оқим усули. Циклон ва антициклонларнинг ҳосил бўлиш, эволюция ва силжишини прогноз қилишда Ернинг сунъий йўлдошлари ёрдамида олинган маълумотлар, босим ва геопотенциалнинг гидродинамик прогноз натижаларидан фойдаланиш. Синоптик ҳолат прогноз харитасини тузиш.

Планетар юқори фронтал зона ва тез ҳаво оқимлари эволюцияси ва горизонтал ўқи силжишини прогноз қилиш

Рейтер усули. Тез ҳаво оқимлар параметрларини прогноз қилишда Ернинг сунъий йўлдошлари ёрдамида олинган маълумотлар, геопотенциалнинг гидродинамик прогноз хариталаридан фойдаланиш.

Атмосфера фронтлари силжишини прогноз қилиш

Экстраполяция усули. Траектория ва етакчи оқим усули. Физика-статистик усуллар. Атмосфера фронтларини эволюция ва силжишини прогноз қилишда Ернинг сунъий йўлдошлари, метеорологик радиолокация ёрдамида олинган маълумотлар, босим ва геопотенциалнинг гидродинамик прогноз натижаларидан фойдаланиш.

Шамол тезлиги ва йўналишини прогноз қилиш

Ер сирти яқинидаги ҳаво қатламида шамол тезлиги ва йўналишини прогноз қилиш. Ишқаланиш кучи таъсири, температуранинг суткалик ўзгариши, рельеф ва маҳаллий циркуляция хусусиятларини ҳисобга олиш. Шамол тезлигини формула ва номограмма усуллари билан прогноз қилиш ва уларни бир-бири билан таққослаш. Эркин атмосферада шамолни прогнози.

Ҳаво температураси, намлиги ва совуқ тушишини прогноз қилиш

Ер яқинидаги ҳаво температурасини, намлигини ва совуқ тушишни прогнози. Зверев усули. Максимал ва минимал ҳаво температурасининг прогнози. Совуқ тушиш (қора совуқ) прогнози. Температура ва намликни эркин атмосферадаги прогнози.

Туман ва кўринувчанликни прогноз қилиш

Туманлар классификацияси. Совиш (радиацион, адвектив) туманлари. Бўғланиш туманлари. Туман ҳосил бўлувчи температура прогнози. Радиацион туман прогнози. Фронтал туман прогнози. Туман ҳосил бўлиш вақтини прогнози.

Конвектив бўлмаган булутларни, буркама ва шивалама ёғинларни прогноз қилиш

Конвектив бўлмаган фронтал булутларни прогноз қилишда Ернинг сунъий йўлдошлари, метеорологик радиолокация ёрдамида олинган маълумотлар, босим майдонининг гидродинамик прогноз натижаларидан фойдаланиш.

Конвектив булутларни, жала ёғинлар ва момақалдиروқни прогноз қилиш

Конвектив булутлар миқдорини прогнози. Конвектив булутларнинг пастки ва юқори чегара баландлигини прогнози. Жала ёғин прогнози. Дўл прогнози. Момақалдиروق прогнозини Уайтинг, Фауст, Фатеев усуллари.

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича

кўрсатма ва тавсиялар

Ҳар бир амалий машғулот, дастлаб ишнинг мақсадини ва мавзуга оид назарий билимларни қисқача ёритишдан бошланади. Сўнг ишни бажариш учун зарур бўлган маълумотлар ва қўйилган мақсадни амалга ошириш учун талаб қилинган вазифалар аниқ белгиланиб, ишни бажариш тартиби эса қўйилган вазифалар кетма-кетлигига асосланади. Барча ишлар олинган натижаларнинг таҳлили билан якунланади.

Ҳар бир амалий машғулотни бажариш учун берилган маълумотларга таяниб, талабаларга алоҳида вариантларни ҳам таклиф этиш мумкин.

Амалий машғулотларнинг тахминий тавсия этиладиган мавзулари:

- 1.1. Дарёнинг ирмоқсиз қисми учун оқиб ўтиш вақтини аниқлаш;
- 1.2. Сув сатҳини мослашган сув сатҳлари усули ёрдамида қисқа муддатли прогноз қилиш;
- 1.3. Сув сатҳини гидрологик тенденция (инерция) ёрдамида қисқа муддатли прогноз қилиш;
- 1.4. Юза оқимни элементар тошқин усули билан прогноз қилиш.
2. Текислик дарёлари оқимини прогноз қилиш:
 - 2.1. Текислик дарёлари тўлинсув даври оқимини прогноз қилиш;
 - 2.2. Тўлинсув давридаги максимал сув сатҳини прогноз қилиш.
3. Тоғ дарёлари оқимини прогноз қилиш:
 - 3.1. Дарё ҳавзасидаги ихтёрий баландлик учун ҳаво ҳароратини аниқлаш;
 - 3.2. Дарё ҳавзасидаги қор захиралари индексини баҳолаш;
 - 3.3. Тоғ дарёлари вегетация даври оқимини прогноз қилиш;
 - 3.4. Тоғ дарёлари ойлик оқими миқдорини прогноз қилиш;

3.5. Сув баланси тенгламаси асосида ўзандаги сув захиралари билан сув сарфи орасидаги боғланишни ўрганиш;

3.6. Ўзандаги сув захираларига боғлиқ ҳолда дарё оқимини қисқа муддатли прогноз қилиш.

4. Синоптик жараён прогнози.

4.1. Циклон ва антициклонларнинг ҳосил бўлиши, эволюцияси ва силжишининг прогнози.

4.2. Атмосфера фронтлари эволюциясини прогнозлаш усуллари.

4.3. Ерга яқин шамолнинг прогнози.

4.4. Конвектив бўлмаган булутларнинг прогнози.

5. Синоптик ҳолат прогнози.

5.1. Атмосфера фронтлари силжишини прогнозлаш усуллари.

5.2. Эркин атмосферадаги шамолнинг прогнози.

5.3. Минимал ҳарорат прогнози.

5.4. Туман бошланиш вақти прогнози.

5.5. Шамол ва унга боғлиқ ҳодисалар прогнози.

5.6. Ҳаво температураси ва намлигининг прогнози.

5.7. Буркама ва шивалама ёғинлар прогнози.

5.8. Конвектив булут, жала ёғин, дўл ва момақалдиқроқ прогнози.

6. Туман ва кўринувчанлик прогнози.

7. Тез ҳаво оқимлари ўқининг горизонтал силжиши прогнози.

8. Минимал ва максимал ҳаво температурасининг прогнози.

Курс ишини ташкил этиш

бўйича кўрсатмалар

Курс ишининг мақсади талабаларнинг гидрологик ва метеорологик прогнозлардан мустақил ишлаш қобилиятини ривожлантириш, уларда фанни ўрганиш натижасида олган назарий билимларини амалда қўллаш, бевосита гидрометеорологик прогнозлар ишлаб чиқаришидаги реал шароитларга мос техник ечимлар қабул қилиш ва замонавий гидрометеорологик прогнозлаш усуллари, ўлчов қурилмалари, асбоблари ва технологияларидан фойдаланиш кўникмаларини ҳосил қилишдир.

Курс ишининг мавзулари бевосита гидрометеорологик прогнозлардан атроф – муҳит муҳофазаси, қишлоқ ва сув хўжалиги ва бошқа соҳаларда фойдаланиш ҳамда ишлаб чиқаришда амалга ошириладиган жараёнларга боғлиқ ҳолда, аниқ бир гидрологик ёки метеорологик объект материаллари ва маълумотлари асосида бажарилади. Курс ишининг мавзулари талабаларнинг умумий сонидан 20-30% кўпроқ ҳолда олдиндан тайёрланади. Ҳар бир талабага шахсий топшириқ берилади.

Курс иши объекти сифатида дарёлар, кўллар, сув омборлари, атмосфера ёғинлари, об-ҳаво ҳолати ва бошқалар берилади. Белгиланган объектга боғлиқ ҳолда гидрометеорологик кўрсаткичларни ҳисоблаш ва прогнозлашга оид ишлар амалга оширилади. Курс ишининг ҳисоблаш – график ишларини замонавий компьютер дастурларида бажариш тавсия этилади.

Курс ишининг тахминий мавзулари:

1. Дарё ўзанида ҳаракатланаётган сув оқимининг гидрологик моделлари тавсифи.

2. Дарёнинг ирмоқсиз қисмида тошқин кўчишининг модели.

3. Оқим ҳосил бўлишининг генетик ифодалари.

4. Кўллар ва сув омборлари сатҳини прогноз қилиш.
 5. Тоғ дарёлари вегетация даври оқимини прогнозлаш.
 6. Вегетация давридаги алоҳида ойлар оқимини прогнозлаш.
 7. Кўллар ва сув омборларидаги тўлқинларни прогноз қилиш.
 8. Ер ости сувлари сатҳи ва ер ости оқимини прогноз қилиш.
 9. Музлаш ходисаларини прогноз қилиш.
 10. Муз қоплами қалинлигини прогноз қилиш.
 11. Сув ҳавзаларининг муздан ҳалос бўлиш муддати прогнози.
12. Дарёлар сув юзасининг музлаш муддатини прогноз қилиш.

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Мустақил ишни тайёрлашда “Гидрометеорологик прогнозлар” фанининг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда талабага қуйидаги шакллардан фойдаланиш тавсия этилади:

- дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фан боблари ва мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллардан фойдаланган ҳолда фаннинг маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи тизимлар билан ишлаш;
- махсус адабиётлардан фойдаланган ҳолда, фан бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- янги гидрологик ва метеорологик прогнозлаш қурилмалари, техникалари, аппаратуралари, жараёнлари ва технологияларини ўрганиш;
- фаннинг талабанинг ўқув-илмий-тадқиқот ишларини бажариш билан боғлиқ бўлган бўлимларини ва мавзуларини чуқур ўрганиш;
- масофавий (дистанцион) таълимдан ва интернет тармоғидан фойдаланиш ва ҳ.к.

Мустақил иш учун қуйидаги мавзуларни чуқур ўрганиш тавсия этилади:

1. Дарёнинг ирмоқсиз қисми учун сув сатҳини мослашган сув сатҳлари усули ёрдамида қисқа муддатли прогноз қилиш.
2. Дарёлар сув сатҳини гидрологик тенденция (инерция) усулида қисқа муддатли прогнозлаш.
3. Юза оқимни элементар тошқин усули билан прогноз қилиш.
4. Текислик дарёлари тўлинсув даври оқимини ва максимал сув сатҳини прогноз қилиш.
5. Тоғ дарёси ҳавзасидаги қор заҳиралари индексини баҳолаш.
6. Тоғ дарёлари вегетация даври оқимини прогноз қилиш.
7. Тоғ дарёлари ойлик оқими миқдорини прогноз қилиш.
8. Ўзандаги сув заҳираларига боғлиқ ҳолда дарё оқимини қисқа муддатли прогноз қилиш.
9. Синоптик объектларнинг эволюциясининг таҳлили ва прогнози.
10. Синоптик ҳолат прогноз харитасини тузиш.
11. Метеорологик прогнозлар турлари.

12. Қисқа муддатли прогноз усуллари.
13. Метеорологик прогнозларнинг физик асослари.
14. Метеорологик прогнозларни баҳолаш.
15. Шамол тезлиги ва йўналишини прогноз қилиш усуллари.

Дастурнинг инфор­ма­цион-услубий таъминоти

Гидрометеорологик прогнозлар фанини ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий усуллари, янги педагогик ва ахборот технологиялари қўлланилиши назарда тутилган. Дастурдаги барча маъруза мавзуларини ўтишда таълимнинг замонавий усуллари­дан кенг фойдаланиш, ўқув жараёнини янги педагогик технологиялар асосида ташкил этиш самарали натижа беради. Бу борада замонавий педагогик технологиянинг “Бумеранг”, “Ёлпиғич”, “Ақлий хужум”, “Масофавий таълим”, “Занжир”, “Кластер” ҳамда “Муаммоли таълим” технологиясининг “Мунозарали дарс” каби усуллари­ни қўллаш ўринлидир. Шунингдек, амалий машғулотлар ҳамда курс ишини тайёрлаш жараёнида фанга тегишли бўлган махсус маълумотномалар, қурилмалар, жадваллар, чизмалар, слайдлар ва кинофильмлардан фойдаланиш назарда тутилади.

Фойдаланиладиган асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар рўйхати

Асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
2. Бефани Н.Ф. Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
3. Билялов Р.Б., Исамухамедова У.М. Задания и рекомендации по выполнению лабораторных работ по синоптической метеорологии (часть II). Издательство ТашГУ, 1990.
4. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология.-Л., ГМИ. 1991.
5. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987.

Қўшимча адабиётлар

6. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. –Л.: ЛПИ, 1982.
7. Зверев А.С. Синоптическая метеорология -Л., ГМИ, 1977.
8. Инагамова С.И., Мухтаров Т.М., Мухтаров Ш.Т. Особенности синоптических процессов Средней Азии. – Т.: САНИГМИ, 2002.
9. Корень В.И. Математические модели в прогнозах речного стока. –Л.: Гидрометеоиздат, 1991.
10. Лукина Н.К. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек. - Ташкент, 1980.
11. Методы расчета и прогноза половодья для каскада водохранилищ и речных систем // А.П.Жидиков, А.Г.Левин, Н.С.Ничаева. –Л.: ГМИЗ, 1977.
12. Мухторов Т.М. Тропосферадаги тез ҳаво оқимлари. - Тошкент, ЎОИТГМИ. 2000.

13. Огиевский Ю.М. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
14. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. - Л.: Гидрометеиздат, 1979.
15. Практикум по синоптической метеорологии. Под ред. Воробьева. Л., ГМИ, ч.1, 1983.
16. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х. Долгосрочный прогноз стока взвешенных наносов рек Средней Азии за вегетационный период. – В кн.: Эрозионные и русловые процессы. – Луцк, 1991.
17. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. -Л.: Гидрометеиздат, 1986.
18. Синоптик метеорологиядан лаборатория ишларини бажариш учун топширик ва маслахатлар (1,2 қисм). Тошкент, Университет,1992.
19. Ўқув синоптик атласи. Тошкент, Университет. 1992.
20. Ҳикматов Ф.Ҳ., Айтбаев Д.П. Гидрологик башоратлар. Маърузалар матни. – Тошкент: Университет, 2000.
21. www.undp.uz (Бирлашган Миллатлар Ташкилоти Тараққиёт Дастур веб-сайти)
22. www.gwpcacena.org
23. www.Ziyo.net
24. Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, 24.Synoptic Meteorology 25.www.atmos.washington.edu/academic/synoptic.html
25. Online School for Weather www.srh.noaa.gov/jetstream

«Келишилган»
 География факультети
 декани _____
 доц. Маҳамдалиев Р.Й.
 «__» __08__2011 йил

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО КУРСУ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ

Лекции – 20 ч.
 Практические работы - 28 ч.
 Самостоятельная работа – 50 ч.
 Курсовая работа – 27 ч.
 Всего – 125 ч.
 Рейтинг – 8 ч.

Гидрометеорологические прогнозы

Гидрологические прогнозы

Введение

Цель и задачи курса «Гидрологических прогнозов». Связь курса с другими предметами и его роль при подготовке высококвалифицированных специалистов - гидрометеорологов.

Содержание курса

Значение курса в народном хозяйстве. Краткая история развития. Основные современные направления развития гидрологических прогнозов. Использование гидрологических прогнозов в различных отраслях народного хозяйства и их экономическая эффективность.

Понятие «Гидрологические прогнозы». Классификация гидрологических прогнозов (ГП). Организация службы ГП. Виды гидрологической информации. Фонд научно-практических материалов по ГП.

Физические основы ГП. Основы разработки методов ГП. Оценка методики ГП. Абсолютная ошибка, допустимая погрешность. Эффективность методики прогноза. Проверочные прогнозы. Обеспеченность методики прогноза.

Краткосрочный прогноз уровня и расходов воды. Общие сведения о краткосрочных прогнозах, их классификация и характеристика. Метод тенденции. Гидрологическая инерция, ее причины.

Метод соответственных уровней, физические основы, сфера использования. Прогноз методом соответственных уровней для бесприточной участки реки. Определение соответственных уровней и времени добегания. График соответственных уровней. Прогноз методом соответственных уровней для приточной участки реки. Определение соответственных уровней и времени добегания. Учет притоков. Построение графиков связи.

Прогноз речного стока с учетом русловых запасов. Физические основы методы. Методы определения русловых запасов. Построение объемной кривой. Прогноз на основе русловых запасов с учетом притока воды.

Прогноз дождевых паводков. Общие сведения о методах прогнозов дождевых паводков. Основные факторы формирования дождевого стока и возможности их учета. Основные принципы расчета дождевого стока. Функция времени добегания, методы

построения. Методы расчета паводковой волны и их применение в практике. Дождевые паводки в условиях Средней Азии. Прогноз дождевых паводков и селей в условиях Средней Азии.

Долгосрочный прогноз равнинных рек. Виды долгосрочных прогнозов и их задачи. Водный баланс периода половодья. Основные факторы, определяющие стока периода половодья, методы его предсказания. Прогноз месячного стока периода межени. Учет наблюденных значений стока, русловых запасов, атмосферных осадков и влажности почвы.

Долгосрочный прогноз стока горных рек. Особенности формирования стока горных рек и определяющие их факторы. Вертикальная зональность снежного покрова, атмосферных осадков и температуры воздуха. Учет вертикальной зональности этих факторов при разработке ГП. Определение количество осадков и запасы снежного покрова с целью ГП. Методы расчета сезонной снеговой границы, использование спутниковых материалов. Расчет температуры для горного бассейна. Прогноз стока за период вегетации. Прогноз месячного стока горных рек.

Прогноз ледовых явлений. Краткосрочный прогноз ледовых явлений. Учет элементов теплового баланса. Краткосрочный прогноз сроков появления шугохода. Факторы ледостава и методы их предсказания. Прогноз толщины ледостава. Краткосрочный прогноз вскрытия рек. Долгосрочные прогнозы замерзания и вскрытия рек, озер и водохранилищ. Основные принципы разработки методов долгосрочных прогнозов ледообразования и ледостава, определяющие их факторы.

Практические занятия

1. Краткосрочный прогноз элементов речного стока на основе гидрологической инерции:

- 1.1. Определение времени добегания для бесприточной участки реки;
- 1.2. Краткосрочный прогноз уровня воды методом соответственных уровней;
- 1.3. Краткосрочный прогноз уровня воды методом гидрологической инерции;
- 1.4. Прогноз поверхностного стока методом элементарного паводка.

2. Прогноз стока равнинных рек:

- 2.1. Прогноз стока половодья равнинных рек;
- 2.2. Прогноз максимального уровня периода половодья;

3. Прогноз стока горных рек:

- 3.1. Расчет температуры для горного бассейна;
- 3.2. Оценка индекса снеготпасов в горных бассейнах;
- 3.3. Прогноз стока горных рек на период вегетации;
- 3.4. Прогноз месячного стока горных рек;
- 3.5. Исследование зависимости между расходом воды и русловыми запасами на основе уравнения водного баланса;
- 3.6. Краткосрочный прогноз стока рек на основе русловых запасов.

Типовой план курсового проекта

Тема: **Прогноз стока горных рек.**

Введение.

- I. Сведения, необходимые для прогноза стока горных рек.
- II. Расчет температуры и его градиента для горного бассейна.
- III. Определение количества осадков, выпадающих в горный бассейн и запасов воды снежного покрова.
- IV. Расчет высоты сезонной снеговой границы.
- V. Разработка методики прогноза стока горных рек на период вегетации.
- VI. Разработка методики прогноза месячного стока горных рек.

VII. Оценка эффективности разработанных методов прогнозов.

Заключение.

Литература.

Приложение.

Темы для самостоятельных работ

1. Гидрологическая модель водного потока, движущаяся в русле.
2. Модель движения паводка на бесприточной участки реки.
3. Генетические формулы формирования стока.
4. Прогноз уровня воды озер и водохранилищ.
5. Прогноз высоты волны в озерах и водохранилищах.
6. Прогноз уровня и потока подземных вод.
7. Прогноз ледовых явлений.
8. Прогноз толщины ледяного покрова.
9. Прогноз очищения ото льда водных объектов.
10. Прогноз даты замерзания рек.

Литература

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1974.
2. Бефани Н.Ф. Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: ГМИЗ, 1987.
3. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987.
4. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек // Составитель: доц. И.К. Лукина. - Ташкент, 1980
5. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. - Л.: ГМИЗ, 1979.

Дополнительная литература

1. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. –Л.: ЛПИ, 1982.
2. Огиевский Ю.М. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
3. Методы расчета и прогноза половодья для каскада водохранилищ и речных систем // А.П.Жидиков, А.Г.Левин, Н.С.Ничаева. – Л.: ГМИЗ, 1977.
4. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х. Долгосрочный прогноз стока взвешенных наносов рек Средней Азии за вегетационный период. – В кн.: Эрозионные и русловые процессы. – Луцк, 1991.

Составитель: д.г.н. Хикматов Ф.Х.

Рецензенты: Василина Л. (САНИГМИ)
доц. Сирлибоева З.С.

“Утверждаю”
 проф. Хикматов Ф.Х.
 2011 г.

Зав. кафедрой
 “ _____ ” _____

Календарный план
 Факультет – географический, курс – 4, группа – русская
 Наименование дисциплины – Гидрологические прогнозы
 Читает лекции – ст.пр – ль Сагдеев Н.З. – 20 ч.
 Практические занятия проводит - ст.пр – ль Сагдеев Н.З. – 28 ч.

№	Вид занятий	Лекции или практические занятия	Час	Отметка об исполнении		Подпись
				Дата	Часы	
1	Л 1	Цели и задачи курса. Связь с другими науками..	2			
2	Л 2	Понятие и классификация ГП. Служба ГП. Физические основы ГП. Методы ГП. Оценка методики ГП. Абс. Ошибка, допуст. Погреш.	2			
3	Л 3	Прогнозирование элементов водного режима. КГП Н и Q. Классиф.КГП. Гидролог. Инерц	2			
4	ПР 1	Практическая работа 1, ТК	4			
5	Л 4	Прогноз речного стока с учетом русл. Запас.	2			
6	ПР 2	Практическая работа 2, ТК	4			
7	Л 5	Прогноз дожд. Паводков. Функции добеган.	2			
8	ПР 3	Практическая работа 3, ТК	6			
9	Р	Промежуточный контроль 1	2			
10	Л 6	ГП весен. Половодья равнин. Рек. ВБ полов.	2			
11	ПР 4	Практическая работа 4, ТК	4			
12	Л 7	ГП стока горных рек. Особенности формиров. стока горных рек.	2			
13	Л 8	ДГП горных рек на вегетацию.	2			
	ПР 5	Практическая работа 4, ТК	4			
14	Л 9	ГП среднего месячного стока горных рек на период вегетации	2			
15	Л 10	ГП ледовых явлений	2			
16	ПР 6	Практическая работа 6, ТК	6			
17	Р	Промежуточный контроль 2	2			
18	Р	Итоговый контроль	4			

«Гасдиклайман»
 География факультети
 декани _____
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.
 «__»_08__2011 йил

Распределение баллов по видам контроля
 для курса «Гидрологические прогнозы» по специальности «Гидрометеорология» на 2011
 – 2012 учебный год

Общий объем часов – 130
 Лекций - 38
 Практических - 23
 Самостоятельных - 20
 Лабораторные - 20
 Рейтинг - 8

№	Вид контроля	Максимальный балл	Проходной балл	Время проведения контроля
1.	Текущий контроль	8	4,4	4 неделя семестра
2.	Текущий контроль	7	3,85	7 неделя семестра
3.	Текущий контроль	7	3,85	9 неделя семестра
4.	Текущий контроль	8	4,4	13 неделя семестра
5.	Текущий контроль	8	4,4	16 неделя семестра
6.	Текущий контроль	7	3,85	18 неделя семестра
7.	Промежуточный 1	10	5,5	10 неделя семестра
8.	Промежуточный 2	15	8,25	19 неделя семестра
9.	Итоговый	30	16,5	Последнее занятие семестра
	Всего	100	55	

Жорий баҳолаш мезонлари:

Лаборатория ишени баҳолашда қуйидагилар эътиборга олинади:

- мустақил назарий тайёргарлик даражаси (конспект, оғзаки савол-жавоб);
- ишени бажаришдан мақсад ва бажариш тартибини билиши;
- ишени бажариш жараёнида олинган натижалар асосида ҳисоблашларнинг тўғри амалга оширилганлиги;
- олинган натижаларни таҳлил қилиш орқали чиқарилган хулосаларнинг илмийлиги.

Амалий машғулотлардаги баҳолаш жараёнида қуйидагилар инобатга олинади:

- мустақил назарий тайёргарлик даражаси;
- амалий машғулот топшириқларини бажариш жараёнида назарий билимларни тўғри қўллай билинганлиги (керакли формула, қонуниятлар тўғри ишлатилганлиги).

Оралик баҳолаш мезонлари:

- фаннинг ОБ учун белгиланган бўлими ёки қисми бўйича назарий билимларнинг тўла ўзлаштирганлик даражаси;
- олинган назарий билимларни қўллай билиш кўникмаларининг шаклланганлик

даражаси;

- қўйилган саволларга берилган жавобларнинг илмий асосланганлиги;
- ўтилган мавзулар бўйича мустақил фикрлаш қобилиятини намоён этганлиги;
- тавсия этилган адабиётлардан ташқари, қўшимча манбалардан фойдаланилганлик.

Яқунин баҳолаш мезонлари:

- фан бўйича назарий билимларнинг тўла ўзлаштирганлик даражаси;
- олинган назарий билимларни амалда қўллай билиш кўникмаларининг шаклланганлиги;
- қўйилган саволларга берилган жавобларнинг аниқ ва лўнда илмий асосланганлиги;
- ўтилган фан бўйича мустақил фикрлаш қобилиятини шаклланганлиги;
- тавсия этилган адабиётлар ва қўшимча манбаларни ўзлаштирганлиги.

Талабанинг фан бўйича ўзлаштириш кўрсаткичи қуйидаги мезонлар асосида баҳоланади:

а) **86-100** балл учун талабанинг билим даражаси қуйидагиларга жавоб бериши лозим:

- хулоса ва қарор қабул қилиш;
- ижодий фикрлай олиш;
- мустақил мушоҳада юрита олиш;
- олган билимларини амалда қўллай олиш;
- моҳиятини тушуниш;
- билиш, айтиб бериш;
- тасаввурга эга бўлиш.

б) **71-85** балл учун талабанинг билим даражаси қуйидагиларга жавоб бериши лозим:

- мустақил мушоҳада юрита олиш;
- олган билимларини амалда қўллай олиш;
- моҳиятини тушуниш;
- билиш, айтиб бериш;
- тасаввурга эга бўлиш.

в) **56-70** балл учун талабанинг билим даражаси қуйидагиларга жавоб бериши лозим:

- моҳиятини тушуниш;
- билиш, айтиб бериш;
- тасаввурга эга бўлиш.

г) қуйидаги холларда талабанинг билим даражаси 0-55 балл билан баҳоланиши

мумкин:

- аниқ тасаввурга эга булмаслик;
- жавобларда хатоликларга йўл қўйилганлик;
- билмаслик.

Баҳолаш мезони Қуруқлик гидрологияси кафедрасининг 2011 йил 26 августдаги мажлисида муҳокама этилган (баённома №).

Тузувчи:
Кафедра мудири

ст.пр. Н.З. Сагдеев
проф. Ф.Ҳ.Ҳикматов

«Гасдиклайман»
 География факультети
 декани _____
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.
 «__»_08__2011 йил

ТАЪЛИМ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Маълумки, таълим технологияси - “техник ва инсон ресурсларини ҳамда уларнинг ўз олдига таълим шакллари оптималлаштириш вазифасини қўювчи ҳамкорлигини ҳисобга олган ҳолда дарс бериш ва билимларни ўзлаштиришнинг барча жараёнларини яратиш, қўллаш ва белгилашнинг тизимли усули” ҳисобланади (ЮНЕСКО).

Тизимли туркум (категория) каби таълим технологияси қуйидагиларни ифодалайди:

- педагогик тизимнинг таркибий қисмларини (компонентларини);
- таълим технологиясининг таркибий қисмларини (элементларини), унинг процессуал қисмини;
- таълим методикасининг кейинги даражасини – мақсадга эришиш учун услубий (методик) тизимни ўқув жараёни қатнашчиларининг ҳаракат изчиллигига айлантиради.

Мутахассисликка кириш курсини самарали ўқитиш мақсадида қўйидаги технологиялардан фойдаланиш кўзда тутилган:

- муаммоли ўқитиш;
- танқидий фикрлашни ривожлантирувчи технологиялар;
- ривожлантирувчи таълим технологиялари;
- ўйинли технологиялар;
- ҳамкорлик технологиялари;
- ўқитишнинг табақалаштирилган ва индивидуал технологияси;
- программалаштирилган ўқитиш технологияси;
- компьютер- ахборот технологиялари.

Фанни ўқитишда интерфаол усулларни қўллаш самарали натижа беради. Чунки, интерфаол усуллар талабаларда мантиқий, ижодий, танқидий, мустақил фикрлашни шакллантиришга, қобилиятларини ривожлантиришга, етук мутахассис бўлишларига ҳамда мутахассисга керакли бўлган касбий фазилатларни тарбиялашга ёрдам беради.

Қуйида курсни ўқитиш жараёнида қўллаш мумкин бўлган баъзи бир технологияларга тавсиф берамиз.

“ТАРМОҚЛАР” методи – талабани мантиқий фикрлаш, умумий фикр доирасини кенгайтириш, мустақил равишда адабиётлардан фойдаланишни ўргатишга қаратилган.

“БУМЕРАНГ” техникаси – талабаларни дарс жараёнида, дарсдан ташқарида турли адабиётлар, матнлар билан ишлаш, ўрганилган материалларни ёдда сақлаб қолиш, сўзлаб бера олиш, фикрни эркин ҳолда баён эта олиш ҳамда бир дарс давомида барча ўқувчи талабаларни баҳолай олишга қаратилган.

“МУЛОҚОТ” техникаси – аудиториядаги талабалар диққатини ўзига жалб этиш, дарс жараёнида ҳамкорликда фаолият кўрсатишга, уни ташкил этишни ўргатишга қаратилган.

“ТАРМОҚЛАР МЕТОДИ” (Кластер) - фикрларнинг тармоқланиши – бу педагогик стратегия бўлиб, у талабаларни бирон бир мавзунини чуқур ўрганишларига ёрдам бериб, уларни мавзуга тааллуқли тушунча ва аниқ фикрни эркин ва очиқ равишда кетма-кетлик билан узвий боғлаган ҳолда тармоқлашга ўргатади. Бу метод бирон мавзунини чуқур ўрганишдан аввал талабаларнинг фикрлаш фаолиятини жадваллаштириш ҳамда кенгайтиришга эришиш мумкин.

“БУМЕРАНГ” технологияси - мазкур технология бир машфулот давомида ўқув материалнинг чуқур ва яхлит ҳолатда ўрганиш, ижодий тушуниб етиш, эркин эгаллашга йўналтирилган. У турли мазмун ва характерга (муомала, мунозарали, турли мазмунли) эга бўлган мавзуларни ўрганишга яроқли бўлиб, ўз ичига оғзаки ва ёзма иш шакллари қамраб олади ҳамда бир машфулот давомида ҳар бир иштирокчининг турли топшириқларни бажариши, навбат билан ўқувчи ёки ўқитувчи ролида бўлиши, керакли баллини тўплашига имконият беради. “Бумеранг” технологияси танқидий фикрлаш, мантиқий шаклланишга имконият яратади; хотирани чархлайди, диққатни кучайтиради. Ҳоаяларни, фикрларни, далилларни ёзма ва оғзаки шаклларда баён қилиш кўникмаларини ривожлантиради. Мазкур метод тарбиявий характердаги қатор вазифаларни амалга ошириш имконини беради: жамоа билан ишлаш маҳорати; муомалалилик; хушфееьллик; қониқувчанлик; ўзгалар фикрига хурмат; фаоллик; раҳбарлик сифатларини шакллантириш; ишга ижодий ёндашиш; ўз фаолиятининг самарали бўлишига қизиқиш; ўзини ҳолис баҳолаш.

“СКАРАБЕЙ” технологияси - “Скарабей” интерактив технология бўлиб, у талабаларда фикрий боғлиқлик, мантиқий хотиранинг ривожланишига имконият яратади, қандайдир муаммони ҳал қилишда ўз фикрини очиқ ва эркин ифодалаш маҳоратини шакллантиради. Мазкур технология талабаларга мустақил равишда билимнинг сифати ва савиясини ҳолис баҳолаш, ўрганилаётган мавзу ҳақидаги тушунча ва тасавурларни аниқлаш имконини беради. У айна пайтда, турли Ҳоаяларни ифодалаш ҳамда улар орасидаги боғлиқликларни аниқлашга имкон яратади. Мазкур технологиядан ўқув материалнинг турли босқичларини ўрганишда фойдаланиш имконияти мавжуд.

“БЕЕР” технологияси - мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммо характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Технологиянинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир йўла ахборот берилади. Айна пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида нуқталардан муҳокама этилади. Масалан, ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари белгиланади.

Бу интерактив технология гидрологик прогнозлар курсида танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўз Ҳоаялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда ихчам баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади.

Конспект лекций

Лекция 1.

Введение

1. Гидрология и гидрологические прогнозы

Как и всякая другая наука гидрология призвана решать ряд практических задач, возникающих в процессе развития и хозяйственной деятельности общества. Одной из важнейших сторон практического приложения гидрологии являются гидрологические прогнозы.

Слово «прогноз» составлено из двух греческих слов: «про», что означает вперед, и «гнозис», что означает знание. Таким образом, в буквальном смысле слово «прогноз» означает заблаговременное знание, т.е. предвидение, предсказание развития событий или явлений. Под гидрологическими прогнозами, в частности, понимается научно обоснованное предсказание гидрологических явлений, которые возникают и сменяют друг друга на реках и озерах в процессе сезонных и других изменений погоды.

Все гидрологические явления на реках и озерах тесно связаны с климатом и условиями погоды на территории их бассейнов, характером рельефа, растительным и почвенным покровом бассейнов, т.е. с географической средой. Вот почему гидрология, опираясь на общие законы физики, тесно связаны также с другими естественными науками и в первую очередь с метеорологией и климатологией, изучающими погоду и климат, с гидрогеологией, изучающей подземные воды, с почвоведением, геоморфологией, изучающей формы рельефа земной поверхности и др.

Сложность гидрологических явлений и трудность постановки точных и детальных наблюдений на обширных пространствах естественных водосборов являются главной причиной того, что гидрология как наука оформилась сравнительно недавно и не располагает пока ещё возможностью рассчитывать эти явления с большой точностью. Это наложило свой отпечаток и на современное понимание термина «гидрологический прогноз», и на практические приемы прогнозов.

Гидрологический прогноз отнюдь не является точным предвычислением и непременно содержит в себе элемент научно-обоснованной вероятности. Тем не менее современная гидрология может уже с определенной заблаговременностью предвидеть каким будет половодье на реках в будущую весну, когда произойдет вскрытие или замерзание рек, и ряд других явлений.

2. Народнохозяйственное значение гидрологических прогнозов.

Реки и озера – величайшее богатство. В отличие от других природных богатств водные ресурсы рек и озер постоянно восстанавливаются самой природой в процессе непрерывного круговорота воды в системе океан – атмосфера – суша – океан.

Хозяйственное использование рек началось издавна и имеет богатую историю. Средством сообщения реки служат с древних времен. Как источники движущей силы они начали использоваться не менее 700 лет назад. Наиболее широкое распространение

водосилового установок в промышленности получили в XVIII в. К искусственному орошению полей люди прибегали также с древних времен.

Рост промышленности, городов, развитие транспорта, а также расширение посевных площадей в районах искусственного орошения потребовали широкого развертывания строительных работ по сооружению гидроэлектростанций и оросительных систем, судоходных каналов и многочисленных водохранилищ для снабжения водой предприятий и населения. Широкий размах гидротехнического строительства и использования водных ресурсов обусловил быстрое развитие гидрологии как науки. Плановая система народного хозяйства потребовала одновременно решения другой важнейшей задачи - создания методов и организации службы гидрологических прогнозов. Долгосрочные гидрологические прогнозы необходимы для наиболее рационального регулирования стока рек, в планировании выработки электроэнергии и водоснабжении. Гидрологические прогнозы имеют большое значение также для борьбы с опасными и неблагоприятными явлениями на реках.

Разливы рек вызывают наводнения, при которых затапливаются города и села, разрушаются постройки, гибнут скот и посевы. Наводнения влекут за собой громадные убытки, а иногда и человеческие жертвы. А случается и так, что необычное маловодье на реках приводит к их обмелению, затрудняет судоходство, уменьшает выработку электроэнергии на гидроэлектростанциях, а в районах искусственного орошения вызывает гибель посевов на больших площадях.

Большой экономический эффект дают прогнозы и предупреждения о максимальных уровнях половодья на реках. Экономическая эффективность гидрологических прогнозов и предупреждений об опасных явлениях связана с их заблаговременностью. Чем больше заблаговременность прогноза, тем больше возможностей появляется для принятия защитных мер, а следовательно, для предотвращения ущерба.

3. Из истории развития службы гидрологических прогнозов.

Гидрологические прогнозы – одна из важнейших областей практического приложения гидрологии к использованию водных ресурсов. История их развития тесно связана с требованиями практики. Однако, как уже отмечалось, действительная научная возможность предвидения гидрологических явлений появилась сравнительно недавно, с того времени, как гидрология накопила необходимые для этого опыт и данные наблюдений, позволяющие вести численные расчеты.

Первые попытки научного решения задачи о краткосрочном прогнозе уровня воды на судоходных реках относятся к 90-м годам XIX в. Выполненные в те годы инженерами водного транспорта В.Г. Клейбером, Д.Д. Гнусиным и А.Н. Квицинским исследования до сего времени не потеряли своего значения.

Необходимость в гидрологических прогнозах потребовала постановки специальных исследований. Уже с весны 1922 г. в институте под руководством В.Н. Лебедева, заведующего бюро гидрологических предсказаний, начали составляться прогнозы высоты весеннего половодья.

В начале 20-х годов под руководством Л.К. Давыдова началась разработка методики долгосрочного прогноза водоносности горных рек Средней Азии, в основу которой были положены идеи, выдвинутые Э.М. Ольдекопом.

В 1929 г. была создана Единая гидрометеорологическая служба, объединившая все работы метеорологических и гидрологических станций по наблюдениям за погодой и состоянием рек, озер и морей и по обслуживанию народного хозяйства сведениями о погоде, о состоянии рек и других водных объектов.

С 1938 по 1943 г. научно-методическое руководство службой гидрологических прогнозов было сосредоточено в ГГИ. В течение сравнительно короткого промежутка

времени ГГИ была проведена большая работа по организационному укреплению этой службы, созданию фонда материалов наблюдений, а также по методике прогнозов и постановке сетевых наблюдений, необходимых для практического решения задач прогноза.

Послевоенный период знаменовал собой новый этап в развитии службы гидрологических прогнозов, который характеризовался, с одной стороны, дальнейшей разработкой и углублением научно-методических основ долгосрочных и краткосрочных гидрологических прогнозов, а с другой стороны, значительным расширением самой службы этих прогнозов, что диктовалось широким развитием гидротехнического строительства, водного транспорта, ирригации и в целом водного хозяйства.

К наиболее значительным достижениям 50-х годов относятся:

- исследования процессов поглощения талых и дождевых вод и разработка теоретических основ прогноза стока равнинных рек;
- разработка приближенный методов расчета перемещения и трансформации паводковых волн на участках рек на основе учета регулирующей емкости русла;
- исследование закономерностей формирования стока горных рек и разработка методики его прогноза;
- исследования снеготаяния и разработка методов его расчета;
- исследование процессов теплообмена льдообразования и формирования ледяного покрова и разработка практических способов расчета времени появления льда и сроков ледостава на реках и, озерах и водохранилищах.

Последующие годы характеризуются все более широким применением электронной вычислительной техники в исследованиях по гидрологическим прогнозам, в обработке данных и в самих прогнозах.

4. Задачи и организации службы гидрологических прогнозов.

Служба гидрологических прогнозов и служба погоды в организационном отношении объединены в единую службу прогнозов. Такая организация имеет то преимущество, что дает возможность гидрологам работать в непосредственном контакте с метеорологами-синоптиками, одновременно и немедленно использовать в своей работе все данные метеорологических наблюдений и прогнозов погоды, а также повседневно пользоваться консультациями синоптиков.

Работа службы прогнозов организована по административно-территориальному принципу. В каждом местном управлении Гидрометеорологической службы имеется бюро погоды, в состав которого входит отдел гидрологических прогнозов. На обязанности этих бюро лежит повседневное гидрометеорологическое обслуживание народнохозяйственных и культурных организаций.

В целях лучшего обслуживания этих организаций в крупных областных центрах, при крупных гидротехнических стройках работают специальные гидрометеорологические бюро (ГМБ). В оперативно-методическом отношении они подчинены соответствующим бюро погоды и ведут гидрометеорологическое обслуживание под их непосредственным руководством.

Гидрологическое обслуживание центральных организаций осуществляет Гидрометцентр. В его задачу входит также научно-методическое руководство работой бюро погоды и обсерваторий.

Важнейшими видами прогнозов, которые регулярно выпускаются в настоящее время, являются:

- прогнозы сезонного, квартального и месячного притока воды в водохранилища гидроэлектростанций;
- прогнозы стока горных рек в районах орошаемого земледелия на вегетационный (апрель-сентябрь) и более короткие (месяц, декада) периоды;

- прогнозы максимальных уровней половодья и паводков большой и малой заблаговременности;
- прогнозы уровней воды на судоходных реках различной заблаговременности;
- долгосрочные и краткосрочные прогнозы сроков появления льда, замерзания и вскрытия рек, замерзания и очищения ото льда водохранилищ.

Лекция 2

Фонд научно-оперативных материалов по гидрологическим прогнозам.

1. Содержание материалов, составляющих научно-оперативный фонд.

Основой для изучения гидрологических процессов и явлений и разработки методов гидрологических прогнозов являются материалы гидрологических и метеорологических наблюдений, а также наблюдений за влажностью и глубинной промерзания почвы. Помимо этих материалов требуется ещё ряд других дополнительных данных, которые необходимы для учета особенностей самих речных бассейнов. К числу таких данных относятся:

- а) материалы по гидрографии, т.е. сведения о речной сети, её густоте, характере долин и пойм, заболоченности речных бассейнов, морфометрические характеристики рек и других водных объектов и т.д.;
- б) данные о растительном покрове и лесистости, распределение лесов и их характере;
- в) данные о рельефе и почвах;
- г) материалы по геологии и гидрогеологии;
- д) данные о гидротехнических сооружениях и режиме их эксплуатации;
- е) данные о народнохозяйственном использовании водных объектов и связанных с этим требованиях к гидрологическому обслуживанию;
- ж) данные об уровнях и расходах воды, опасных для населенных пунктов, гидротехнических сооружений и других объектов.

2. Гидрологические материалы.

Основными материалами, характеризующими водный режим рек и озер, являются данные об уровнях и расходах воды. Ежедневные сведения об уровнях и расходах сводятся для каждого пункта наблюдений в годовые таблицы и систематически издаются в виде гидрологических ежегодников; в них помещаются также сведения о ледовых явлениях, толщине льда и температуре воды. Гидрологические ежегодники являются основным источником гидрологических сведений. Но при разработке методики прогнозов, а также для обслуживания народного хозяйства недостаточно иметь лишь эти сведения. Требуются также характеристики режима водных объектов, которые получают на основании обработки ежедневных данных. К их числу относятся следующие:

- декадные и месячные характеристики расходов и уровней воды (средние, наибольшие и наименьшие значения за каждый год);
- годовые характеристики уровней и расходов воды;
- характерные элементы весеннего половодья (характеристики фазы подъема половодья, наивысший уровень и расход, характеристики спада, общая продолжительность, грунтовый сток, поверхностный сток, общий сток);

- основные характеристики дождевых паводков;
- приток вод к водохранилищам (данные об общем и полезном притоке, сброс воды);
- характерные элементы ледового режима (время наступления, продолжительность, уровни при ледоходе, характеристики заторов и зажоров);
- толщина льда;
- температура воды.

3. Материалы по снежному покрову.

Снежный покров является важнейшим фактором, определяющим водный режим подавляющего большинства рек и озер.

Данные снегосъемок по каждому снегомерному пункту за весь период наблюдений сводятся в специальные таблицы снежного покрова. В этих таблицах за каждый год указываются:

- а) дата установления снежного покрова;
- б) характеристика почвы;
- в) данные о высоте и плотности снега и запасе воды в нем для каждой снегосъемки;
- г) дата начала снеготаяния весной;
- д) дата схода снега в поле и лесу;
- е) продолжительность периода снеготаяния в поле и лесу;
- ж) максимальный запас воды в снеге и время его наступления.

Методические основы разработки и оценки гидрологических прогнозов.

1. Определение гидрологического прогноза.

Гидрологический прогноз в самом общем его понимании представляет собой заблаговременный расчет интересующего нас элемента (явления) гидрологического режима в конкретных физико-географических условиях, основанный на знании закономерностей природных процессов, определяющих это явление.

Количественное определение гидрологических явлений в масштабах реального времени отличает гидрологические прогнозы от разного рода статистических расчетов, позволяющих оценить лишь вероятность различных значений того или иного элемента режима. Таким образом, каждый гидрологический прогноз должен иметь ту или иную заблаговременность, под которой понимается промежуток времени от момента составления прогноза до даты наступления или окончания предсказываемого явления. Это зависит от того, какой элемент режима предсказывается, например максимальный уровень половодья, который имеет определенную дату, или сток за половодье, которое длится во времени некоторый период.

2. Закономерное и случайное в гидрологических прогнозах.

Гидрологические процессы подчиняются законам физики. Явления, связанные с переходом воды из одного агрегатного состояния в другое (образование льда на реках и водоемах, таяние снега и льда, испарение), определяются законами тепло- и влагообмена с атмосферой, а явления стекания воды по поверхности земли, движения её в руслах и толще почвогрунтов подчиняются законам гидродинамики.

Все изменения, которые мы наблюдаем в состоянии рек и других водных объектов, в среднем обусловлены климатическими особенностями данного бассейна, а в каждый конкретный момент времени являются следствием текущих условий погоды, т.е. метеорологических факторов. При этом воздействие одних тепловых факторов

сказывается незамедлительно, а такого фактора, как осадки, с определенным замедлением, которое зависит от размеров речного бассейна.

Более медленное протекания процессов стока и определенное их отставание от более быстро меняющихся метеорологических процессов является тем фактором, который благоприятствует определению с той или иной заблаговременностью некоторых элементов гидрологического режима. Вместе с тем вследствие неоднородности природной среды, чрезвычайной сложности и неравномерности метеорологических процессов в метеорологии и гидрологии чаще всего приходится иметь дело с такими явлениями, которые в соответствующих масштабах времени приобретают типичные черты случайных переменных. Максимальные зимние запасы воды в снеге, если взять их колебания от года к году, носят характер стохастической переменной. Точно также обстоит дело с суммами осадков и температурой воздуха за отдельные календарные отрезки времени. При всей закономерности гидрологических процессов в прогнозах гидрологических явлений всегда присутствует элемент случайности, роль которого возрастает с увеличением заблаговременности прогноза и выражается в увеличении погрешностей последнего.

Случайность колебаний метеорологических факторов не является единственным решающим фактором. Значительную роль играют также точность необходимых для расчета гидрометеорологических данных и степень приближенности методики самих расчетов. Следовательно, абсолютно точных прогнозов в принципе быть не может даже в том случае, когда в их основе лежит достаточно точная в физическом отношении методика.

3. Классификация гидрологических прогнозов.

В основу классификации существующих гидрологических прогнозов могут быть положены три основных признака:

- 1) заблаговременность прогнозов;
- 2) предсказываемые явления и элементы режима;
- 3) целевое назначение прогнозов.

Каждый из этих признаков позволяет разделить прогнозы на несколько видов.

По признаку заблаговременности гидрологические прогнозы делятся на долгосрочные и краткосрочные.

Условно к категории краткосрочных прогнозов принято относить прогнозы, заблаговременность которых не превышает 10-15 суток. Заблаговременность долгосрочных гидрологических прогнозов обычно от 1-2 до 6-8 месяцев.

В зависимости от предсказываемых явлений все гидрологические прогнозы делятся на прогнозы элементов водного режима (водные прогнозы) и элементов ледового режима (ледовые прогнозы). Каждый из этих видов прогнозов по признаку заблаговременности делится соответственно на долгосрочные и краткосрочные.

По целевому назначению все гидрологические прогнозы можно разделить на прогнозы общего пользования и специализированные прогнозы для различных отраслей народного хозяйства.

К первой группе относятся прогнозы, представляющие общий интерес, например прогнозы максимального уровня половодья и паводков и предупреждения о наводнениях. Специализированные прогнозы учитывают специфику требований таких отраслей народного хозяйства, как гидроэнергетика, водный транспорт, орошаемое земледелие и др.

Лекция 3

Физические основы гидрометеорологии.

1. Научно-методические основы гидропрогнозов и их связь с метеопрогнозами.

В основе разработки методов гидропрогнозов лежит физический анализ природных процессов, конечная цель которого состоит в установлении количественных взаимосвязей позволяющих рассчитывать с заданной заблаговременностью интересующий нас элемент режима применительно к конкретным речным бассейнам или участкам рек. В соответствии с этим под методом прогноза понимается обычно общий подход к решению задачи, вытекающий из физической сущности процессов, определяющих данное явление (например, метод водного баланса, применяемый в расчетах объема стока, метод теплового баланса, применяемый в расчетах охлаждения воды для определения момента начала ледообразования, гидродинамический метод, применяемый в расчетах неустановившегося движения воды в русле)

В отличие от более общего понятия метода прогноза под методикой прогноза понимают обычно расчетные приемы или построения (формулы, графики связи или номограммы), разработанные на основе того или иного метода применительно к конкретным водным объектам или к некоторой территории. В качестве методики прогноза может быть как достаточно строгое аналитическое решение задачи, так и приближенные способы расчета с использованием в обоих случаях эмпирически установленных параметров или, наконец, чисто корреляционные связи.

Существующие методы гидрологических прогнозов можно разделить на четыре основные группы:

1. Методы, вытекающие из закономерностей движения воды в руслах. К ним относятся гидродинамические методы и приближенные способы расчета перемещения и трансформации паводков на участке реки, являющиеся основой краткосрочных прогнозов уровней и расходов.
2. Методы, вытекающие из закономерностей процессов формирования стока в речном бассейне. К ним относятся водно-балансовые методы прогнозов стока половодья и паводков и методы расчета их гидрографов.
3. Методы, вытекающие из закономерностей теплообмена в реках, озерах и водохранилищах, происходящих под влиянием гидрометеорологических факторов. Сюда относят методы приближенного расчета охлаждения воды, нарастания и таяния льда, являющиеся основой краткосрочных прогнозов сроков замерзания и вскрытия рек и других водных объектов.
4. Методы, в основе которых лежат чисто корреляционные связи интересующей нас переменной с одним или несколькими причинными факторами. Такие связи используются для прогнозов недостаточно изученных явлений или при недостатке данных, необходимых для более глубокого физического анализа.

Гидрологические процессы тесно связаны с метеорологическими. С точки зрения возможностей прогнозов все факторы, определяющие сток и другие гидрологические явления, можно разделить на две категории: 1) известные начальные факторы, которые определяют уже сложившиеся к моменту выпуска прогнозов условия и могут быть с той или иной степенью точности оценены по данным гидрометеорологических наблюдений; 2) неизвестные факторы будущего, влияние которых на предсказываемое явление сказывается уже после выпуска прогноза.

В практике разработки методики гидрологических прогнозов широко используются такие приемы, как графическое построение эмпирически устанавливаемых зависимостей, корреляция, подбор эмпирических формул, построение расчетных графиков по заданным формулам.

2. Эмпирические зависимости

Под эмпирическими зависимостями понимаются такие зависимости, которые устанавливаются на основании материалов наблюдений за прошлое время. В соответствии с этим эмпирические зависимости могут выражать как непосредственно связь интересующей нас переменной величины с обуславливающими её причинными факторами, так и закономерности её изменения в зависимости от постоянно действующих факторов.

Для установления зависимостей первого вида широко используются графические построения и методы корреляционного анализа. Второй тип зависимостей устанавливается путем усреднения и исключения влияния переменных факторов.

Для установления эмпирических зависимостей большое значение имеет точность исходных данных. Поэтому обработка материалов наблюдений и вычисление по ним различных характеристик в гидрологических исследованиях занимает важное место.

Эмпирические зависимости можно находить двумя путями: либо путем построения графиков с соблюдением определенных правил, либо аналитически, пользуясь методами корреляционного анализа. Аналитический путь позволяет решать задачу для большого числа переменных, хотя корреляционные расчеты трудоемки. Они более просты для линейных зависимостей и более сложны для нелинейных. К линейной корреляции часто прибегают и тогда, когда хотят установить лишь меру связи между двумя переменными величинами.

Полученная графическим путем эмпирическая зависимость может быть выражена в аналитическом виде, путем подбора формулы. Такие формулы обычно называют эмпирическими в отличие от формул, выводимых теоретически.

3. Методы линейной корреляции.

Прямая линия выражается уравнением вида: $y = ax + b$ где x – независимая переменная; y – функция этой независимой переменной; a и b – постоянные коэффициенты, которые могут иметь как положительный, так и отрицательный знак.

Любое уравнение первой степени может быть представлено графически в виде прямой линии. Точно также любую заданную в системе координат прямую можно представить в аналитическом виде. Задача в этом случае сводится к тому, чтобы определить постоянные a и b .

Параметры прямой определяются следующим образом. Выбрав на прямой две произвольные точки А и В с координатами А (x_1 , y_1) и В (x_2 , y_2), вычисляются a и b , пользуясь формулами:

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$b = y_1 - (y_2 - y_1 / x_2 - x_1) * x_1$$

Координаты точек снимаются с графика прямой.

Метод линейной корреляции дает возможность находить не только параметры уравнения линии связи, но и одновременно с этим определить такие важные статистические характеристики, как коэффициент корреляции и среднюю квадратическую ошибку, которые служат соответственно мерой тесноты связи между переменными и мерой отклонения эмпирических данных от линии связи.

Для определения уравнения регрессии для двух переменных служит формула:

$$y - y_{cp} = \frac{\sum \Delta x \Delta y}{\sum \Delta x^2} (x - x_{cp})$$

где x и y – независимая переменная и её функция; x_{cp} и y_{cp} – средние арифметические значения переменных x и y ; Δx и Δy – отклонения измеренных значений от соответствующего среднего арифметического значения переменной.

Средние квадратические отклонения σ_x и σ_y является мерой, характеризующей изменчивость переменных, и вычисляются по формулам:

$$\sigma_x = \sqrt{\sum \Delta x^2 / n} \quad \text{и} \quad \sigma_y = \sqrt{\sum \Delta y^2 / n}$$

Коэффициент корреляции вычисляется по формуле:

$$r = \frac{\sum \Delta x \Delta y}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \sum \Delta y^2}}$$

Угловой коэффициент уравнения регрессии связан с коэффициентом корреляции следующим соотношением:

$$a = (\sigma_x / \sigma_y) * r$$

Мерой отклонения точек от линии связи является средняя квадратическая ошибка уравнения регрессии, которая обозначается обычно s_y

$$s_y = \sigma_y \sqrt{1 - r^2}$$

Вероятная ошибка коэффициента корреляции выражается по формуле:

$$Er = \pm 0.674 (1 - r^2 / \sqrt{n})$$

Для характеристики точности уравнения регрессии служит значение так называемой приведенной средней квадратической ошибки:

$$s_{ycp} = s_y \sqrt{(n/n-2)}$$

4. Нелинейная и корреляция и подбор эмпирических формул.

При исследовании гидрологических явлений часто приходится встречаться с нелинейными зависимостями. Обычно когда имеют дело с нелинейной зависимостью, прежде всего находят для неё уравнение, а если это не удастся, идут по пути подбора формулы, которая удовлетворяла бы эмпирическим данным. При подборе эмпирических формул прежде всего изображают зависимость графически, что дает наглядное представление о её виде, так и о тесноте. Наиболее распространенным является способ «выравнивания», или «спрямления».

Рассмотрим случаи, когда уравнение кривой содержат только два неизвестных коэффициента.

Уравнение параболы $y = ax^b$.

Показательная функция $y = ae^{bx}$. В этом уравнении e является основанием натуральных логарифмов, которое равно с округлением 2,718.

Уравнение гиперболы $y = 1/a = bx$. Спрявление этой кривой достигается путем преобразования уравнения к виду $1/y = bx = a$.

5. Построение расчетных графиков.

Многие формулы можно представить в виде простых графиков и номограмм, которые упрощают и ускоряют расчеты. В обычных прямоугольных координатах можно построить любой график, если число переменных не превышает трех. Однако и при

большем числе переменных для некоторого вида формул нетрудно построить систему совмещенных расчетных графиков. Суть такого построения состоит в использовании общих осей или совмещении нескольких графиков. Наиболее простой случай построения системы совмещенных графиков покажем на примере линейного уравнения с четырьмя независимыми переменными

$$y=0,5x_1+0,2x_2+2x_3-0,4x_4.$$

В данном примере все аргументы имеют только положительные значения. Поскольку в правой части формулы стоит сумма произведений, представим её в виде трех уравнений:

$$\begin{aligned}y' &= 0,5x_1 + 0,2x_2; \\ y'' &= y' + 2x_3; \\ y &= y'' - 0,4x_4.\end{aligned}$$

Каждое из этих уравнений имеет три переменные величины и, следовательно, может быть представлено в виде семейства прямых. А так как в каждое последующее уравнение входит переменная, вычисленная из предшествующего уравнения, это и дает возможность, пользуясь общими осями, так совместить три графика, чтобы получить искомое значение y , не определяя значений y' и y'' .

6. Принципы оценки методов и оправдываемости гидрологических прогнозов.

Оценка прогнозов преследует две цели:

- 1) установить степень точности и эффективности методики прогнозирования;
- 2) определить степень удачности прогноза или их совокупности после осуществления предсказанного явления.

В качестве числовой оценки эффективности методов прогнозирования в практике службы гидрологических прогнозов используются отношения

$$s/\sigma = \sqrt{\sum(x_i - x_{cp})^2/n} \quad s/\sigma \text{ или } s/\sigma_{\Delta} \quad s = \sqrt{\sum(y - y')_i^2/n}$$

где s -средняя квадратическая ошибка проверочных прогнозов; σ – среднее квадратическое отклонение предсказываемой переменной от нормы; σ_{Δ} - среднее квадратическое отклонение изменений той же переменной от среднего её изменения за период заблаговременности прогноза. Среднее квадратическое отклонение изменений переменной за период заблаговременности прогноза вычисляется по формуле

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sum(\Delta_i - \Delta_{cp})^2/n}$$

где Δ_i -изменение предсказываемой переменной за период заблаговременности прогноза; $-\Delta_{cp}$ – среднее изменение (норма); n - число случаев.

Приведенные выше отношения характеризуют одновременно и точность методики прогнозов. Чем меньше эти отношения, тем точнее методика. Равенство этих отношений единице (когда $s=\sigma$) свидетельствуют о том, что метод прогноза не дает выигрыша в ошибках по сравнению с отклонениями от нормы. Отношение s/σ используется для оценки методики долгосрочных прогнозов, а отношение s/σ_{Δ} преимущественно для оценки методики краткосрочных прогнозов.

Приемлемыми для выпуска прогнозов принято считать такие методы, для которых отношения s/σ или s/σ_{Δ} не превышают 0,8 при числе проверочных прогнозов не менее 25.

К категории хороших методик прогнозов относятся такие, для которых $s/\sigma < 0,5$; к категории удовлетворительных, когда s/σ колеблется от 0,5 до 0,8.

Приведенные выше критерии эффективности методов прогноза являются приближенными. Критерием оправдываемости каждого отдельного прогноза или их совокупности служит допустимая ошибка. Оправдавшимися считаются прогнозы, ошибки которых меньше или равны допустимой. Такая оценка является условной и не отвечает вероятностному характеру прогнозов.

Допустимая ошибка может быть принята из различных соображений. В целях соблюдения сравнимости оценок оправдываемости прогнозов наиболее удобно назначать допустимую ошибку в зависимости от изменчивости предсказываемого явления за период заблаговременности прогноза. В соответствии с действующим в настоящее время Наставлением по службе прогнозов за допустимую ошибку краткосрочных прогнозов принимается вероятное изменение предсказываемой переменной за период заблаговременности прогноза.

$$\Delta_{\text{доп}} = 0,674\sigma_{\Delta}$$

а для долгосрочных прогнозов – вероятнее её отклонение от нормы

$$\Delta_{\text{доп}} = 0,674\sigma$$

Оправдываемость совокупности прогнозов вычисляется как отношение числа прогнозов с ошибками, не превышающими допустимую, к общему числу прогнозов и выражается в процентах.

Лекция 4.

Краткосрочные прогнозы расходов и уровней воды, основанные на закономерностях движения воды в руслах.

1. Общие положения.

Краткосрочные прогнозы уровней в реках, использующие закономерности движения воды в открытых руслах, имеют наиболее давнюю историю. В нашей стране такого рода прогнозы начали разрабатываться в 90-х годах прошлого столетия в связи с потребностями судоходства. Развитие их шло в тесной связи с развитием гидрометрических наблюдений на реках. В настоящее время они являются самым массовым видом прогнозов и широко используются для предупреждения об опасных уровнях во время половодья и паводков, для обеспечения судоходства и других отраслей народного хозяйства в период межени.

Заблаговременность такого рода прогнозов определяется продолжительностью перемещения водных масс на участках рек, на которых ведутся гидрометрические работы. Для больших рек она может достигать 10 суток и более, а для малых рек - измеряться даже часами. С постройкой крупных электростанций возникла потребность такого рода прогнозах в нижних бьефах, что связано с резкими колебаниями попусков воды.

2. Движение и трансформация волны паводка на бесприточном участке реки.

Если взять данные двух гидрометрических створов на бесприточном участке реки и сопоставить их между собой, обнаружится определенная закономерность в изменениях расходов воды в этих створах. Все характерные изменения расходов воды в верхнем створе повторяются и в нижнем, только в более поздние сроки соответственно времени пробега воды. Вместе с тем гидрограф нижнего створа не представляет собой точной копии гидрографа верхнего створа. Каждый паводок при своем продвижении вниз по реке претерпевает трансформацию, обусловленную несколькими причинами.

К числу основных причин, вызывающих изменение формы волны паводка, относятся регулирующее действие емкости русла и поймы и разница в скоростях движения воды в лобовой части паводка, т.е. в фазе его подъема, и в тыловой, т.е. при спаде, что обусловлено различием в уклоне водной поверхности. С этими причинами связано явление «распластывания» паводка по мере его продвижения на бесприточном участке реки.

Распластывание воды в паводках за счет неодинаковых скоростей течения воды на подъеме и спаде наиболее отчетливо прослеживается на волнах попусков из водохранилищ. Для естественных паводков, особенно на больших реках, разница в уклонах водной поверхности, а следовательно и в скорости течения, на подъеме и на спаде значительно меньше, в связи с этим распластывание их и выражено менее резко. Тем не менее оно проявляется в петлеобразной форме кривых расходов, обусловленной тем, что одним и тем же уровням на подъеме соответствуют несколько большие расходы воды, чем на спаде.

Наибольшее влияние на трансформацию волны паводка оказывает ёмкость русла и особенно поймы. При выходе воды на пойму происходит временное её изъятие из потока на затопление поймы, а следовательно, отставание этой массы воды от основного потока.

Время перемещения волны паводка на бесприточном участке реки зависит от скорости её перемещения, длины участка и регулирующей ёмкости поймы. Так как ёмкость поймы возрастает с увеличением расходов воды, то на реках с очень широкой поймой время пробега воды часто увеличивается с увеличением расходов.

Теоретически движение и трансформация волн паводков на бесприточном участке реки описываются уравнениями гидродинамики. Решение этих уравнений и сам расчет расходов и уровней для естественных русел представляют собой сложную задачу.

Влияние русловой ёмкости на форму волны паводка при её перемещении на бесприточном участке реки выражается в первом приближении уравнением водного баланса, вытекающим из условия неразрывности потока:

$$q_{cp}\Delta t - Q_{cp}\Delta t = \Delta W$$

где q_{cp} и Q_{cp} – средние расходы воды соответственно в верхнем и нижнем створах участка за расчетный интервал времени, м³/с; ΔW – изменение объема воды на участке за тот же интервал времени, м³; Δt – расчетный интервал времени, с.

Для расчета расходов воды в нижнем створе участка реки по уравнению (4.1) необходимо знать зависимость объема воды на участке от расхода в нижнем створе $W=f(Q)$ или от расходов в верхнем и нижнем створах $W=f(q, Q)$ и время добегания воды на участке.

Под временем добегания воды на участке реки понимается время, которое необходимо для того, чтобы зафиксированный в верхнем створе участка расход воды достиг нижнего створа. Временем добегания часто называют также разность между сроками наступления пиков волны паводка на нижнем и верхнем постах участка реки.

Зная кривую объемов для участка реки $W=f(Q)$, время добегания может быть определено в первом приближении по формуле:

$$\tau = \Delta W / \Delta Q,$$

где ΔW – приращение объема воды на участке за некоторый интервал времени; ΔQ – соответствующее ему приращение расхода воды в нижнем створе за тот же промежуток времени.

Время добегания связано со средней скоростью течения потока на участке реки. Теоретически для правильных призматических русел скорость перемещения волны должна превышать скорость течения. Установлены даже приближенные соотношения этих скоростей для различных форм русла при заданных параметрах его шероховатости. Например, для широкого параболического русла, исходя из формулы Шези, отношение скорости перемещения волны U паводка к средней скорости течения V составляет приблизительно $U/V=4/3$, т.е. $U \approx 1,3V$.

Для естественных русел в силу многообразия поперечных сечений и неодинаковых уклонов различие этих скоростей, скорость добегания волны паводка можно в первом приближении приравнять к средней скорости течения на участке реки.

Наиболее просто в качестве первого приближения время добегания на участке реки можно определить как разность между датами наступления пика паводка на нижнем и верхнем постах.

3. Построение кривых объёмов для участка рек.

Кривая объёмов для заданного участка реки может быть установлена приближенно двумя путями:

- 1) на основе морфометрических данных и кривых расходов;
- 2) непосредственно по данным о расходах воды в нижнем и верхнем створах участка реки.

Первый чисто геометрический способ требует подробных данных о поперечных профилях русла и поймы на участке и площадях поперечного сечения потока при различном расходе для каждого из поперечников. При наличии таких данных объём воды на участке для заданного значения расхода вычисляется по формуле:

$$W(Q) = \sum (\omega(Q)_i)_{cp} * l_i$$

где $(\omega(Q)_i)_{cp}$ - средняя площадь поперечного сечения потока на участке между двумя поперечниками, отвечающая заданному значению расхода, м²;

l_i - расстояние между поперечниками, м; индекс i означает номер участка между двумя поперечниками.

Вычислив для различных значений расхода соответствующие им объёмы, легко построить искомую кривую объёмов. Изложенный выше способ определения кривой объёмов практически не всегда возможен из-за недостатка морфометрических данных.

Для построения кривой объёмов по гидрометрическим данным используется уравнение водного баланса, которое дает возможность определять изменения объёма воды на бесприточном участке по разности расходов в нижнем и верхнем створах. Последовательное их суммирование и отнесение сумм к соответствующим значениям расхода в нижнем створе или расходу, осредненному на участке, позволяют построить график зависимости $W=f(Q)$ или $W=f(q,Q)$.

Для построения кривых объёмов отбирается несколько паводков, характеризующихся интенсивным подъёмом и спадом и разных по максимальному расходу. Определение разностей между расходами верхнего и нижнего поста можно вести как за период всего паводка, так и только за период его спада.

4. Практические способы расчета трансформации волны паводка на бесприточном участке.

Простейшие способы расчета трансформации паводочной волны на бесприточном или слабоприточном участке реки основаны на использовании уравнения водного баланса. Известен ряд способов, различие которых состоит в том, как определяется изменение объёма воды за расчетный интервал времени. В одних способах используются кривые объёмов, построенные по данным наблюдений. В других - даются аналитические способы расчета, различающиеся тем, какие допущения приняты в отношении вида зависимости, которой удовлетворяет кривая объёмов. Во всех случаях расчетный интервал времени должен быть меньше времени добегания воды на участке и принимается равным от половины до одной трети последнего.

Графоаналитический способ (предложил Р.Д.Гудрич) Способ дает возможность рассчитывать трансформацию волны паводка озером, а также на бесприточном участке реки по заданным интервалам времени, если известна кривая объёмов $W=f(Q)$. В основу расчета кладется уравнение водного баланса, записанное в следующем виде:

$$((q_1+q_2)/2)\Delta t - ((Q_1+Q_2)/2) \Delta t = W_2 - W_1$$

В этом уравнении индексы 1 и 2 означают соответственно начало и конец расчетного интервала времени Δt ; q и Q –расходы воды соответственно в верхнем и нижнем створах; W - объём воды на участке.

Уравнение легко преобразуется к более удобному для расчетов виду

$$q_1 + q_2 + (2 W_1 / \Delta t - Q_1) = 2 W_2 + Q_2$$

Аналитические способы. Простейшие аналитические способы расчета трансформации волны паводка основываются на решении уравнения $q_{cp} \Delta t - Q_{cp} \Delta t = \Delta W$ при допущении о линейности кривой объёмов, т.е. что объем воды на участке прямо пропорционален расходу в нижнем створе или расходам в верхнем и нижнем створах участка.

Наиболее распространенными являются предложенный американским гидрологом Маккарти маскингемский способ и разработанная Г.П. Калининым и П.П. Милюковым методика расчета по характерным участкам.

В маскингемском способе объём воды на участке реки принимается прямо пропорциональным расходам воды в верхнем и нижнем створах участка

$$W = k[xq + (1-x)Q]$$

Здесь k и x имеют значения, постоянные для данного участка реки. Постоянная k представляет собой отношение объёма к средневзвешенному расходу воды на участке и имеет размерность времени. Коэффициент x является безразмерным и всегда меньше единицы. Его значения чаще лежат в пределах 0-0,5.

Графические способы. Для одного характерного участка, объём воды на котором прямо пропорционален расходу в нижнем створе, расчет расходов может быть выполнен графически.

Из уравнения водного баланса следует

$$\Delta W / \Delta t = q_{cp} - Q_{cp}$$

но так как $W = \tau_{cp} Q$, то $\Delta Q / \Delta t = (q_{cp} - Q_{cp}) * \tau_{cp}$

В пределе, когда $\Delta t \rightarrow 0$, отношение $\Delta Q / \Delta t$ представляет собой тангенс угла наклона(к оси времени) гидрографа в нижнем створе $Q(t)$ при данном значении расхода.

Лекция 5

5.Метод соответственных уровней

Метод соответственных уровней является одним из простейших и старейших приёмов краткосрочных прогнозов. Суть метода сводится к установлению связи между значениями уровня воды на верхнем посту слабоприточного участка и соответствующими значениями уровня на нижнем посту. Разница во времени наступления соответственных уровней на верхнем и нижнем постах определяет возможную заблаговременность прогноза. Наилучшие результаты метод соответственных уровней дает применительно к прогнозам пиковых расходов и уровней.

В связи с соответственных уровней могут быть установлены путем корреляции или графически. И в том и другом случае необходимо определить время пробега гребня волны паводка между постами в зависимости от высоты самой волны. Без этого прогноз уровня не может быть привязан ко времени.

Теснота и вид связи соответственных уровней определяются несколькими факторами. Главными из них являются относительная величина и изменчивость бокового притока на участке реки, устойчивость русла и его морфометрические особенности, определяющие вид кривых расходов и степень трансформации волны паводка. Чем больше относительная величина бокового притока и его изменчивость, тем менее тесной оказывается связь соответственных уровней. Неустойчивость русла в створах постов также влечет за собой снижение тесноты связи, а следовательно, снижение точности

прогнозов. На реках с легко размываемым руслом устойчивая связь соответственных уровней вообще невозможно.

Практические приёмы определения соответственных уровней. Наиболее просто определение соответственных уровней выполняется путем сопоставления графиков колебания уровня воды на двух постах и нахождение на них характерных точек. К числу таких характерных точек относятся максимумы и минимумы уровня. Время добегания определяется при этом как разность между сроками наступления характерных уровней на нижнем и верхнем водомерных постах.

Порядок определения соответственных уровней по характерным точкам прост. Для каждой пары намеченных на совмещенных графиках характерных точек выбираются соответствующие значения уровней воды и даты их наступления. На верхнем и нижнем постах, которые записываются в таблицу. По датам наступления соответственных уровней вычисляется время пробега воды на участке, которое также записывается в таблицу. Пользуясь данными таблицы устанавливают, насколько сильно меняются время добегания при различных уровнях и насколько закономерны его изменения.

Определение времени добегания по кривым расхода и таблицам водомерного наблюдений. Этот способ применим для слабоприточных участков рек при наличии устойчивых кривых расхода. Сущность этого приема, предложенного А.В. Огиевским сводится к следующему, пользуясь кривыми расходов строится график связи уровней двух постов. Построение его легко выполняется графически. Для этого необходимо на общую ось расходов нанести кривые $Q=fH$ нижнего и верхнего постов. Задаваясь после этого различными значениями расходов воды графическим путем определяются координаты графика связи уровней. Далее, пользуясь данными водомерных наблюдений составляют таблицу для определения времени добегания воды. Определив время добегания для большого числа случаев, охватывающих весь диапазон изменения уровня, выясняют закономерность его изменений.

Графики связи соответственных уровней и их применение в прогнозах. Установление связи соответственных уровней чаще всего выполняется графически. Если связь соответственных уровней выражается прямой линией, то положение её на графике, а следовательно, и её уравнение могут быть определены методами линейной корреляции. При криволинейном характере связи соответственных уровней средняя кривая связи проводится обычно на глаз, посередине поля эмпирических точек. Обычно для слабоприточных участков графики связи соответственных уровней получаются настолько четкими, что проведение средних линий связи не представляет затруднений.

В заключении остановимся на некоторых общих правилах, которыми необходимо руководствоваться при построении графиков связи соответственных уровней для относительно бесприточных участков рек.

1. Учитывая неоднозначность кривых расходов на подъёме и спаде половодья или паводка, а также некоторую разницу во времени добегания для этих фаз, определение соответственных уровней и построение графиков их связи необходимо выполнять для каждой из этих фаз отдельно. Разделение соответственных уровней по фазам производится по данным верхнего водомерного поста, которые являются исходными для составления прогноза.

2. Для построения графиков связи соответственных уровней необходимо использовать наиболее поздние данные водомерных наблюдений и самые последние кривые расходов. Это позволит избежать возможных ошибок в прогнозах за счет деформации русла, которая могла произойти со временем производства давних наблюдений.

3. Для слабоприточных участков большой протяженности прежде чем определять соответственные уровни и строить график связи для двух крайних створов необходимо построить графики связи соответственных уровней в последовательном порядке для всех

промежуточных постов. Это дает возможность более точно определить общее время пробега воды на всем участке.

Лекция 6.

6. Прогноз уровней и расходов воды на приточных участках реки.

Формирование расходов воды на приточном участке реки. Представим себе участок реки с несколькими притоками. Количество воды, протекающей в реке в различных створах этого участка, будет различным. Ниже впадения первого притока к расходу воды, который имела река, прибавляется расход этого притока. К этому суммарному расходу воды добавится затем расход второго притока.

Количество воды, которое протекает по главной реке и её притокам в разное время может быть различным. В одних случаях основная волна паводка может идти по главной реке, в других паводок может сформироваться на одном из притоков, а в третьих - на другом. Может быть и такой случай, когда паводок формируется одновременно на обоих притоках и главной реке.

Не одновременность прохождения волн паводков на главной реке и её притоках является причиной того, что время наступления пика паводка в нижнем створе в значительной мере зависит от наложения волн. Поэтому на приточных участках, особенно если притоки многоводны, правильно определить время пробега воды по времени наступления пиков паводка часто не представляется возможным. Из-за различного во времени наложения волн ошибки при таком определении времени пробега воды могут быть значительны.

Определение времени добегания воды по промежуточным участкам. Представлена схема приточного участка речной системы, на котором необходимо определить время пробега воды от постов А, С и В до нижнего створа В. Буквами a, b, c, d, n, m на этой схеме обозначены промежуточные посты данные которых должны использоваться при определении времени добегания.

Если промежуточные участки А-а, D-d, С-с, В-b и m-n слабоприточны, то для каждого из них время добегания можно определить по соответственным уровням. Определив таким путем время добегания для промежуточных бесприточных участков τ_{A-a} , τ_{B-b} , τ_{C-c} , τ_{D-d} , τ_{m-n} и зная длину каждого из этих участков l_{A-a} , l_{B-b} , l_{C-c} , l_{D-d} , l_{m-n} , вычисляем среднюю скорость пробега воды (км/сутки)[^]

$$V_{A-a} = l_{A-a} / \tau_{A-a}, V_{B-b} = l_{B-b} / \tau_{B-b}, \text{ и т.д.}$$

После этого определяется средняя скорость пробега воды на промежуточных приточных участках:

Для участка a-m эта скорость принимается средней между V_{A-a} и V_{m-n} , т.е.

$$V_{a-m} = (V_{A-a} + V_{m-n}) / 2$$

Для участка d-m

$$V_{d-m} = (V_{D-d} + V_{m-n}) / 2$$

Для участка c-b

$$V_{c-b} = (V_{C-c} + V_{B-b}) / 2$$

Для участка n-b

$$V_{n-b} = (V_{m-n} + V_{B-b}) / 2$$

Зная протяженность каждого из этих участков, легко определить время пробега воды:

$$\tau_{a-m} = (l_{a-m} / V_{a-m}) \quad \tau_{d-m} = (l_{d-m} / V_{d-m}) \text{ и т.д.}$$

Общее время добегания воды на интересующих нас участках А-В, С-В и D-В определяется суммированием.

Если скорость добегания на промежуточных участках окажутся зависящими от высоты уровня, то для различных их значений находят свои скорости, и суммарное

время пробега воды τ_{A-B} , τ_{C-B} , τ_{D-B} устанавливается соответственно для различных уровней или расходов верхних постов A, C, D.

При определении времени добегания описанным выше путем требуется дополнительная проверка, которая сводится к следующему.

1. Тщательно сопоставляя гидрографы или графики колебания уровня по основным постам A, B, C, D, отбираются такие периоды, когда значительные их изменения наблюдались только на основной реке, а на притоках в это время они сохранялись устойчивыми. Отбрав такие периоды, по характерным переломным точкам и по кривым суточных изменений уровня определяют время пробега воды на участке A-B основной реки, которое и сопоставляют с ранее установленным.

2. Если по всем основным постам A, B, C и D имеются таблицы ежедневных расходов за многолетний период наблюдений, то производят сопоставление суммарного гидрографа верхних створов $Q_A+Q_C+Q_D=f(T)$ и фактического гидрографа нижнего поста $Q_B=f(T)$.

Определение времени добегания путем подбора по гидрографам. Этот прием целесообразно применять на участках, где впадает один крупный приток. Суть его сводится к следующему.

Сначала каким либо наиболее простым способом, например по средним скоростям течения, приблизительно устанавливают время пробега воды на обоих участках (A-B и C-B). Затем путем подбора, т.е. посредством нескольких проб, производят его уточнения, добиваясь наилучшего совпадения суммы расходов верхних постов с расходами нижнего поста.

Прогнозы уровня по соответственным расходам в верхних створах.

Главное преимущество использования расходов воды заключается в том, что измеряя их на различных реках, получаем непосредственно количество протекающей воды. В отличие от расходов, уровни воды, измеряемые на тех же постах, являются величинами относительными, так как исчисляются они над условно принимаемыми отметками нуля графика поста.

Особенно большое преимущество использования сведений о соответственных расходах получаем при разработке методики прогнозов для таких участков рек, на которых впадает несколько притоков. Это позволяет не только увеличивать заблаговременность прогнозов, но и значительно проще решать эту задачу.

Расход реки на определенный момент времени в нижнем створе приточного участка может быть определен из простого уравнения

$$Q_t = a(Q_A + Q_B + Q_C + \dots + Q_N) + b,$$

где $Q_A + Q_B + Q_C + \dots + Q_N$ – соответственные расходы воды в вышележащих створах реки и её притоков, наблюдавшиеся раньше момента времени t на соответствующее время добегания τ_A , τ_B и т.д.; a и b – коэффициенты, учитывающие дополнительный боковой приток и регулирующее действие русел.

Поскольку уровень воды в данном створе реки зависит от её расхода, то, следовательно, его высота в этом створе является также функцией суммы соответственных расходов.

$$H_t = f(\sum Q)$$

Отсюда видно, насколько упрощается решение задачи о прогнозе уровня на приточном участке реки при использовании данных о расходах воды в верхних створах. Использование в качестве исходной величины суммы соответственных расходов дает возможность ввести третью переменную величину для учета, например, дополнительного бокового притока или регулирующего действия русловой емкости на участке реки.

Метод соответственных расходов применим как для прогноза максимальных уровней и расходов половодья, так и для прогноза уровней или расходов на заданное число дней вперед, равное времени добегания воды от верхних постов до интересующего нас нижнего поста. В первом случае для построения расчетного графика в качестве

аргумента берется максимум суммы расходов верхних створов $Q_{\max} = f(\sum Q)_{\max}$, а время наступления максимума половодья в нижнем створе определяется по разности между временем наступления максимума суммы расходов и временем наступления максимума половодья в нижнем створе. Во втором случае в качестве аргумента берется сумма соответственных расходов верховых створов на любую дату.

Верхние посты выбираются таким образом, чтобы время добегания воды от каждого из них до нижнего створа было по возможности одинаковым. Для этого пользуются картой изохрон добегания. Однако практически это не всегда можно сделать особенно в тех бассейнах, где гидрометрическая сеть редка. В таких случаях соответственные расходы могут находиться или путем учета времени добегания от каждого верхнего поста, или путем интерполяции расходов по тем рекам, на которых гидрометрические створы расположены выше и ниже изохронны, отвечающей принятой заблаговременности прогноза.

Для интерполяции лучше всего пользоваться графиками нарастания площади водосбора между гидрометрическими створами, вычисляя искомый расход по формуле

$$Q_i = Q_2 - f_i / f (Q_2 - Q_1)$$

где Q_i -расход реки на заданной изохроне; Q_1 - расход на посту выше заданной изохронны; Q_2 - расход на посту ниже заданной изохронны; f_i – приращение площади водосбора от точки пересечения реки изохронной до поста, расположенного ниже изохронны; f - приращение площади водосбора между верхним и нижнем постами.

Теснота связи расхода или уровня на нижнем посту с суммой соответственных расходов на верхних постах $H_{n+\tau} = f(\sum Q)_n$ зависит в значительной мере от изменчивости промежуточного притока. В некоторых случаях существенное повышение точности прогнозов достигается путем учета в качестве второй независимой переменной уровня воды на нижнем посту в день выпуска прогноза H_n

$$H_{n+\tau} = f(\sum Q, H_n)$$

Лекция 7

7. Прогноз стока по данным о запасах воды в руслах.

Прогнозы средних расходов за относительно короткие периоды времени основываются на использовании зависимости стока от запасов воды в русловой сети $Q_T = f(W_t)$, где W_t - запас воды в той части ручловой сети бассейна, с которой вода проходит замыкающий створ в течении заданного отрезка времени T . При отсутствии дополнительного притока талой или дождевой воды средний декадный расход в заданном створе реки целиком определяется объёмом воды, находящейся в руслах той части бассейна, время добегания воды с которой составляет 10 суток. Зависимости стока от запасов воды в руслах нашли широкое применение в практике прогнозов средних декадных и средних месячных расходов крупных рек, а в периоды устойчивой межени и на более длительное время вперед.

Определение запаса воды в руслах. Объём воды в руслах в заданный момент времени может быть определен с помощью кривых объёмов, построенных по участкам рек, или непосредственно по данным о расходах воды и времени её добегания. Последний способ как более простой применяется чаще.

В первом приближении объем воды на участке между двумя гидрометрическими створами равен произведению среднего расхода на время добегания:

$$W_{1-2}=(Q_1+Q_2/2)*\tau,$$

где Q_1+Q_2 – расходы соответственно на верхнем и нижнем постах.

Для участка, на котором впадает крупный приток объём воды вычисляется по формуле:

$$W_{2-3-4}=(Q_4+Q_2+Q_3/2)*\tau_{cp},$$

где τ_{cp} – среднее время добегания между створами 2-4 и 3-4; Q_4 – расход в нижнем створе.

Общий запас воды в русловой сети вычисляется как сумма объёмов по участкам.

Расчет запаса воды в русловой сети упрощается, если время добегания на каждом участке принять постоянным.

$$W=Q_1+3Q_2+2Q_3+3,5Q_4+1,5Q_5.$$

Аналогичную формулу легко получить при любом числе участков.

Построение расчетных графиков. При построении расчетных графиков для прогноза средних расходов воды прежде всего необходимо установить возможную заблаговременность прогноза. Для этой цели используются карты изохрон добегания воды по руслу и размещение гидрометрических постов в речном бассейне.

Заблаговременность прогноза средних расходов определяется временем пробега воды от наиболее удаленных гидрометрических створов.

Для построения расчетного графика используются данные о расходах воды за прошлые годы. По этим данным описанным выше способом вычисляют запасы воды на определенные календарные даты и соответствующие им средние расходы за период, равный времени добегания.

В крупных речных бассейнах описанная методика может применяться для прогнозов средних расходов с заблаговременностью несколько большей, чем период осреднения расходов. Определяя, например, запасы воды в речной сети в зоне, ограниченной изохронами 5 и 15 суток, можно построить график зависимости для прогнозов средних декадных расходов с заблаговременностью 15 суток. Для этого запас воды, вычисленный, например, на $5/VI$, связывается со средним расходом с 11 по $20/VI$, запас воды на $15/VI$ – со средним расходом за третью декаду июня и т.д.

Лекция 8.

Прогнозы дождевых паводков.

1. Общие сведения о методах прогнозов дождевых паводков.

Для небольших рек с резко выраженным паводочным режимом, а также для самых верховьев больших рек прогнозы с помощью методов теряют своё значение из-за малой их заблаговременности или вовсе невозможны. Поэтому возникает необходимость в расчетах гидрографов паводков по данным о количестве выпавших осадков, что важно для экстренных предупреждений.

Прогнозы дождевых паводков по данным об осадках являются одной из наиболее трудных в практическом отношении задач. Трудности её связаны главным образом с большой неравномерностью процессов формирования дождевого стока и недостатком данных, которые позволяли бы учитывать эту неравномерность.

Известно довольно большое число способов расчета гидрографа дождевых паводков, которые могут быть использованы для целей краткосрочных прогнозов расходов и уровней воды. Все они основаны на принципе суммирования одновременно добегающих масс воды и отличаются друг от друга только приемами расчета водоотдачи бассейна и определения функций добегания стока. По первому признаку все известные приемы расчетов можно разделить на три группы:

- 1) способы, основанные на использовании эмпирических зависимостей дождевого стока от осадков и факторов водопоглощения;
- 2) способы, основанные на использовании данных о притоке воды в русловую сеть бассейна, вычисленном по гидрометрическим данным;
- 3) математические модели для расчета паводков по осадкам с использованием электронных вычислительных машин.

2. Функции добегания стока и способы их определения.

Определением функций добегания стока выполняется тремя путями:

- 1) путем построения карты изохрон;
- 2) путем определения единичного гидрографа;
- 3) аналитическим путем, на основании допущений о характере регулирующего действия речных бассейнов и подбора параметров принятой функции добегания применительно к данному бассейну.

Метод изохрон. Сущность этого наиболее древнего метода состоит в том, что в качестве функции добегания стока принимается распределение площадей, заключенных между изохронами добегания воды. Простейший из способов построения карты изохрон в речном бассейне исходит из допущения о постоянстве скорости добегания и сводится к проведению на карте бассейна изолиний, соединяющих точки, равноудаленные от замыкающего створа. Определив по карте изохрон площади, заключенные между ними, делят их на всю площадь бассейна и получают распределение относительных площадей одновременного добегания воды.

Недостаток полученный описанным путем функции добегания стока состоит в том, что она не отражает в достойной мере регулирующее действие речного бассейна.

Единичный гидрограф. Введение американским гидрологом Л.К.Шерманом понятие единичного гидрографа нашло широкое применение в расчетах гидрографа паводков в США и других странах.

Определение единичного гидрографа сводится к трем простым операциям:

- 1) выделению на гидрографе паводка подземного стока;
- 2) определению слоя поверхностного стока;
- 3) делению расходов паводка (за вычетом грунтового питания) на слой поверхностного стока

$$U_i = (Q_i - Q_g) / Y \text{ м}^3 / (\text{с} * \text{мм}),$$

где Q_i – расход паводка в данный день; Q_g – расход грунтового питания; Y – слой стока за паводок.

Определение единичного гидрографа по одному паводку не может быть достаточно надежным. Поэтому необходимо определить несколько таких гидрографов, отобрав ряд паводков, вызванных дождями одной и той же продолжительности. За продолжительность осадков при этом принимается продолжительность наиболее интенсивной (стокообразующей) части дождя, а ещё лучше водоотдачи.

Средний единичный гидрограф для бассейна определяется путем осреднения нескольких гидрографов, полученных для одной и той же продолжительности осадков или водоотдачи.

Как приближенная характеристика присущего бассейну распределения стока, единичный гидрограф лучше отражает регулирующую роль бассейна, чем распределение межизохронных площадей.

Аналитические функции. Из числа аналитических функций добегания стока приведем формулу, предложенную Г.П. Калининым и П.И. Милюковым:

$$P(\tau) = \tau_{n-1} / \tau_{cp}^n (n-1)! * e^{-\tau/\tau_{cp}},$$

где τ - время; e -основание натуральных логарифмов; τ_{cp} и n – постоянные для данного бассейна параметры; $(n-1)!$ - факториал числа $(n-1)$, представляющий собой произведение последовательного ряда чисел от 1 до $(n-1)$.

Эта формула выведена из допущения, что регулирование стока речным бассейном аналогично регулированию стока системой водохранилищ, имеющих одинаковую линейную зависимость емкости от расхода.

3. Расчет поступления воды от осадков.

Количество осадков выражается обычно в виде слоя воды в миллиметрах на площадь бассейна. Для определения количества воды, поступившей на поверхность бассейна, используются данные измерений осадков с помощью дождемеров и самописцев дождя.

Средний слой осадков. В гидрологии известно несколько способов определения среднего слоя осадков: способ изогьет, способ полигонов и простое арифметическое осреднение. Применение того или другого способа зависит от числа и характера размещения пунктов наблюдений за осадками в бассейне, а также от степени равномерности выпадения самих осадков по площади.

Последние два способа дают удовлетворительные результаты при подсчетах осадков за длительные периоды времени – месяц, сезон, год. Применение их к расчету среднего слоя осадков за короткие периоды одного дождя нередко дает большие ошибки, особенно при неравномерном выпадении осадков.

Основным способом расчета среднего взвешенного слоя осадков является способ изогьет. Суть его состоит в построении карты распределения осадков, планиметрировании площадей между изогьетами и вычислении среднего взвешенного слоя осадков по формуле:

$$X_{cp} = \sum X_{срi} \phi_i$$

где $X_{срi}$ - средний слой осадков на площади между соседними изогьетами; ϕ_i – относительная величина этой площади в долях общей площади бассейна; n - число площадей между изогьетами.

Продолжительность и интенсивность осадков. Для определения характеристик продолжительности и интенсивности осадков используются данные плювиографов. Обычные дождемерные наблюдения недостаточны для определения интенсивности и хода осадков во времени и позволяют вычислить лишь некоторую условную интенсивность.

Построение графиков хода интенсивности осадков во времени по данным плювиографа может быть выполнено для каждой станции по относительно коротким интервалам времени. В соответствии с характером плювиограммы эти интервалы могут быть как постоянной, так и переменной длительности. Средняя за интервал интенсивность дождя вычисляется путем деления слоя осадков на длительность интервала и выражается в миллиметрах в минуту или в миллиметрах в час.

Лекция 9.

4. Инfiltrация воды в почву и поверхностное задержание.

Основные потери дождевого стока связаны с инfiltrацией воды в почву. Под интенсивностью инfiltrации понимается количество воды, просочившейся в почву в единицу времени. Интенсивность инfiltrации может выражаться в миллиметрах в минуту или в миллиметрах в час. Общее количество просочившейся в почву воды равно произведению интенсивности и инfiltrации i на время просачивания t :

$$I = it$$

Инфильтрация представляет собой сложный процесс исходящего движения воды в порах почвы и грунта под действием силы тяжести, молекулярных сил и сил сопротивления, обусловленных трением, вязкостью жидкости и наличием в порах почвы заземленного воздуха. Теория инфильтрации разработана ещё недостаточно. Источником представлений о процессе инфильтрации являются опыты по искусственному дождеванию небольших площадок. Как показывают эти опыты, процесс инфильтрации при постоянной интенсивности дождя имеет три характерные фазы: 1) полного поглощения осадков, 2) снижение интенсивности инфильтрации, 3) приблизительно постоянной установившейся интенсивности фильтрации.

Опыты по искусственному дождеванию показывают также, что изменение интенсивности инфильтрации во времени тесно связано с интенсивностью дождя и предшествующим увлажнением почвы. Чем больше интенсивность дождя, тем скорее и резче происходит снижение интенсивности инфильтрации. Аналогичная картина наблюдается и при разном начальном увлажнении почвы. Чем меньше дефицит влажности верхнего слоя почвы, тем меньше начальное поглощение воды и тем быстрее снижается интенсивность инфильтрации.

Формулы для расчета инфильтрации. Из числа формул, выведенных теоретическим путем, приведем формулу Г.А. Алексеева для случая глубокого залегания грунтовых вод.

$$i = k + \sqrt{0,5kHd/t}$$

где i - интенсивность инфильтрации, мм/мин; k - коэффициент фильтрации в тех же единицах; H - максимальная высота капиллярного поднятия воды в почве; d - дефицит влажности почвы; t - время от начала дождя.

Согласно этой формуле, интенсивность инфильтрации является функцией времени и зависит от начального увлажнения и свойств самой почвы, которые характеризуются максимальной высотой капиллярного поднятия и коэффициентом фильтрации. Формула выведена при допущении, что поверхность почвы покрыта некоторым слоем воды, поэтому в неё входит интенсивность дождя.

Близкой по своей структуре является формула, которую предложил австралийский ученый Филип:

$$i = (S/2t^{1/2}) + A,$$

где S и A - величины, характеризующие поглотительную способность и водопроницаемость почвы и зависят от свойств почвы и дефицита её влажности. Эта формула также выведена из условия, что поверхность почвы покрыта слоем воды.

Другой тип эмпирической формулы предложил в свое время американский гидролог Хортон:

$$i = (i_0 - k)e^{-ct} + k,$$

где i_0 - начальная, а k - установившаяся интенсивность инфильтрации; t - время; e - основание натуральных логарифмов; c - коэффициент, зависящий от интенсивности дождя.

Общий недостаток приведенных формул состоит в том, что они не учитывают в явном виде интенсивности дождя. Формула экспоненциального вида может быть также получена из теоретических соображений при допущении, что изменение интенсивности инфильтрации пропорционально самой интенсивности инфильтрации и зависит от количества осадков. Именно на основе этого допущения и принимая во внимание, что начальная интенсивность инфильтрации равна интенсивности дождя, нами получена формула, которая для постоянной интенсивности осадков имеет следующий вид:

$$i = (h - k)e^{-ht/d} + k$$

где h - интенсивность осадков, мм/мин; k - коэффициент фильтрации, мм/мин; d - дефицит влажности почвы, мм; t - время от начала дождя, мин.

Преимущество этой формулы состоит в том, что в неё в явном виде входят интенсивность дождя и дефицит влажности почвы. Формула дает возможность определять

в первом приближении время, в течении которого интенсивность инфильтрации равна интенсивности дождя, а следовательно, начальное поглощение осадков

$$x_0 = ht_0 = d \ln(1 - k/h)$$

Это выражение показывает, что начальное поглощение осадков и дефицит влажности почвы связаны между собой. Эта связь может быть установлена для различных почв путем искусственного дождевания площадок.

Общее количество воды, просочившейся в почву за время дождя, равно сумме

$$I = x_0 + I_t + x_i$$

где x_0 – слой осадков, поглощенных в начальной стадии; I_t – слой осадков, поглощенных почвой за период, когда интенсивность дождя превышала интенсивность инфильтрации; x_i – слой осадков за те периоды, когда интенсивность инфильтрации была потенциально больше интенсивности дождя.

Поверхностное задержание. Определить непосредственно поверхностное задержание и его распределение для бассейна практически невозможно. Судить о нем можно только косвенным путем, например, по потерям талого стока в годы, когда мерзлая почва была заведомо водонепроницаемой. Некоторые значения, характеризующие задержание осадков растительным покровом. Так, по американским данным, оно составляет (без учета испарения) для лесов 0,8-1,5 мм, для люцерны $\approx 2,8$ мм и для луговых трав $\approx 2,0$ мм.

Определение водоотдачи бассейна. Инфильтрация является основным фактором поглощения осадков при формировании дождевых паводков. Поэтому решающую роль в определении водоотдачи бассейна играет точность расчета интенсивности и суммарного слоя инфильтрации. Для этого прежде всего требуется знать характер и распределение почв в речном бассейне, их водно-физические характеристики и предшествующее увлажнение (дефицит влажности). Такого рода сведений, как правило, для бассейнов имеется очень мало или вовсе не имеется, и прямой расчет хода водоотдачи по формуле

$$y_i = (h - i)_i * \Phi$$

может быть выполнен лишь грубо приближенно. В этой формуле Φ – действующая площадь, которая зависит от избытка осадков над инфильтрацией $[\sum h_i - I]$. Характерной особенностью формирования дождевых паводков является то, что во многих случаях, а при кратковременных дождях, как правило, действующая площадь в бассейне бывает очень небольшой; сток за время паводка также измеряется сравнительно малыми величинами. Коэффициенты стока не превышают во многих случаях 0,2.

Ввиду трудностей, возникающих на пути расчета водоотдачи бассейна по коротким интервалам времени в период выпадения осадков, при разработке практических методов прогнозов часто шли по пути построения эмпирических зависимостей стока за паводок от количества вызвавших его осадков и косвенных характеристик водопоглотительной способности речного бассейна.

5. Эмпирические зависимости дождевого стока от осадков.

Для построения эмпирической зависимости необходим достаточно длинный ряд наблюдений за стоком и за осадками. Из слоя паводочного стока должно быть исключено питание грунтовыми водами. Исключение грунтового притока выполняется известными в гидрологии приближенными способами расчленения гидрографа.

Более трудной задачей является определение объективных показателей предшествующего увлажнения почвы. Из-за недостатка прямых данных наблюдений за влажностью почвы для её оценки чаще всего используются косвенные характеристики. В качестве такой характеристики может служить дефицит или запас влаги в почве, рассчитанный приближенными способами по данным о предшествующих осадках и испарении, уровень грунтовых вод или предшествующий расход воды в самой реке.

Косвенные характеристики увлажнения бассейна. Степень увлажнения верхнего слоя почвы определяется запасом содержащейся в нем воды. Оценка этого запаса и его изменений ото дня ко дню в целом для речных бассейнов непосредственно по данным измерений влажности почвы очень часто невозможна из-за ограниченности таких данных. По этим причинам при построении эмпирических зависимостей дождевого стока от осадков приходится пользоваться косвенными характеристиками степени увлажнения бассейна.

Изменение влажности верхнего слоя почвы в бездождный период носит характер закономерно убывающей функции времени и зависит от температуры воздуха:

$$W_t = (W_0 - w)e^{-kt} + w,$$

где W_t - остаточный запас влаги, мм; W_0 - начальный запас влаги, мм; w - предельная влажность иссушения, мм; k - коэффициент (меньше единицы), зависящий от температуры воздуха и характер почвы; t - время; e - основание натуральных логарифмов.

Выпадение осадков меняет запас влаги в почве скачком на значение, равное количеству выпавших осадков, если поверхностный сток отсутствовал, или на значение осадков за вычетом стока

Формула дает возможность рассчитывать запас влаги в почве от суток к суткам.

Широкое применение в практике гидрологических прогнозов получили косвенные оценки степени увлажнения бассейнов, основанные на использовании данных об осадках за достаточно длительный предшествующий период времени:

$$U = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n,$$

где x_1, x_2, \dots, x_n - количество осадков, выпавших соответственно за первые, вторые и т.д. сутки до того дня, для которого ведется расчет индекса увлажнения; a_1, a_2, \dots, a_n - коэффициенты, определяемые в зависимости от физико-географических условий бассейна и времени. В частности для температуры воздуха более 10°C Н.Ф.Бефани и Г.П.Калинин рекомендуют пользоваться формулой

$$U = x_1 + 0,7 \sum x_i + 0,5 \sum x_i + 0,3 \sum x_i + 0,2 \sum x_i + 0,1 \sum x_i,$$

где x_i - количество осадков за предшествующие сутки; $\sum x_i$ - сумма осадков за вторые, третьи и четвертые сутки до расчетной даты и т.д.

При температурах воздуха от 5 до 10°C рекомендуется брать осадки за периоды, вдвое длиннее тех, которые указаны в формуле.

В США широко используется формула, предложенная М.Колером и Р.Линсли, в которой коэффициенты при осадках a_1, a_2 и т.д. принимаются функцией времени $a_i = k^i$, т.е. $a_1 = k, a_2 = k^2, a_3 = k^3$ и т.д. Такая формула позволяет очень просто вести расчет индекса увлажнения от суток к суткам

$$U_n = k U_{n-1},$$

где k - коэффициент, значение которого меняется для разных районов от 0,85 до 0,95.

Лекция 10.

Прогнозы паводков по данным о притоке воды в русловую сеть.

Трудности прямого расчета водоотдачи бассейна по данным об осадках и интенсивности инфильтрации воды в почву толкали на поиски более простых способов определения притока воды в русловую сеть бассейна по гидрометрическим данным. Две возможности использовались для приближенного определения этого притока: 1) данные о расходах воды очень малых рек и 2) метод водного баланса, т.е. по данным о расходах воды в замыкающем створе бассейна и изменению объема воды в его условной сети.

Определение притока в русловую сеть по данным о расходах малых рек. Идея этого приема принадлежит А.В.Огиевскому и заключается в отождествлении хода стока очень малых рек с притоком воды в русловую сеть более крупного бассейна. Сущность

расчета состоит в следующем. Средние расходы каждой из отобранных малых рек за принятый расчетный интервал времени выражают в виде модулей путем деления их на соответствующую площадь водосбора: $M_1=Q_1/f_1$, $M_2=Q_2/f_2$, . . . , $M_n=Q_n/f_n$, где 1,2,..., n - номера малых рек. Определив средний (или средний взвешенный) модуль, умножают его на площадь всего бассейна F и получают приток в русловую сеть в кубических метрах в секунду:

$$q=M_{cp}F$$

Вычислив таким путем значения притока для каждого расчетного интервала, получают график его хода во времени, который можно далее трансформировать в гидрограф в замыкающем створе, пользуясь функцией добега стока и коэффициентом стоковой проводки.

Расчет притока по расходу воды в замыкающем створе и изменению её объема в речной сети. Регулирование стока речным бассейном в определенной мере аналогично регулированию стока озером. Наиболее существенную роль в этом регулировании играет русловая емкость речной системы. Это дает возможность использовать для приближенного расчета притока воды в русловую сеть уравнение баланса

$$q=Q+\Delta W/\Delta t,$$

где q- средний приток в русловую сеть за время Δt ; Q- средний за то же время расход воды в замыкающем створе; ΔW - изменение запаса воды в русловой системе бассейна; Δt - расчетный интервал времени.

Предложенные в своё время Н.М.Бернадским и развитые Г.П. Калининим и В.И.Сапожниковым способы расчета притока воды в русло с помощью уравнения баланса и кривых объёмов получили применение в практике гидрологических прогнозов. Сам по себе расчет по уравнению баланса в целом или ряд кривых по участкам речной системы.

Для достаточно крупных равнинных рек максимум притока, вычисленный по уравнению водного баланса, значительно опережает максимума расхода в замыкающем створе. Это дает возможность использовать связь между этими величинами $Q_{\max}=f(q_{\max})$ для прогноза максимального расхода и уровня дождевых паводков. При прогнозе гидрографа паводка для относительно небольших рек необходимо знать приток воды на период заблаговременности прогноза, что достигается или путем экстраполяции графика притока, или путем приближенной оценки притока по данным об осадках на один-два расчетных интервала времени.

Лекция 11.

Долгосрочные прогнозы весеннего половодья равнинных рек.

С наступлением зимы водный баланс бассейнов наших равнинных рек, и горных, резко меняется. Зимой на поверхности бассейнов накапливаются большие запасы воды в виде снега. Накопление снега длится обычно несколько месяцев, а его таяние весной в среднем 4-6 дней в южной части территории и 20-35 дней в хвойных лесах на севере. При этом одновременное снеготаяние происходит на огромной площади. За время таяния на поверхность бассейнов поступает много талой воды. Почва перед началом снеготаяния бывает мерзлой и вследствие этого в общем слабо водопроницаемой.

На небольших и средних по размеру реках половодье продолжается относительно короткое время: 10-15 дней, когда бассейн практически безлесный, и 25-40 дней, когда в значительной степени покрыт лесом. На больших реках половодье продолжается значительно дольше, так как только добегание талых вод от верховьев длится 20-30 дней.

За начало половодья принимается первый день достаточно интенсивного повышения водности реки, окончание относят к одному из дней периода перехода от ещё достаточно интенсивного уменьшения расходов воды к совсем слабому. Этот период обычно бывает непродолжительным и характеризуется в общем небольшими расходами

воды. Величина стока за период половодья, выраженная в миллиметрах слоя воды на площади бассейна, равна

$$y = \frac{86400}{F} \cdot 10^3 \sum_{t_1}^{t_2} Q_i = k \sum_{t_1}^{t_2} Q_i$$

где t_1 и t_2 – соответственно даты начала и окончания половодья; F - площадь бассейна в км^2 ; k - коэффициент, значение которого для данного бассейна постоянно.

Несмотря на отмеченную относительно небольшую продолжительность половодья, сток за время его прохождения составляет в среднем 50-70% годового, а на реках зоны недостаточного увлажнения – 90-95%.

Весеннее половодье – самая характерная и очень важная с точки зрения хозяйственного использования водных ресурсов страны особенность режима равнинных рек.

Вопрос о необходимости безотлагательно приступить к разработке прогнозов половодья был поставлен А.И. Воейковым ещё в начале 1900-х годов. Но первый метод был создан лишь в начале 20-х годов. Метод был разработан В.Н.Лебедевым, одним из крупных гидрологов. В нем рассматривалась только высота половодья, а при оценке условий формирования половодья использовалась лишь приближенная балловая характеристика некоторых факторов половодья. В конце 20-х в начале 30-х годов был выполнен ряд исследований, приведших к установлению прогностических корреляционных зависимостей наивысшего уровня половодья от высоты снежного покрова, количества твердых осадков за зиму, различных показателей степени зимнего промерзания и осеннего увлажнения почвы. В дальнейшем в исследованиях, имевших целью получение методов прогнозов, все больше и больше используется анализ составляющих водного баланса за время половодья.

В настоящее время основными долгосрочными прогнозами половодья являются прогнозы общей величины стока за время его прохождения, максимального расхода и уровня воды и срока его наступления, а также прогнозы стока за период спада половодья. Большой интерес представляют также прогнозы распределения во времени (по декадам и месяцам) весеннего стока. Методической основой долгосрочных прогнозов стока за период половодья служат эмпирически устанавливаемые для каждой реки водно-балансовые зависимости весеннего стока от запаса воды в снежном покрове перед началом снеготаяния, последующих осадков и характеристик водопоглотительной способности бассейна в конце зимы.

1. Уравнение водного баланса бассейна за период начало снеготаяния - окончание половодья и за период снеготаяния

Уравнение водного баланса бассейна за период начало снеготаяния -окончание половодья сперва запишем в виде:

$$y_{\tau} + y_{\text{д}} = s + x_1 + x_2 - E_{\text{с}} - E_{\text{п}} \pm \Delta W_{\text{п}} \pm \Delta W_{\text{пз}} - y_{\text{пз}}$$

где y_{τ} - поверхностный сток талых вод и от дождей (x_1), выпавших на тающий снежный покров; $y_{\text{д}}$ – поверхностный сток от дождей (x_2), выпавших на участки бассейна, освободившиеся от снега; s – запас воды в снежном покрове (и в ледяной корке на поверхности почвы) перед началом снеготаяния; $E_{\text{с}}$ – испарение с поверхности снежного покрова за время снеготаяния; $E_{\text{п}}$ - испарение с поверхности почвы и транспирация (суммарное испарение); $\Delta W_{\text{п}}$ – изменение запаса воды во всей зоне аэрации, включая почву, знак минус перед $\Delta W_{\text{п}}$ означает увеличение этого запаса, плюс- уменьшение; $\Delta W_{\text{пз}}$ - изменение запаса воды в водоносных горизонтах (изменение запаса подземных вод), знак минус и плюс перед $\Delta W_{\text{пз}}$ имеют тот же смысл, что и перед $\Delta W_{\text{п}}$; $y_{\text{пз}}$ – подземный сток.

В записанном виде рассматриваемое уравнение не вполне удобно для выяснения того, какие из факторов, влияющих на сток талых вод, следует считать основным. Поэтому запишем уравнение в другом виде.

$$y_T + y_d = s + x_1 + x_2 - E_c - I,$$

где I - инфильтрация талых и дождевых вод.

Если же вместо периода половодья будем рассматривать период снеготаяния, то придем к уравнению

$$y'_T = s + x_1 - E_c - I_T - u - (W_p - W'_p),$$

где y'_T - поверхностный сток в замыкающем створе с начала половодья до дня завершения снеготаяния; I_T - инфильтрация за время снеготаяния; u и W_p - количество воды соответственно на поверхности бассейна и русловой сети при завершении снеготаяния; W'_p - количество воды в русловой сети в момент окончания половодья (остальные обозначения прежние). Понятно, что $(y'_T + W_p - W'_p) \approx y_T$, и следовательно,

$$y_T = s + x_1 - E_c - I_T - u,$$

Условия формирования весеннего стока, когда справедливы уравнения водного баланса характерны для значительной территории, относящейся к сухостепной, степной зонам и почти всей лесостепной зоне. В этих зонах для бассейнов, где преобладает в общем расчлененный рельеф и более или менее развита сеть оврагов, балок и логов, величина u не превышает несколько миллиметров. Ясно, что для таких бассейнов действительно можно считать, что в бессточных углублениях вода целиком впитывается почвой практически уже во время завершения снеготаяния. Тогда,

$$y_T = s + x_1 - E_c - I'_T,$$

где $I'_T = I_T + u$.

Хотя таких бассейнов большинство, всё же надо отметить, что в этих зонах имеются районы, где величина u значительна. К ним прежде всего относятся крайний юг Заволжья и Северный Казахстан.

Лекция 12.

2. Методы прогноза стока за период половодья.

В основе методов долгосрочных прогнозов стока за период половодья лежат эмпирически устанавливаемые зависимости величины этого стока от запаса воды в снежном покрове, сложенного с осадками за время таяния снега, и показателей предвесенней и водопоглотительной способности бассейна, прежде всего его почв. Обычно зависимости устанавливаются для каждой реки, конечно, при условии наличия соответствующих данных гидрологических и метеорологических наблюдений (сток, снежный покров и др.) По своей сущности зависимости являются физико-статистическими. В основе их лежит уравнение водного баланса бассейна; последнее и позволяет называть эти зависимости воднобалансовыми. Каждой зависимостью учитываются также такие постоянные физико-географические условия стока талых вод в данном бассейне, как рельеф, тип почвы и др. Учитываются они числовыми значениями параметров или формой графика зависимости, если она не выражается аналитически. Зависимость может устанавливаться также для целого района на основе данных по ряду бассейнов, если район достаточно однороден в отношении только что упомянутых физико-географических условий стока.

Сухостепная, степная и лесостепная зоны представляют собой в основном слабо всхолмленную равнину. Лесистость бассейнов здесь редко превышает 10%. Все это объясняет, почему суммарная емкость бессточных углублений на поверхности выражается слоем высотой лишь в несколько миллиметров.

По термическому режиму зимы западных районов рассматриваемых зон значительно отличаются от зим восточных районов. На западе часто наблюдаются оттепели, нередко приводящие к увеличению влажности почвы и образованию довольно толстой ледяной корки на её поверхности. В восточных районах зима обычно суровая, что вызывает глубокое промерзание почвы.

Грунтовые воды в этих зонах залегают, как правило, не ближе 10-20 м, естественно, в общем не могут влиять, в отличие от лесной зоны, на процесс инфильтрации талых вод.

Для рек центральной части степной и лесостепной зон Европейской территории была установлена зависимость параметра p_o в уже известном выражении $y=s-p_o(1-e^{s/p_o})$ от глубины промерзания и льдистости почвы (L и w). Из общих физических соображений можно принять, что при нормальной интенсивности снеготаяния

$$\begin{aligned} p_o &= Ake^{-aw}, \\ k &= e^{-bwL}, \end{aligned}$$

где p_o – параметр, характеризующий водопоглотительную способность бассейна перед началом снеготаяния и представляющий собой максимально возможные потери талых вод при таянии снежного покрова с большим, практически с бесконечно большим, запасом воды; w – льдистость почвы, за показатель которой был принят запас влаги в слое почвы глубиной от 50-100 см перед началом снеготаяния; L – глубина промерзания почвы на полях тоже перед началом снеготаяния; k – коэффициент, учитывающий снижение водопроницаемости почвы, имеющей данную влажность, вследствие того, что почва стала мерзлой и в её порах появился лед. При $L=0$ коэффициент $k=1$. Величина wL – показатель количества льда в порах почвы. Коэффициент A равен p_o при $w=0$.

Числовые значения коэффициентов A , a и b были найдены по данным многолетних наблюдений за стоком, снежным покровом, промерзанием почвы и другими факторами половодья в бассейнах ряда рек указанного района и получена эмпирическая формула

$$p_o = 750e^{-0,11w}e^{-0,051wL},$$

где w – запас влаги в слое почвы 0-100 см на начало зимы.

Лекция 13.

Прогнозы весенне-летнего половодья горных рек.

Долгосрочные прогнозы стока горных рек за весенне-летнее половодье, т.е. стока на протяжении основной части вегетационного периода, имеют очень большое практическое значение, особенно для таких районов развитого орошаемого земледелия, как Средняя Азия и Закавказье.

Первые методы долгосрочных прогнозов стока горных рек Средней Азии за вегетационный период (апрель-сентябрь) были разработаны Л.К. Давыдовым и М.Э. Ольшевским.

В настоящее время основными видами долгосрочных прогнозов стока горных рек являются прогнозы стока за вегетационный период (за апрель-сентябрь), прогнозы стока только за период весенне-летнего половодья, прогнозы стока за остающуюся часть периода половодья, т.е. прогнозы стока до конца половодья, составляемые тогда, когда часть стока уже прошла, прогнозы месячного стока и прогнозы максимальных уровней и расходов воды во время половодья.

Методы долгосрочных прогнозов стока горных рек за период половодья существенно отличаются от методов этих же прогнозов для равнинных рек, хотя теоретическая база у них общая – уравнение водного баланса бассейна за период половодья. Главных причин можно считать. Первая – существенные расхождения для горных и равнинных бассейнов абсолютных и относительных величин некоторых членов упомянутого уравнения, а также неодинаковая изменчивость этих величин во времени, от года к году. Так, например, во многих горных бассейнах количество талой воды,

поглощаемой почво-грунтами, колеблется от года к году меньше, чем на равнинных бассейнах. И вторая причина- пользование при разработке методов существенно разными характеристиками запаса воды в снежном покрове. Для равнинных бассейнов, как мы уже знаем, имеется полная возможность вычислять более или менее точно абсолютные величины этого запаса. Для горных же бассейнов, за отдельными исключениями, такой возможности пока нет.

1.Условия формирования половодья на горных реках.

Водный режим любой горной реки сильно отличается от режима равнинной. Основная причина- существенное различие в горах и на равнине физико-географических условий формирования стока, прежде всего климата и уклонов земной поверхности.

Для бассейнов горных рек характерна своя динамика площади одновременного снеготаяния. С наступлением весны эта площадь находится на небольшой высоте, а в первой или во второй половине лета в зависимости от высоты гор на наиболее высокорасположенных частях бассейна. Существенно меняется эта площадь и в результате колебаний температуры воздуха при изменении погоды. Это является одной из основных причин резких колебаний водности горных рек на протяжении довольно коротких промежутков времени.

Остановимся на наиболее важных особенностях условий формирования и прохождения половодья на горных реках Средней Азии.

Реки Средней Азии. Горные массивы Тянь-Шань и Памир, характеризуются очень жарким сухим летом и небольшим годовым количеством осадков. Но в горах климат, естественно, совсем другой, осадков выпадает уже довольно много и зима значительно холоднее и продолжительнее. Так, на высотах около 3000м в виде снега выпадает около 60-75% годового количества осадков, а на высоте 4000м – свыше 90-95%. В бассейнах Амударьи и Сырдарьи площадь, расположенная выше 2000 и 3000м, составляет соответственно 75 и 35% всей площади бассейна (до выхода реки на равнину)

На значительных высотах снега выпадает за год больше, чем может растаять и испарится. Эта часть гор покрыта вечными (высокогорными) снегами и ледниками. Их нижняя граница получила название снеговой линии. На высотах до 1000-1200м снежный покров в горах обычно неустойчив и часто сходит до начала половодья, почти не давая стока.

Важен вопрос об источниках питания горных рек во время весенне-летнего половодья. С ним связаны не только некоторые особенности методов долгосрочных прогнозов стока за период половодья, но и сами возможности научного предвидения размеров этого стока.

На горных реках Средней Азии в период весенне-летнего половодья, который длится с марта-апреля по сентябрь-октябрь, т.е. практически совпадает с вегетационным периодом, проходит в среднем 70-90% годового стока. В это время питание рек характеризуется величинами: снеговое 60-65%, ледниковое 10-15%, дождевое около 5% и подземное 15-20%.

Среднее многолетнее распространение стока на протяжении половодья на реках Средней Азии существенно различается. Больше всего на него влияет высотное и географическое положение бассейна. Реки, бассейны которых расположены на высотах примерно до 2000м, половодье захватывает преимущественно лишь март-май, тогда как на других реках, сток за март-июнь меньше стока за июль-сентябрь почти в 2,5-3,0 раза, а максимум стока приходится на июль-август.

В бассейнах рек Средней Азии потери талых вод, а также подземное питание в общем не сильно меняется от года к году. А поскольку половодье здесь формируется в основном за счет таяния сезонного снега, количество которого может быть заблаговременно определено путем измерений или рассчитано, то ясно, что возможности для долгосрочного прогноза вегетационного стока рек Средней Азии имеются большие.

Заметим, что для практики очень нужны такие прогнозы распределения этого стока по месяцам. Но для составления таких прогнозов уже требуется знать, как выпавший снег распределился в данном году по высотным зонам и как будет идти его таяние.

Лекция 14.

2. Уравнение водного баланса бассейна за период половодья. О зависимости стока от гидрометеорологических факторов.

В разных частях бассейна горной реки как сроки начала снеготаяния, так и сроки схода снега сильно различаются- на один-два месяца и больше, если не брать малых рек. Поэтому водный баланс бассейна горной реки правильно было бы рассматривать по таким высотным зонам, для каждой из которых можно допустить, что снеготаяние начинается и заканчивается по площади одновременно. На практике можно исходить из высоты зоны даже 500м. При этом за дату схода снега на данной высоте лучше принимать первый день, когда снег остается в основном лишь в ущельях и циркообразных формах рельефа.

Запишем уравнение водного баланса бассейна за период половодья в следующем виде:

$$y + y_{пз} = \sum_1^n s_i f_i + \sum_1^n s_{1i} f_i + \sum_1^n x_{2i} f_i + (h_T + x_{1л}) f_{л} - \sum_1^n E_{ci} f_i - \sum_1^n E_{ni} f_i \pm \Delta_{гр} \pm \Delta_{пз}$$

где y -сток за половодье, за исключением устойчивого подземного (базисного); $y_{пз}$ - устойчивый подземный (базисный) сток; s – запас воды в снежном покрове перед началом снеготаяния; индекс i -обозначает высотную зону, всего n зон; x_1 - количество осадков за время снеготаяния; x_2 – количество осадков за время от схода снега в зоне до окончания половодья в расчетном створе на реке; f_i – площадь высотной зоны в долях площади бассейна (легко определяется при наличии гипсографической кривой бассейна), исключая площадь, занятую ледниками; h_T и $x_{1л}$ – соответственно слой стаивания и слой жидких осадков за время снеготаяния на площади $f_{л}$, занятой ледниками и вечными снегами (тоже в долях площади бассейна); $\sum f_i + f_{л} = 1$; E_c – испарение с поверхности тающего снега (за вычетом конденсации); E_n -испарение с поверхности почвы и различных скоплений обломочного материала за время от схода снега до окончания половодья; $\Delta_{гр}$ - изменение запасов воды, находящейся выше слоев сосредоточения подземных вод, обуславливающих базисный сток; $\Delta_{пз}$ – изменение запасов этих подземных вод; все величины выражены в виде высоты слоя на всю площадь бассейна в миллиметрах.

Величины s_i относятся к разным срокам, так как время начала снеготаяния сильно запаздывает с высотой, а величины x_{1i} , x_{2i} , E_{ci} , E_{ni} берутся за неодинаковые отрезки времени в связи с неодновременным по высоте и началом и завершением снеготаяния.

Рассмотренное уравнение приближенно, так как в него не вошли члены, обозначающие подземный водообмен с соседними бассейнами, изменение запасов воды в руслах, удержание талой воды снегом на части бассейна, покрытой вечными снегами, и некоторые другие члены; но с количественной стороны все они, не считая особых случаев, второстепенны.

Сток y складывается из стока талых вод y_T и стока дождевых вод y_d . Приближенные способы определения y_T и y_d обычно основываются на расчленении гидрографа. Зная y_T и y_d , можем найти потери и коэффициенты стока талых вод и дождевых вод p_T и p_d , η_T и η_d .

$$p_T = \frac{\sum_1^n s_i f_i + \sum_1^n x_{1i} f_i + (h_T + x_{1л}) f_{л}}{y_T}, \quad p_d = \frac{\sum_1^n x_{2i} f_i}{y_d}$$

$$\eta_T = y_T / \left(\sum_1^n s_i f_i + \sum_1^n x_{1i} f_i + (h_T + x_{1л}) f_{л} \right), \quad \eta_d = y_d / \sum_1^n x_{2i} f_i$$

Величины обоих коэффициентов стока существенно возрастают с высотой. Уравнение является общей теоретической основой методов долгосрочных прогнозов стока горных рек на период половодья. Однако получить путем расчета такие составляющие баланса, как $\Delta_{гр}$, $\Delta_{пз}$ и отчасти E_c и E_n пока невозможно, поэтому при разработке практических методов прогноза стока за половодье уравнение заменяется приближенными корреляционными связями этого стока с основными факторами. Связи эти тоже можно называть физико-статистическими. Устанавливаются они для каждой реки с помощью материалов многолетних гидрометеорологических наблюдений в её бассейне.

К выяснению вопроса о том, какие из гидрометеорологических факторов весенне-летнего стока горных рек являются основными и следовательно, прежде всего должны учитываться при разработке методики прогнозов, подойдем путем общей оценки величин каждой составляющей уравнения.

Согласно данным наблюдений и приближенных расчетов, испарение с поверхности снежного покрова в горах за время снеготаяния составляет в среднем 10-20 мм и мало меняется от года к году сравнительно с другими составляющими уравнения. Последнее можно целиком отнести и к величинам подземного (базисного стока).

Величины x_2 и E_n в общем не так малы, чтобы с ними не считаться, и нередко существенно меняются от года к году. Но важно отметить, что между величиной суммарного испарения и количеством осадков x_2 прослеживается прямая зависимость.

Величина $\Delta_{гр}$ увеличивается с ростом $s+x_1$, и это увеличение практически не ограничено каким-то предельным значением $s+x_1$. Интенсивность роста $\Delta_{гр}$ с увеличением $s+x_1$ уменьшается, но медленнее, чем для равнинных бассейнов.

Запас воды в снежном покрове, сложенный с осадками за время снеготаяния $s+x_1$, меняется от года к году сильнее, чем другие составляющие водного баланса и, следовательно, является самым важным фактором половодья.

На основании всего сказанного приходим к выводу, что при незначительном ледниковом питании должны существовать приближенные зависимости:

$$y=f[(s+x_1), x_2],$$

$$y=f[(s+x_1), x_2, W].$$

К установлению и оценке точности этих зависимостей и сводится сейчас решение задачи долгосрочного прогноза стока горных рек за период половодья. Обычно эти зависимости бывают близки к линейным и на практике их получают часто в графической формуле. Значение параметров зависимостей определяются прежде всего физико-географическими условиями стока в бассейне.

Когда ледниковое питание относительно велико, сток за половодье ещё и от того, сколько стает в данном году снега и льда на площади, занятой фирновыми областями и языками ледников. В жаркое лето стаивание, а следовательно, и ледниковый сток будет больше, в прохладное лето, наоборот, меньше.

Разработка методов долгосрочного прогноза стока за половодье при большом ледниковом питании рек- весьма сложная задача. Но решение её иногда облегчается тем, что между количеством жидких осадков за период половодья и высотой слоя стаивания вечных снегов и ледников существует обратная зависимость. Вообще же для предвычисления ледникового стока, так же как и дождевого, необходим достаточно точный прогноз погоды на весь вегетационный период.

Лекция 15.

3.Способы вычисления составляющих водного баланса бассейна и их косвенных показателей.

Как отмечалось, зависимости $y=f[(s+x_1), x_2], y=f[(s+x_1), x_2, W]$ являются физико-статистическими и устанавливаются для каждого бассейна на основе многолетних рядов величин, входящих в эти зависимости.

Исходными материалами для получения таких рядов служат данные наблюдений станций. Так как сеть станций в горах редкая, особенно на больших высотах, то, чтобы получить такие ряды, приходится строить, а потом экстраполировать вверх зависимости того или иного фактора, чаще количества осадков, от высоты или прибегать к вычислению косвенных количественных показателей составляющих водного баланса. Коротко рассмотрим наиболее употребительные способы вычисления запаса воды в снежном покрове, количества осадков обычно значительно увеличивается. Но вертикальный градиент осадков существенно меняется как по площади, так и во времени, например, по сезонам года. Неодинаковое количество осадков на одной и той же высоте связано в основном с различной степенью доступности склонов влагоносным ветрам. Иногда с некоторой, обычно довольно большой высоты вертикальный градиент осадков уменьшается и даже меняет знак, т.е. с высотой количество осадков уменьшается. В общем распределение осадков в горном бассейне весьма сложное.

На распределение запаса воды в снежном покрове по площади бассейна перед началом снеготаяния вливают те же факторы, что и на распределение количества осадков. Отличие состоит в том, что увеличение запаса воды в снеге с высотой сильно зависит от возрастания с подъемом в горы продолжительности самой зимы.

Как и на равнине запас воды в снежном покрове в горах определяется с помощью снегомерных съёмок, но методика съёмок значительно менее совершенна из-за того, что при самой разработке её пришлось исходить из невозможности измерений даже на более или менее крутых склонах. Сущность методики коротко сводится к следующему.

Снегомерный маршрут прокладывается по дну речной долины от низких зон до самых высоких, но доступных зимой для измерений. Обычно длина маршрута достигает 20-80 км. Однако измерения производятся не на всей длине через равные расстояния, а лишь на так называемых снегомерных пунктах. Они выбираются при прокладке маршрута таким образом, чтобы соседние пункты различались по высоте не более чем на 150-200 м.

По данным снегомерных пунктов вычисляются величины запаса воды в снеге по высотным зонам s_i , а по ним запас воды во всем бассейне s как средняя взвешенная величина

$$s_{cp} = s_1 f_1 + s_2 f_2 + \dots + s_n f_n,$$

где f_i – площадь высотной зоны в долях площади бассейна, всего в бассейне n зон; обычно высота зоны берется равной 500 м.

Понятно, рассматриваемые съёмки не дают действительных величин запаса воды в снеге в горах и позволяют вычислять лишь их количественные показатели. Хотя последние при условии неизменности местоположения снегомерных пунктов являются сравнимыми по годам, все же отсутствие определять по снегомерным съёмкам действительную величину запаса воды в снеге в бассейне является их большим недостатком. Другим недостатком съёмок является то, что снегомерных пунктов выше 3500 м очень мало. Поскольку съёмки производятся зимой лишь три раза – в конце января, февраля и марта, то далеко не всегда и не на всех высотах они могут давать интересующие нас величины запаса воды в снежном покрове перед началом таяния.

Возрастание запаса воды в снежном покрове с высотой и данные снегомерных съёмок.

Согласно данным, зависимость запаса воды в снежном покрове от высоты обычно достаточно четко выражена и в общем близка к линейной. На каждые 100 м запас воды в снеге перед началом таяния возрастает в среднем на 20-60 мм.

Отмеченные недостатки снегомерных съёмок явились главной причиной широкого использования в методике прогноза стока данных о количестве твердых осадков, выпавших в горах на разных широтах. Очень часто в качестве показателя запаса

воды в снежном покрове используется сумма осадков с момента устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C до интересующей нас даты. Эту сумму осадков нетрудно получить и на начало таяния, т.е. за все время накопления снега. Ясно что для такого подсчета осадков надо для каждого года по каждой станции определить дату устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C , т.е. начало зимы, а также, если требуется начало снеготаяния. При определении дат перехода часто используют данные о вертикальном градиенте температуры воздуха, так как всегда бывают зоны, где не оказывается ни одной станции. В отличие от осадков, градиент температуры меняется по площади (и по высоте) не сильно. Поэтому его вычисление даже по редкой сети станций не вызывает затруднений. Отметим, что зимой вертикальный градиент температуры меньше; весной и летом он составляет в среднем $0,5-0,6^{\circ}\text{C}$ на 100 м .

Когда определены суммы осадков по станциям, вычисление количества осадков по высотным зонам и по бассейну в целом производится в общем также, как и запас воды в снежном покрове. Сумма твердых осадков, конечно, тоже не дает действительного запаса воды в снежном покрове. Главных причин две. Во-первых, осадкомеры существенно преуменьшают количество твердых осадков, причем- это важно подчеркнуть - в разной степени в зависимости от места установки самого осадкомера и скорости ветра при снегопаде. Недоучет осадков составляет в среднем $10-20\%$. Во-вторых, испарение с поверхности снежного покрова. Хотя его интенсивность небольшая, но за всю зиму, а она в горах, не считая низких зон, достаточно продолжительная, оно составляет $30-50\text{ мм}$, а иногда и больше. Оба рассмотренных способа определения запаса воды в снеге в горном бассейне имеют существенные недостатки.

При вычислении количества осадков в бассейне целом их нередко выражают в виде модульных коэффициентов. Модульный коэффициент варьирующей величины x равен $k_i = x^i/x$. Пользоваться модульными коэффициентами осадков очень рекомендуется в случаях весьма редкой сети станций и при отсутствии данных наблюдений в высокогорной части бассейна. Ежегодно изменение по высоте модульного коэффициента количества осадков за зиму или запаса воды в снежном покрове обычно более закономерно, чем их величин, выраженных в мм.

Если в каждом году модульные коэффициенты близки для всех высотных зон, то его среднюю величину

$$k_{срj} = \sum_{i=1}^{i=n} k_{ij}/n,$$

где k_{ij} - величина модульного коэффициента для i -й зоны (всего n зон) в j -м году, можно отнести ко всему бассейну без риска допустить при этом сколько-нибудь значительную погрешность.

Величины запаса воды в снеге s можно приближенно определять и как произведение суммы положительных температур воздуха за период снеготаяния, вычисленных по данным станций по зонам, на коэффициент стаивания; этот коэффициент равен количеству талой воды, образующейся за сутки при средней суточной температуре воздуха 1°C и выражается в $\text{мм}/(\text{сут} \cdot 0^{\circ}\text{C})$. Сроки схода снега по высотным зонам надежнее определяются по аэрофотосъёмкам снежного покрова, производимым через достаточно короткие промежутки времени.

Способы получения расчетных количеств осадков за период снеготаяния x_1 и за период от схода снега до окончания половодья x_2 в общем те же, что и способы вычисления твердых осадков. При выявлении воднобалансовых зависимостей стока за половодье от определяющих факторов осадки за время снеготаяния вполне можно суммировать с твердыми осадками за зиму, так как условия стока их практически не отличаются от условий стока талых вод.

Приближенный расчет запаса воды в снежном покрове в горном бассейне возможен также на основе моделей, отображающих рост и убыль этого покрова.

Лекция 16.

4. Долгосрочный прогноз стока за половодье и за вегетационный период.

Разработка методики долгосрочного прогноза стока за половодье сводится к установлению корреляционных зависимостей:

$$y=f/(s+x_1), x_2] \text{ и } y=f/(s+x_1), x_2, W]$$

Зависимости находятся для каждой интересующей практику реки; притом для этого должны иметься данные многолетних гидрометеорологических наблюдений станций (s , x_1 и др.).

Для большинства рек Средней Азии основной источник питания рек во время половодья - это талые воды. Поэтому для этих рек достаточно высокую точность часто имеют даже такие простые зависимости, как $y=f(s+x_1)$ или $y=f(s)$. Обычно они линейны и характеризуются коэффициентами корреляции 0,70-0,80.

На практике при разработке способа долгосрочного прогноза стока за половодья периоды, за которые суммируются твердые осадки, берутся обычно следующие:

- 1) Вся зима, причем её начало и конец определяются по ходу температуры воздуха для каждой высотной зоны;
- 2) Тоже вся зима, но только по основной высотной зоне, так как только для неё вычисляется в дальнейшем количество твердых осадков за зиму;
- 3) Постоянный для всех зон календарный зимний период;
- 4) С начала зимы до установленной на практике даты выпуска долгосрочного прогноза стока, обычно до 1-10 марта.

Календарный зимний период, а также даты начала зимы в последнем случае рекомендуется устанавливать по данным, относящимся к основной зоне формирования стока за половодье. Календарный зимний период для горных бассейнов Средней Азии обычно берется с декабря по март. Зависимость среднего расхода реки Кассансай за вегетационный период от запаса воды в снежном покрове в конце марта.

Несмотря на возможность нарушения их в отдельные годы имеют точность, достаточную для составления по ним долгосрочных прогнозов за половодье.

Для прогноза среднего расхода воды р.Чаткал у с.Чарвак за вегетационный период (апрель-сентябрь) получено следующее уравнение регрессии:

$$Q=210+57,8[1,56(s_{1/IV}-155)+1.60(H_{1/III}-0,96)+0,06(\theta_1+4,0)],$$

где $s_{1/IV}$ и $H_{1/III}$ – запас воды в снежном покрове в бассейне на 1 апреля и высота сезонной снеговой линии на 1 марта; θ – средняя за январь температура воздуха в бассейне на высоте H_0 . Общий коэффициент корреляции равен 0,92. Из уравнения следует, что чем выше положение снеговой линии на 1 марта, тем больше сток за вегетационный период при прочих равных условиях.

В настоящее время в практике гидрологических прогнозов преобладает использование зависимостей стока за вегетационный период и за время половодья не от запаса воды в снеге в конце зимы, а от количества выпавших в бассейне твердых осадков. Объясняется это двумя причинами. Первая - данных по осадкам в общем значительно больше, чем данных снегомерных съёмок. Вторая - вследствие уже известных нам недостатков снегомерных съёмок количественные показатели накопления снега в горах, вычисленные по данным этих съёмок, нередко бывают менее репрезентативными, чем такие же показатели, рассчитанные по данным о твердых осадках.

Зависимости стока за половодье от количества твердых осадков за расчетный зимний период тоже практически линейны. Параметры их различаются не только из-за изменения от бассейна к бассейну физико-географических условий стока талых вод, но и вследствие разной освещенности бассейнов наблюдениями, особенно по высоте.

Из рассмотренных зависимостей следует, что долгосрочный прогноз вегетационного стока рек Средней Азии возможен без учета осадков с апреля или мая по сентябрь.

Первый прогноз водности рек Средней Азии на будущий вегетационный период или на период половодья нужен уже в самом начале марта и второй, уточняющий первый, в самом начале апреля. При составлении прогнозов в это время надо знать, какое количество осадков выпадает в будущем до некоторого срока. Этот срок всегда бывает известен из самих зависимостей, с помощью которых составляется прогноз. На практике количество будущих осадков берется по средним многолетним данным о количестве осадков за интересующее нас время, например при составлении прогноза в самом начале марта это может быть количество осадков за оставшиеся дни этого месяца и т.п. Так же поступают и при составлении прогноза по данным о запасе воды в снежном покрове в конце зимы.

5. Прогнозы стока за месяц и за остающуюся часть периода половодья.

Прогнозы стока на данный месяц периода половодья выпускаются 21-25 числа предшествующего месяца. Составляются они с помощью эмпирических зависимостей величины стока за данный месяц от факторов, косвенно определяющих количество снега, которое растает в горах в течение этого месяца. Зависимости устанавливаются для каждой реки и каждого месяца на основе материалов многолетних гидрометеорологических наблюдений. Для данной реки для разных месяцев аргументы зависимостей, естественно, различаются, так как с развитием половодья меняется высота зоны таяния и динамика запасов сезонного снега. На практике в большинстве случаев учитывается влияние на месячный сток лишь одного основного фактора. Нанесение точек на график связи месячного стока с числовым значением этого фактора приводит чаще к установлению линейных зависимостей. Пригодность каждой эмпирической зависимости для составления прогнозов определяется, как обычно, путем оценки точности проверочных прогнозов.

В первые один-два месяца снеготаяния за косвенный показатель количества снега, растаявшего в горах за месяц, часто принимается средняя месячная температура воздуха или её отклонение от нормы. С её числовым значением приближенно связаны сроки начала и интенсивности таяния, а также высота верхней границы зоны таяния. Но в эти первые месяцы на количество растаявшего снега косвенно влияет и начальный запас воды в снежном покрове. Это относится прежде всего к тем рекам Средней Азии бассейны которых расположены в нижнем поясе гор. В этом поясе снежный покров нередко бывает неустойчив вследствие оттепелей. При большом начальном запасе воды в снежном покрове снег должен быть и в нижних зонах гор и, следовательно, при данной средней месячной температуре площадь снеготаяния будет больше.

Для последующих месяцев периода снеготаяния основным фактором стока обычно считается количество снега, оставшегося в бассейне на начало того месяца, на который дается прогноз стока.

Если же располагаем данными измерений снежного покрова перед началом снеготаяния, то количество оставшегося снега можно найти как разность этого начального запаса воды в снеге и слоя уже растаявшего снега. Такой расчет производится по высотным зонам по температуре воздуха и коэффициенту стаивания. Расчетный интервал времени обычно принимается в пять и даже десять суток.

При разработке методики прогнозов месячного стока рек Средней Азии в качестве косвенного показателя количества снега, оставшегося в горах на начало определенного месяца, часто принимается одна из следующих величин:

$$Q'/\theta'+a \text{ и } \sum x/\theta'+b,$$

где Q' и θ' -соответственно расход воды реки и температура воздуха в её бассейне за один два месяца, предшествующих тому месяцу, на начало которого хотим знать

количество снега, оставшегося в бассейне в горах; $\sum x$ – количество твердых осадков, выпавших в бассейне за зиму; a и b – константы, определяемые подбором в процессе отыскания зависимости $Q=f(Q'/\theta'+a)$ или $Q=f(\sum x/\theta'+b)$ на основе многолетних рядов величин Q , Q' , $\sum x$ и θ' , где Q – расход воды за месяц, на который дается прогноз стока.

Прогнозы стока рек Средней Азии за первый и второй месяцы половодья составляются обычно с помощью зависимостей величины этого стока от количества снега в горах перед началом таяния или количества осадков в горах за зиму. Так, для р. Карадарья у с. Кампыррават получены уравнения регрессии:

$$Q_{IV}=0,53\sum x_{1/x-20/III}-50,$$

$$Q_V=0,99\sum x_{1/x-20/III}+27,$$

где $\sum x$ – количество осадков за период, обозначенный индексом.

В горах Средней Азии в мае-июне происходит интенсивное таяние основных запасов сезонного снега. К концу фронт снеготаяния поднимается здесь до 3500-3700 м; а к концу июня – до 4000-4200 м.

В качестве примеров эмпирических зависимостей, часто используемых для прогноза расхода воды за июнь Q_{VI} , июль Q_{VII} и август Q_{VIII} приведем уравнения регрессии для р. Карадарья у с. Кампыррават.

$$Q_{VI}=11,4(Q'/\theta'+5)+30,$$

$$Q_{VII}=5,6(Q''/\theta'')+39,$$

$$Q_{VIII}=4,5(Q'''/\theta''')+26,$$

где Q' и θ' , Q'' и θ'' , Q''' и θ''' – расход воды и температура воздуха соответственно за 1 апреля-20 мая, 1 мая-20 июля и 1 июня-20 июля.

В сентябре половодье проходит только на горных реках Средней Азии, и то не на всех. В этом месяце происходит преимущественно спад расходов воды. Поэтому прогнозы стока на сентябрь обычно даются с помощью зависимостей этого стока от водности реки в конце августа, т.е. даются так же, как и многие прогнозы стока равнинных рек за летние или осенние месяцы. Если значительная часть бассейна расположена в зоне вечных снегов, то при составлении прогноза на сентябрь обычно приходится учитывать ожидаемую в этом месяце температуру воздуха.

Разработка методики прогнозов стока на оставшуюся часть периода половодья сводится к установлению и оценке точности зависимостей величины стока за оставшуюся часть периода половодья от количества снега, сохранившегося в бассейне. Иногда в качестве второй независимой переменной принимается предшествующая водность реки. По рекам Средней Азии рассматриваемые прогнозы выпускаются с июня-июля. Прогнозы стока за оставшуюся часть периода половодья существенно уточняют общую величину стока, указанную в значительно раньше выпущенном прогнозе стока за весь период половодья.

Лекция 17.

Методы краткосрочных прогнозов времени появления льда и ледостава.

Расчет времени появления льда на реках. Образование плавучего льда в реке начинается с момента, когда поверхность воды охлаждается до 0°C . Ниже поверхности температура воды в этот момент остается ещё положительной. Таким образом, задача расчета даты появления плавучего льда сводится к определению даты охлаждения поверхности воды до нуля путем расчета теплообмена через открытую поверхность потока.

В общем виде уравнение водного баланса на поверхности раздела вода-воздух за некоторый промежуток времени в период охлаждения может быть записано так:

$$\alpha(v-v_{\text{пов}})+B=0$$

где α – коэффициент теплоотдачи водной массы; v – средняя температура водной массы потока; $v_{\text{пов}}$ – температура поверхности воды; B – потеря тепла через поверхность раздела вода-воздух, кал/см².

Уравнение справедливо до тех пор, пока температура поверхности воды не понизится до нуля. С этого момента тепловое равновесие может поддерживаться только за счет выделения скрытой теплоты ледообразования. Отсюда следует, что появление льда на поверхности воды становится возможным только тогда, когда возникает неравенство между двумя потоками тепла

$$\alpha v_t \leq -B_t$$

или иначе, при температуре водной массы

$$v_t \leq -B_t/\alpha$$

Пользуясь первым неравенством, дату начала ледообразования можно определить путем сопоставления вычисленных на несколько дней вперед произведений αv и потерь тепла B . Даже приближенный расчет величин α , v и B представляет собой сложную задачу, так как условия охлаждения воды меняются по пути, а следовательно, необходимо учитывать:

- 1) длину участка охлаждения, т.е. брать начальную температуру воды в пункте, удаленном на расстоянии, которое вода проходит за расчетный период времени;
- 2) среднюю глубину реки на участке охлаждения;
- 3) средние значения температуры воздуха и других метеорологических элементов, необходимых для расчета теплообмена на участке охлаждения;
- 4) приток тепла от грунтовых вод;
- 5) приток тепла от ложа русла.

Методику расчета времени появления льда на реках подробно разработал Л.Г. Шуляковский.

Расчет начала ледообразования на озерах и водохранилищах. Неравенство $\alpha v_t \leq -B_t$ справедливо не только для рек, но также для озер и водохранилищ, если температуру воды рассматривать как среднюю температуру в слое перемешивания. При отсутствии существенного течения и слабом ветре начало ледообразования в основной части водоема означает и начало ледостава.

Для расчета средней температуры воды в водоемах используется

$$v_n = v_0 e^{-na} + [\Theta_{\text{ср}} + d/k + ((a+k) \cdot q/ak)] (1 - e^{-na})$$

$$a_0 = tak / (a+k) h_{\text{ср}}$$

$\Theta_{\text{ср}}$ – средняя температура воздуха за весь расчетный период; остальные обозначения прежние.

Эмпирические приемы прогнозов появления льда. Использование эмпирических приемов при разработке методики краткосрочных прогнозов возможно при наличии данных наблюдений за температурой воды, ледовыми явлениями и температурой воздуха за достаточно длительный период. Наличие таких данных позволяет установить связь между начальным теплозапасом и необходимой для появления льда потерей тепла или косвенной её характеристикой. В качестве такой косвенной характеристики обычно используется сумма градусов отрицательной средней суточной температуры воздуха, которую для краткости будем называть суммой градусо-дней.

Основными факторами, определяющими начальный теплозапас в реке, являются начальная температура воды и глубина реки.

Такого рода зависимость дает возможность составлять краткосрочный прогноз времени появления льда на данном участке реки при наличии прогноза средней суточной температуры воздуха на несколько дней вперед. Прогноз составляется в следующем порядке. Имея температуру воды и глубину реки накануне наступления морозов, по графику находят необходимую для появления льда сумму градусо-дней, а зная эту сумму и ожидаемый ход температуры воздуха, легко определить дату, к которой она накопится. Следующий за этим день и принимается за дату появления льда.

Более простой способ прогноза основывается на использовании зависимости минимальной необходимой для появления льда суммы градусо-дней от начальной температуры воды. Построение подобных графиков выполняется в следующем порядке. По данным о температуре воздуха за каждый год устанавливается дата её перехода через 0°C. Затем из материалов наблюдений за температурой воды выбирается та температура ν_0 , которая была в каждом году накануне дня наступления морозов, а по данным наблюдений водомерного поста определяются даты появления сала или шуги. Суммируя средние суточные значения температуры воздуха с момента перехода её через нуль до дня появления льда включительно, находят ежегодные значения $\sum\Theta$, при которых появляется лед. Нанеся на график соответствующие значения ν_0 и $\sum\Theta$, проводят ограничивающую кривую, которая и служит для определения минимальной необходимой суммы градусо-дней.

Аналогичная методика применяется и для прогнозов появления льда на отдельных участках озер и водохранилищ.

Прогнозы наступления ледостава на реках, озерах и водохранилищах. За начало ледостава на участке реки принимают обычно образование первых перемычек неподвижного льда. Эти перемычки образуются прежде всего в местах уменьшения скорости течения, у островов, на поворотах реки. Остановившиеся льдины смерзаются между собой и с подплывающими льдинами, и ледостав распространяется вверх по течению.

Для образования первых ледяных перемычек необходимо по крайней мере два условия: 1) интенсивное охлаждение воды, вызывающее усиление ледохода до сплошного; 2) температура воздуха не должна быть выше некоторого критического значения, при котором обеспечивается быстрое смерзание льдин и поддерживается достаточно интенсивное ледообразование.

Таким образом, при наличии материалов многолетних наблюдений разработка методики прогноза наступления ледостава заключается в установлении для каждого участка реки зависимостей минимальной суммы градусо-дней и критической температуры воздуха от уровня воды:

$$\begin{aligned}(\sum\Theta)_{\min} &= f(H) \\ \Theta_{\text{кр}} &= f(H).\end{aligned}$$

В качестве аргумента при установлении указанных выше зависимостей используется предлеставный уровень воды в реке или уровень в день появления плавучего льда.

Построение графиков $(\sum\Theta)_{\min} = f(H)$ выполняется аналогично построению графиков для появления льда. Построение зависимости $\Theta_{\text{кр}} = f(H)$ выполняется следующим путем. Пользуясь графиком $(\sum\Theta)_{\min} = f(H)$, для каждого года определяют значение минимальной необходимой суммы градусо-дней, а по таблице средних суточных температур воздуха находят дату её накопления. После этого для каждого года за каждый день периода, начиная с даты накопления расчетной суммы градусо-дней до фактической даты ледостава включительно, выписываются значения средней суточной температуры воздуха. Полученные значения температуры за эти дни связываются с предлеставным уровнем или уровнем в день появления льда.

Лекция 18.

Наращение ледяного покрова и прогнозы толщины льда на реках.

После образования ледостава в течение зимы происходит постепенное увеличение толщины льда. В зависимости от суровости климата лед на реках к весне бывает различной толщины.

Нарастание льда на реках, озерах и водохранилищах происходит благодаря отдаче тепла водой. Эта отдача совершается через ледяной покров и снег на льду, поэтому её интенсивность зависит при прочих равных условиях от толщины льда и снега на льду. В начальный период, когда толщина льда невелика и количество снега на нем мало, нарастание её происходит более интенсивно. По мере увеличения толщины льда и накопления снега интенсивность приращения льда постепенно уменьшается.

Различают два вида льда на реках, озерах и водохранилищах: кристаллический лед, образующийся от замерзания воды, и так называемый снежный лед, который образуется при замерзании на поверхности ледяного покрова ого водой снега. Известен ряд формул для расчета толщины льда. Наиболее простой приближенной формулой, выражающей зависимость толщины льда от температуры его поверхности и высоты снега на нем, является формула В.В.Пиотровича.

$$h = \sqrt{(h_{нач} + (\lambda_l / \lambda_c) * l)^2 + 86400 * (2\lambda_l / \rho_l L) \sum \Theta_{нов} - (\lambda_l / \lambda_c) * l},$$

где $h_{нач}$ - начальная толщина льда, см; l - высота снега на льду, см; λ_l λ_c - соответственно теплопроводность льда и снега; L - скрытая теплота ледообразования; ρ_l - плотность льда; $\sum \Theta_{нов}$ - сумма градусов средней суточной температуры поверхности льда или снега на льду за период от дня, на который берется начальная толщина льда, до того дня, на который рассчитывается толщина льда.

Эта формула пригодна для расчетов при отсутствии снежного льда и скоплений шуги под ледяным покровом. При расчетах по этой формуле необходимо знать температуру поверхности снега или рассчитывать её в зависимости от скорости ветра и облачности.

Практически для прогнозов толщины льда (в сантиметрах) используются более простые формулы:

$$\Delta h = 6,2 \sum \Theta_{нов} / h_3,$$

или

$$\Delta h = 0,65 (\sum \Theta) * h_3^{-0,54}$$

В этих формулах Δh - приращение толщины льда за период расчета; $\sum \Theta$ - сумма градусо-дней отрицательной температуры воздуха; h_3 - толщина льда, эквивалентная по теплопроводности ледяному и снежному покрову, вычисляется по формуле

$$h_3 = h + (\lambda_l / \lambda_c) * l,$$

где все обозначения прежние.

Заблаговременность прогнозов толщины льда зависит от заблаговременности прогноза температуры воздуха. Следует заметить, что расчет по формулам дает лишь одно значение толщины льда для её измерения. Действительная толщина льда на плёсах и перекатах существенно различается.

Краткосрочные прогнозы вскрытия рек, озер и водохранилищ.

Процесс разрушения ледяного покрова на реках и его фазы. Вскрытие рек происходит под воздействием двух факторов- теплового и механического. Под воздействием тепла происходит таяние и ослабление прочности ледяного покрова. Под действием механических сил потока происходит взлом, нарушение целостности ледяного покрова и его транспортирование вниз по течению. В зависимости от особенностей режима рек относительная роль этих факторов во вскрытии может быть различной. Как ни велика роль механического фактора в разрушении ледяного покрова, главным фактором все же остается тепловой, так как он в конечном счете определяет формирование волны половодья и колебание сроков вскрытия от года к году. Третьим фактором, влияющим на процесс вскрытия рек, является толщина самого льда. Именно она определяет то количество тепла, которое затрачивается на частичное его стаивание и ослабление прочности.

Характерными фазами разрушения ледяного покрова на реках являются образование закраин, подвижки льда, его взлом на большом протяжении и последующий ледоход, который завершается полным исчезновением льда.

Основные методики прогнозов вскрытия рек. Применяемые в настоящее время приемы краткосрочных прогнозов вскрытия рек носят приближенный характер.

Из рассмотрения основных факторов вскрытия рек следует, что его сроки в каждом году зависят главным образом от времени перехода температуры воздуха через 0С. Именно срок этого перехода определяет в конечном счете, будет ли вскрытие ранним или поздним. Важную роль при этом играет интенсивность самого потепления. Что касается таких факторов, как толщина ледяного покрова и запас воды в снеге, то их влияние на изменение сроков вскрытия может сказываться в пределах нескольких дней. Использование графиков связи сроков перехода температуры воздуха через нуль, интенсивности потепления и сроков вскрытия является простейшим и наиболее давним практическим приемом прогнозов.

В качестве простейшей косвенной характеристики притока тепла принимается сумма градусо-дней положительной температуры воздуха. Для определения этой характеристики берутся как средние суточные, так и средние дневные или срочные (за 13 ч) значения температуры.

Довольно широкое распространение в практике прогнозов рек получил упрощенный способ оценки притока тепла, основанный на использовании формул, применяемых при расчете снеготаяния. Упрощение состоит в том, что расчет ведется только для дневной части суток. При этом облачность и скорость ветра берутся постоянными, равными средним многолетним значениям, абсолютная влажность воздуха определяется в зависимости от его температуры, а альбедо снега принимается равным 0,5.

В качестве косвенной характеристики толщины льда используется обычно сумма градусо-дней отрицательной температуры воздуха за период ледостава. К такому показателю приходится прибегать ввиду ограниченности непосредственных измерений толщины льда или недостаточной их репрезентативности.

Простейшие приемы краткосрочных прогнозов вскрытия основываются на использовании эмпирических зависимостей вида:

$$\begin{aligned}\sum q &= f(\sum \theta); \\ \sum q &= f(h_{\text{л}}, \Delta H); \\ \sum q &= f(\sum \theta, H_{\text{з}}),\end{aligned}$$

где $\sum q$ - приток тепла, необходимый для вскрытия реки на заданном участке; $\sum \theta$ – сумма градусо-дней отрицательной температуры за период ледостава;

$h_{\text{л}}$ – толщина льда; ΔH - подъем уровня над зимним; $H_{\text{з}}$ – максимальный зимний уровень.

Заторы льда и условия их образования. Возникновение заторов льда при вскрытии рек – явление широко распространенное. Особенно часты они на реках, вскрытие которых происходит главным образом под воздействием механического фактора, и в частности, на реках, текущих с юга на север. На многих реках заторы льда образуются ежегодно, но не всегда они в равной мере опасны.

Местами образования заторов льда чаще всего являются крутые излуины рек, мелкие перекаты, участки русла около островов и участки резкого уменьшения продольного уклона потока. Последнее условие особенно ярко проявляется в зонах выклинивания подпора водохранилищ и на устьевых участках впадающих в море рек. Большую роль в образовании заторов играют искусственные стеснения русел, например мосты и оградительные дамбы.

Размеры заторов и вызываемый ими подпор уровня воды зависят от ряда гидрометеорологических факторов. Главными из них являются: а) наличие ледостава ниже вскрывшегося участка реки, б) большая толщина и прочность льда, в) интенсивный подъем уровня воды, обеспечивающий одновременное вскрытие большого участка реки,

г) состояние погоды при образовании затора. Похолодание до отрицательных значений температуры воздуха содействует усилению заторов.

Разрушение заторов происходит под действием влекущей силы потока воды, когда эта сила превысит силы сопротивления, удерживающие нагромождение льда. Поэтому, чем больше нагромождения льда, тем больше требуется подъем уровня воды для того, чтобы сдвинуть образовавшийся затор. Наиболее устойчивыми являются заторы в зонах выклинивания подпора водохранилищ, особенно, если глубины на таком участке относительно невелики и нагромождение льда достигает дна. Устойчивости таких заторов содействует наличие ледостава на водохранилище.

Прогнозы образования заторов льда и подъема уровня воды представляют собой чрезвычайно сложную задачу, которая ещё в достаточной мере не решена. Основными мерами борьбы с заторами являются ледокольные и взрывные работы.

Лекция 19.

Долгосрочные ледовые прогнозы.

Общие понятия. Сроки замерзания и вскрытия рек непосредственно связаны с климатическими условиями, решающими в отношении отклонений сроков замерзания и вскрытия рек от климатической нормы являются метеорологические условия осени и весны. Эти условия во многих районах весьма изменчивы от года к году. В соответствии с их изменчивостью сильно меняются сроки ледовых явлений.

Атмосферные процессы и условия погоды, определяющие появление льда на реках, их замерзание и вскрытие, охватывают одновременно значительные территории. Соответственно ежегодные отклонения сроков наступления этих явлений от средних многолетних оказываются довольно близкими для многих рек. Общность этих отклонений на значительной территории позволяет районировать их, что в некоторой мере отличает анализ взаимосвязи сроков наступления ледовых явлений с атмосферными процессами.

Разработка методов долгосрочных ледовых прогнозов является в значительно большей мере метеорологической задачей, чем гидрологической, поэтому эти методы часто именуется метеосиноптическими. Конечно целью разработки метода долгосрочного прогноза, скажем сроков появления льда является отыскание таких чисто метеорологических закономерностей или признаков в циркуляции атмосферы, которые давали бы возможность с большой заблаговременностью определить отклонение этих сроков от климатической нормы; другими словами, будет ли наступление морозов в данном году ранним, близким к норме или поздним. Аналогично для прогнозов времени вскрытия требуется найти такие закономерности и признаки, которые бы надежнее указывали на сроки наступления и характер весны.

Проблема долгосрочных ледовых прогнозов является одной из наиболее трудных проблем гидрометеорологии и пока не получила вполне удовлетворительного решения. Её разработка находится в прямой зависимости от успехов метеорологии в области долгосрочных прогнозов погоды.

Исследования в области долгосрочных ледовых прогнозов по крупным географическим районам или крупным бассейнам должны включать:

а) изучение специфики условий замерзания и вскрытия рек, выявление наиболее важных элементов гидрологического и метеорологического режима и оценку роли различных факторов;

б) анализ атмосферных процессов, влекущих вынос холодных и теплых воздушных масс в интересующий район, и выявление закономерностей в их развитии в общей системе циркуляции атмосферы;

в) выявление взаимосвязи между атмосферными процессами и ледовыми явлениями и установление закономерностей или признаков, с помощью которых можно предвидеть характер развития ледовых явлений с заблаговременностью 1-2 месяца;

г) статистический анализ повторяемости сроков замерзания и вскрытия рек и получение характеристик, необходимых для оценки эффективности метода прогноза.

Прогнозы стока появления льда. Процесс охлаждения воды в реках в осенний период и начало ледообразования зависят от частоты и интенсивности вторжений холодного воздуха или волн холода. В различных географических районах эти волны обусловлены характерными особенностями атмосферной циркуляции и связаны с различными процессами переноса воздушных масс. В связи с этим различны и возможности количественной характеристики и заблаговременной оценки развития этих процессов. Поэтому методика долгосрочных прогнозов появления льда на реках каждого такого района имеет свои особенности.

Наилучшей методикой, очевидно, была бы такая, которая давала бы возможность с большой заблаговременностью предвидеть ход волн холода во времени и их интенсивность. Однако метеорология не располагает пока такими возможностями. Практически при разработке методики долгосрочных прогнозов приходится приблизительно оценивать лишь преобладающие процессы и связанные с ними температурные условия.

Возьмем, например, Северный район. Основными факторами, определяющими соотношение интенсивности поступления теплых и холодных воздушных масс, являются преобладающие направления переноса этих масс и интенсивность западных потоков. В качестве числовых характеристик двух этих факторов в данном районе Н.М.Мытарёв и Т.Н.Макаревич предложили использовать широтную меридиональную разности геопотенциалов, а в качестве общего индекса циркуляции – сумму двух этих разностей.

$$C=(A_1-A_2)+(B_1-B_2),$$

где A_1 и A_2 – значения геопотенциалов соответственно западнее и восточнее рассматриваемого района; B_1 и B_2 – значение геопотенциалов соответственно южнее и севернее. Значение геопотенциалов определяется по катрам барической топографии AT_{500} т.е. для поверхности 500 мбар

Аналогичные индексы циркуляции, вычисляемые как разность геопотенциалов, используются в долгосрочных прогнозах сроков появления льда и по другим районам.

Прогнозы вскрытия рек. Применяемые в настоящее время методы долгосрочных прогнозов вскрытия рек можно разделить на две группы, в зависимости от развития атмосферных процессов, на которых основывается определения индексов циркуляции. Одни методы базируются на предположении об однородности атмосферных процессов в течение синоптического сезона весны, другие- на закономерностях развития атмосферных процессов от сезона к сезону.

Из однородности процессов, преобладающих в течение всего сезона весны, следует, что по их характеру наблюдавшемуся в начале сезона можно в известной мере судить об их преобладании в остальную часть сезона. Эта особенность циркуляции может быть использована в ледовых прогнозах в тех случаях, когда вскрытие рек приходится на вторую половину сезона.

В заключении заметим, что закономерности, связанные как с однородностью процессов циркуляции в течении сезона, так и преобразованием этих процессов от зимы к весне выражены слабо. Поэтому надежность методов долгосрочных ледовых прогнозов остается пока не высокой.

“Утверждаю”
Декан _____
доц. Махамдалиев Р.Ю.
“ _____ ” _____ 2011 г.

Вопросы для промежуточного контроля 1 по предмету “Гидрологические прогнозы”, 4 к,
ГМ, русс.гр.за 2 семестр 2011 – 2012 учебного года.

1. Гидрология и гидрологические прогнозы.
2. Значение гидрологических прогнозов для отраслей экономики.
3. История развития гидропрогнозов.
4. Задачи и организация службы гидропрогнозов.
5. Определение гидрологического прогноза.
6. Закономерное и случайное в гидрологических прогнозах.
7. Классификация гидрологических прогнозов.
8. Материалы, составляющие научно-оперативный фонд.
9. Гидрологические материалы.
10. Материалы по снежному покрову.
11. Научно-методические основы гидропрогнозов и их связь с метеопрогнозами.
12. Эмпирические зависимости в гидропрогнозах.
13. Методы линейной корреляции в гидропрогнозах.
14. Нелинейная корреляция и подбор эмпирических формул. Уравнение параболы.
15. Показательная функция и уравнение гиперболы.
16. Построение расчетных графиков.
17. Принципы оценки методов и оправдываемости ГП.
18. Движение и трансформация волны паводка на бесприточном участке реки.
19. Построение кривых объемов для участков рек.
20. Аналитический способ расчёта трансформации волны паводка.
21. Метод расчёта трансформации волны паводка по характерным участкам.
22. Графические способы расчёта трансформации волны паводка.
23. Метод соответственных уровней.
24. Определение времени добегания по кривым расходов и таблицам водомерных наблюдений.
25. Графики связи соответственных уровней и их применение в прогнозах.
26. Прогноз уровней и расходов воды на приточных участках рек.
27. Формирование расходов воды на приточном участке реки.
28. Определение времени добегания воды по промежуточным участкам.
29. Определение времени добегания путем подбора по гидрографам.
30. Прогноз уровня по соответственным расходам в верхних створах.
31. Прогноз стока по данным о запасах воды в руслах. Определение запаса воды в руслах.
32. Построение расчётных графиков о запасах воды в руслах.
33. Общие сведения о методах прогнозов дождевых паводков.
34. Функции добегания стока и способы их определения. Метод изохрон.
35. Функции добегания стока и способы их определения. Метод единичного паводка.
36. Функции добегания стока и способы их определения. Аналитические функции.
37. Расчёт поступления воды от осадков. Средний слой осадков.
38. Расчёт поступления воды от осадков. Продолжительность и интенсивность осадков
39. Инфильтрация воды в почву и поверхностное задержание.

40. Формулы для расчёта инфильтрации.
41. Поверхностное задержание.
42. Определение водоотдачи бассейна.
43. Эмпирические зависимости дождевого стока от осадков.
44. Косвенные характеристики увлажнённости бассейна.
45. Прогноз паводков по данным о притоке воды в русловую сеть.
46. Определение притока в русловую сеть по данным о расходах малых рек.
47. Расчёт притока по расходу воды в замыкающем створе и изменению объёма в речной сети.

Составитель:

ст.пр-ль Сагдеев Н.З.

Зав. кафедрой

проф. Хикматов Ф.Х.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 1

1. Гидрология и гидрологические прогнозы.
2. Научно-методические основы гидропрогнозов и их связь с метеопрогнозами.
3. Метод расчёта трансформации волны паводка по характерным участкам.
4. Прогноз стока по данным о запасах воды в руслах. Определение запаса воды в руслах.
5. Поверхностное задержание.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 2

1. Значение гидрологических прогнозов для отраслей экономики.
2. Эмпирические зависимости в гидропрогнозах.
3. Графические способы расчёта трансформации волны паводка.
4. Построение расчётных графиков о запасах воды в руслах.
5. Определение водоотдачи бассейна.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 3

1. История развития гидропрогнозов.
2. Методы линейной корреляции в гидропрогнозах.
3. Метод соответственных уровней.
4. Общие сведения о методах прогнозов дождевых паводков.
5. Косвенные характеристики увлажнённости бассейна.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 4

1. Задачи и организация службы гидропрогнозов.
2. Нелинейная корреляция и подбор эмпирических формул. Уравнение параболы.
3. Определение времени добегания по кривым расходов и таблицам водомерных наблюдений.
4. Функции добегания стока и способы их определения. Метод изохрон.
5. Эмпирические зависимости дождевого стока от осадков.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 5

1. Определение гидрологического прогноза.
2. Показательная функция и уравнение гиперболы.
3. Графики связи соответственных уровней и их применение в прогнозах.
4. Функции добегания стока и способы их определения. Метод единичного паводка.
5. Прогноз паводков по данным о притоке воды в русловую сеть.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 6

1. Закономерное и случайное в гидрологических прогнозах.
2. Построение расчетных графиков.
3. Прогноз уровней и расходов воды на приточных участках рек.
4. Функции добегания стока и способы их определения. Аналитические функции.
5. Определение притока в русловую сеть по данным о расходах малых рек.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 7

1. Классификация гидрологических прогнозов.
2. Принципы оценки методов и оправдываемости ГП.
3. Формирование расходов воды на приточном участке реки.
4. Расчёт поступления воды от осадков. Средний слой осадков.
5. Расчёт притока по расходу воды в замыкающем створе и изменению объема в речной сети.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 8

1. Материалы, составляющие научно-оперативный фонд.
2. Движение и трансформация волны паводка на бесприточном участке реки.
3. Определение времени добегания воды по промежуточным участкам.
4. Расчёт поступления воды от осадков. Продолжительность и интенсивность осадков
5. Определение притока в русловую сеть по данным о расходах малых рек.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 9

1. Гидрологические материалы.
2. Построение кривых объемов для участков рек.
3. Определение времени добегания путем подбора по гидрографам.
4. Инфильтрация воды в почву и поверхностное задержание.
5. Эмпирические зависимости дождевого стока от осадков.

Гидропрогнозы, 4 к, ПК 1 Билет № 10

1. Материалы по снежному покрову.
2. Аналитический способ расчёта трансформации волны паводка.
3. Прогноз уровня по соответственным расходам в верхних створах.
4. Формулы для расчёта инфильтрации.
5. Определение водоотдачи бассейна.

“Утверждаю”
Декан _____
доц. Махаматалиев Р.Ю.
“ _____ ” _____ 2011 г.

Вопросы для промежуточного контроля 2 по предмету “Гидрологические прогнозы”, 4 к,
ГМ, русс.гр.за 2 семестр 2011 – 2012 учебного года.

1. Долгосрочные прогнозы весеннего половодья равнинных рек.
2. Уравнение водного баланса бассейна за период начало снеготаяния – конец половодья.
3. Уравнение водного баланса бассейна за период снеготаяния.
4. Методы прогноза стока за период половодья.
5. Прогнозы весенне-летнего половодья на горных реках.
6. Условия формирования половодья на горных реках.
7. Зависимость стока от гидрометеорологических факторов.
8. Способы вычисления составляющих ВБ бассейнов и их косвенные показатели. Осадки и запас воды в снеге.
9. Возрастание запаса воды в снежном покрове с высотой.
10. Долгосрочный прогноз стока за половодье.
11. Долгосрочный прогноз стока за вегетационный период.
12. Прогнозы стока за месяц.
13. Прогнозы стока в зависимости от количества снега в горах.
14. Прогнозы стока в зависимости от количества осадков за зиму.
15. Расчет времени появления льда на реках.
16. Расчёт начала ледообразования на озерах и водохранилищах.
17. Эмпирические приемы прогнозов появления льда.
18. Прогнозы наступления ледостава на реках, озерах и водохранилищах.
19. Нарастание ледяного покрова на реках.
20. Прогнозы толщины льда на реках.
21. Краткосрочные прогнозы вскрытия рек, озер и водохранилищ.
22. Основы методики прогнозов вскрытия рек.
23. Затопы льда и условия их образования.
24. Долгосрочные ледовые прогнозы.
25. Долгосрочные прогнозы сроков появления льда.
26. Долгосрочные прогнозы вскрытия рек.

Составитель:

ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

Зав. кафедрой

проф. Хикматов Ф.Х.

2с ПК 2 Билет 1

1. Долгосрочные прогнозы весеннего половодья равнинных рек.
2. Долгосрочный прогноз стока за вегетационный период.
3. Краткосрочные прогнозы вскрытия рек, озер и водохранилищ.

2с ПК 2 Билет 2

1. Уравнение водного баланса бассейна за период начало снеготаяния – конец половодья.
2. Прогнозы стока за месяц.
3. Основы методики прогнозов вскрытия рек.

2с ПК 2 Билет 3

1. Уравнение водного баланса бассейна за период снеготаяния.
2. Прогнозы стока в зависимости от количества снега в горах.
3. Затопы льда и условия их образования.

2с ПК 2 Билет 4

1. Методы прогноза стока за период половодья.
2. Прогнозы стока в зависимости от количества осадков за зиму.
3. Долгосрочные ледовые прогнозы.

2с ПК 2 Билет 5

1. Прогнозы весенне-летнего половодья на горных реках.
2. Расчет времени появления льда на реках.
3. Долгосрочные прогнозы сроков появления льда.

2с ПК 2 Билет 6

1. Условия формирования половодья на горных реках.
2. Расчет начала ледообразования на озерах и водохранилищах.
3. Долгосрочные прогнозы вскрытия рек.

2с ПК 2 Билет 7

1. Зависимость стока от гидрометеорологических факторов.
2. Эмпирические приемы прогнозов появления льда.
3. Методы прогноза стока за период половодья.

2с ПК 2 Билет 8

1. Способы вычисления составляющих ВВ бассейнов и их косвенные показатели. Осадки и запас воды в снеге.
2. Прогнозы наступления ледостава на реках, озерах и водохранилищах.
3. Долгосрочные ледовые прогнозы.

2с ПК 2 Билет 9

1. Возрастание запаса воды в снежном покрове с высотой.
2. Нарастание ледяного покрова на реках.
3. Затопы льда и условия их образования.

2с ПК 2 Билет 10

1. Долгосрочный прогноз стока за половодье.
2. Прогнозы толщины льда на реках.
3. Основы методики прогнозов вскрытия рек.

“Утверждаю”
 Декан _____
 доц. Махамдалиев Р.Ю.
 “ _____ ” _____ 2011 г.

Вопросы для итогового контроля по предмету “Гидрологические прогнозы”, 4 к, ГМ,
 русс.гр.за 2 семестр 2011 – 2012 учебного года.

1. Гидрология и гидрологические прогнозы.
2. Значение гидрологических прогнозов для отраслей экономики.
3. История развития гидропрогнозов.
4. Задачи и организация службы гидропрогнозов.
5. Определение гидрологического прогноза.
6. Закономерное и случайное в гидрологических прогнозах.
7. Классификация гидрологических прогнозов.
8. Материалы, составляющие научно-оперативный фонд.
9. Гидрологические материалы.
10. Материалы по снежному покрову.
11. Научно-методические основы гидропрогнозов и их связь с метеопрогнозами.
12. Эмпирические зависимости в гидропрогнозах.
13. Методы линейной корреляции в гидропрогнозах.
14. Нелинейная корреляция и подбор эмпирических формул. Уравнение параболы.
15. Показательная функция и уравнение гиперболы.
16. Построение расчетных графиков.
17. Принципы оценки методов и оправдываемости ГП.
18. Движение и трансформация волны паводка на бесприточном участке реки.
19. Построение кривых объемов для участков рек.
20. Аналитический способ расчёта трансформации волны паводка.
21. Метод расчёта трансформации волны паводка по характерным участкам.
22. Графические способы расчёта трансформации волны паводка.
23. Метод соответственных уровней.
24. Определение времени добегания по кривым расходов и таблицам водомерных наблюдений.
25. Графики связи соответственных уровней и их применение в прогнозах.
26. Прогноз уровней и расходов воды на приточных участках рек.
27. Формирование расходов воды на приточном участке реки.
28. Определение времени добегания воды по промежуточным участкам.
29. Определение времени добегания путем подбора по гидрографам.
30. Прогноз уровня по соответственным расходам в верхних створах.
31. Прогноз стока по данным о запасах воды в руслах. Определение запаса воды в руслах.
32. Построение расчётных графиков о запасах воды в руслах.
33. Общие сведения о методах прогнозов дождевых паводков.
34. Функции добегания стока и способы их определения. Метод изохрон.
35. Функции добегания стока и способы их определения. Метод единичного паводка.
36. Функции добегания стока и способы их определения. Аналитические функции.
37. Расчёт поступления воды от осадков. Средний слой осадков.
38. Расчёт поступления воды от осадков. Продолжительность и интенсивность осадков.
39. Инfiltrация воды в почву и поверхностное задержание.
40. Формулы для расчёта инfiltrации.

41. Поверхностное задержание.
42. Определение водоотдачи бассейна.
43. Эмпирические зависимости дождевого стока от осадков.
44. Косвенные характеристики увлажненности бассейна.
45. Прогноз паводков по данным о притоке воды в русловую сеть.
46. Определение притока в русловую сеть по данным о расходах малых рек.
47. Расчёт притока по расходу воды в замыкающем створе и изменению объема в речной сети.
48. Долгосрочные прогнозы весеннего половодья равнинных рек.
49. Уравнение водного баланса бассейна за период начало снеготаяния – конец половодья.
50. Уравнение водного баланса бассейна за период снеготаяния.
51. Методы прогноза стока за период половодья.
52. Прогнозы весенне-летнего половодья на горных реках.
53. Условия формирования половодья на горных реках.
54. Зависимость стока от гидрометеорологических факторов.
55. Способы вычисления составляющих ВБ бассейнов и их косвенные показатели. Осадки и запас воды в снеге.
56. Возрастание запаса воды в снежном покрове с высотой.
57. Долгосрочный прогноз стока за половодье.
58. Долгосрочный прогноз стока за вегетационный период.
59. Прогнозы стока за месяц.
60. Прогнозы стока в зависимости от количества снега в горах.
61. Прогнозы стока в зависимости от количества осадков за зиму.
62. Расчет времени появления льда на реках.
63. Расчёт начала ледообразования на озерах и водохранилищах.
64. Эмпирические приемы прогнозов появления льда.
65. Прогнозы наступления ледостава на реках, озерах и водохранилищах.
66. Нарастание ледяного покрова на реках.
67. Прогнозы толщины льда на реках.
68. Краткосрочные прогнозы вскрытия рек, озер и водохранилищ.
69. Основы методики прогнозов вскрытия рек.
70. Затопы льда и условия их образования.
71. Долгосрочные ледовые прогнозы.
72. Долгосрочные прогнозы сроков появления льда.
73. Долгосрочные прогнозы вскрытия рек.

Составил:
Зав. кафедрой

ст. пр – ль Сагдеев Н.З.
проф. Хикматов Ф.Х.

Гидропрогнозы, ИК Билет 1

1. Гидрология и гидрологические прогнозы.
2. Методы линейной корреляции в гидропрогнозах.
3. Графики связи соответственных уровней и их применение в прогнозах.
4. Расчёт поступления воды от осадков. Средний слой осадков.
5. Уравнение водного баланса бассейна за период начало снеготаяния – конец половодья.
6. Прогнозы стока в зависимости от количества осадков за зиму.

Гидропрогнозы, ИК Билет 2

1. Значение гидрологических прогнозов для отраслей экономики.
2. Нелинейная корреляция и подбор эмпирических формул. Уравнение параболы.
3. Прогноз уровней и расходов воды на приточных участках рек.
4. Расчёт поступления воды от осадков. Продолжительность и интенсивность осадков
5. Уравнение водного баланса бассейна за период снеготаяния.
6. Расчет времени появления льда на реках.

Гидропрогнозы, ИК Билет 3

1. История развития гидропрогнозов.
2. Показательная функция и уравнение гиперболы.
3. Формирование расходов воды на приточном участке реки
4. Инфильтрация воды в почву и поверхностное задержание.
5. Методы прогноза стока за период половодья.
6. Расчёт начала ледообразования на озерах и водохранилищах.

Гидропрогнозы, ИК Билет 4

1. Задачи и организация службы гидропрогнозов.
2. Построение расчетных графиков.
3. Определение времени добегания воды по промежуточным участкам.
4. Формулы для расчёта инфильтрации.
5. Прогнозы весенне-летнего половодья на горных реках.
6. Эмпирические приемы прогнозов появления льда.

Гидропрогнозы, ИК Билет 5

1. Определение гидрологического прогноза.
2. Принципы оценки методов и оправдываемости ГП
3. Определение времени добегания путем подбора по гидрографам.
4. Поверхностное задержание.
5. Условия формирования половодья на горных реках.
6. Прогнозы наступления ледостава на реках, озерах и водохранилищах.

Гидропрогнозы, ИК Билет 6

1. Закономерное и случайное в гидрологических прогнозах.
2. Движение и трансформация волны паводка на бесприточном участке реки.
3. Прогноз уровня по соответственным расходам в верхних створах.
4. Определение водоотдачи бассейна.
5. Способы вычисления составляющих ВБ бассейнов и их косвенные показатели. Осадки и запас воды в снеге.
6. Нарастание ледяного покрова на реках.

Гидропрогнозы, ИК Билет 7

1. Классификация гидрологических прогнозов.
2. Аналитический способ расчёта трансформации волны паводка.
3. Прогноз стока по данным о запасах воды в руслах. Определение запаса воды в руслах.
4. Эмпирические зависимости дождевого стока от осадков.
5. Зависимость стока от гидрометеорологических факторов.
6. Краткосрочные прогнозы вскрытия рек, озер и водохранилищ.

Гидропрогнозы, ИК Билет 8

1. Материалы, составляющие научно-оперативный фонд.
2. Построение кривых объемов для участков рек.
3. Построение расчётных графиков о запасах воды в руслах.
4. Косвенные характеристики увлажнённости бассейна.
5. Возрастание запаса воды в снежном покрове с высотой.
6. Прогнозы толщины льда на реках.

Гидропрогнозы, ИК Билет 9

1. Гидрологические материалы.
2. Метод расчёта трансформации волны паводка по характерным участкам
3. Общие сведения о методах прогнозов дождевых паводков.
4. Прогноз паводков по данным о притоке воды в русловую сеть.
5. Прогнозы стока за месяц.
6. Основы методики прогнозов вскрытия рек.

Гидропрогнозы, ИК Билет 10

1. Материалы по снежному покрову.
2. Графические способы расчёта трансформации волны паводка.
3. Функции добегаания стока и способы их определения. Метод изохрон.
4. Определение притока в русловую сеть по данным о расходах малых рек.
5. Долгосрочный прогноз стока за половодье.
6. Долгосрочные ледовые прогнозы.

Гидропрогнозы, ИК Билет 11

1. Научно-методические основы гидропрогнозов и их связь с метеопрогнозами.
2. Метод соответственных уровней.
3. Функции добегаания стока и способы их определения. Метод единичного паводка.
4. Расчёт притока по расходу воды в замыкающем створе и изменению объема в речной сети.
5. Долгосрочный прогноз стока за вегетационный период.
6. Затопы льда и условия их образования.

Гидропрогнозы, ИК Билет 12

1. Эмпирические зависимости в гидропрогнозах.
2. Определение времени добегаания по кривым расходов и таблицам водомерных наблюдений.
3. Функции добегаания стока и способы их определения. Аналитические функции.
4. Долгосрочные прогнозы весеннего половодья равнинных рек.
5. Прогнозы стока в зависимости от количества снега в горах.
6. Долгосрочные прогнозы сроков появления льда.

«Келишилган»
 География факультети
 декани _____
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.
 «__» __08__2011 йил

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Краткосрочный прогноз элементов речного стока на основе гидрологической инерции.
2. Определение времени добегания на бесприточном участке реки.
3. Краткосрочный прогноз уровня воды методом соответственных уровней;
4. Краткосрочный прогноз уровня воды методом гидрологической инерции;
5. Прогноз поверхностного стока методом элементарного паводка.
6. Прогноз стока равнинных рек.
7. Прогноз стока половодья равнинных рек;
8. Прогноз максимального уровня периода половодья;
9. Прогноз стока горных рек.
10. Расчет температуры для горного бассейна;
11. Оценка индекса снеготазов в горных бассейнах;
12. Прогноз стока горных рек на период вегетации;
13. Прогноз месячного стока горных рек;
14. Исследование зависимости между расходом воды и русловыми запасами на основе уравнения водного баланса;
15. Краткосрочный прогноз стока рек на основе русловых запасов.

Литература

6. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1974.
7. Бефани Н.Ф. Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: ГМИЗ, 1987.
8. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987.
9. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек // Составитель: доц. И.К. Лукина. - Ташкент, 1980
10. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. - Л.: ГМИЗ, 1979.

Дополнительная литература

5. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. –Л.: ЛПИ, 1982.
6. Огиевский Ю.М. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
7. Методы расчета и прогноза половодья для каскада водохранилищ и речных систем // А.П.Жидиков, А.Г.Левин, Н.С.Ничаева. – Л.: ГМИЗ, 1977.
8. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х. Долгосрочный прогноз стока взвешенных наносов рек Средней Азии за вегетационный период. – В кн.: Эрозионные и русловые процессы. – Луцк, 1991.

Составитель:

д.г.н. Хикматов Ф.Х.

Ст. преп. Сагдеев Н.З.

Келишилган»
 География факультети
 декани _____
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.
 «__»_08____2011 йил

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ

Типовой план курсового проекта

Тема: **Прогноз стока горных рек.**

Введение.

VIII. Сведения, необходимые для прогноза стока горных рек.

IX. Расчет температуры и его градиента для горного бассейна.

X. Определение количества осадков, выпадающих в горный бассейн и запасов воды снежного покрова.

XI. Расчет высоты сезонной снеговой границы.

XII. Разработка методики прогноза стока горных рек на период вегетации.

XIII. Разработка методики прогноза месячного стока горных рек.

XIV. Оценка эффективности разработанных методов прогнозов.

Заключение.

Литература.

Приложение.

Темы для курсовых работ

11. Гидрологическая модель водного потока, движущаяся в русле.

12. Модель движения паводка на бесприточной участки реки.

13. Генетические формулы формирования стока.

14. Прогноз уровня воды озер и водохранилищ.

15. Прогноз высоты волны в озерах и водохранилищах.

16. Прогноз уровня и потока подземных вод.

17. Прогноз ледовых явлений.

18. Прогноз толщины ледяного покрова.

19. Прогноз очищения ото льда водных объектов.

10. Прогноз даты замерзания рек.

11. Прогноз стока горных рек.

12. Прогноз стока на вегетационный период.

13. Прогноз стока на месяц.

14. Прогноз дождевых паводков.

15. Долгосрочный прогноз стока горных рек.

Литература

11. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1974.

12. Бефани Н.Ф. Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: ГМИЗ, 1987.

13. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987.

14. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек // Составитель: доц. И.К. Лукина. - Ташкент, 1980

15. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. - Л.: ГМИЗ, 1979.

Дополнительная литература

9. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. –Л.: ЛПИ, 1982.
10. Огиевский Ю.М. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. - Л.: Гидрометеоздат, 1986.
11. Методы расчета и прогноза половодья для каскада водохранилищ и речных систем // А.П.Жидиков, А.Г.Левин, Н.С.Ничаева. – Л.: ГМИЗ, 1977.
12. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х. Долгосрочный прогноз стока взвешенных наносов рек Средней Азии за вегетационный период. – В кн.: Эрозионные и русловые процессы. – Луцк, 1991.

Составители:

д.г.н. Хикматов Ф.Х.

Ст. преп. Сагдеев Н.З.

Утверждаю”
Декан _____
доц. Махамдалиев Р.Ю.
“ _____ ” 08 _____ 2011 г.

Список тем ВКР для выпускников бакалавриатуры, направление ГМ, рус.гр.,
географический факультет, кафедра гидрологии суши.

Научный руководитель – ст.пр – ль Сагдеев Н.З.

1. Средние многолетние расходы малых низкогорных рек бассейна р. Сурхандарьи и их изменения в последние десятилетия.
2. Средние многолетние расходы малых низкогорных рек бассейна р. Кашкадарьи и их изменения в последние десятилетия.
3. Средние многолетние расходы малых низкогорных рек бассейна р. Зеравшан и их изменения в последние десятилетия.
4. Средние многолетние расходы малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран и их изменения в последние десятилетия.
5. Средние многолетние расходы малых низкогорных рек бассейна р. Чирчик и их изменения в последние десятилетия.
6. Внутригодовое распределение стока малых низкогорных рек бассейна р. Сурхандарьи и его изменение в последние годы.
7. Внутригодовое распределение стока малых низкогорных рек бассейна р. Кашкадарьи и его изменение в последние годы.
8. Внутригодовое распределение стока малых низкогорных рек бассейна р. Зеравшан и его изменение в последние годы.
9. Внутригодовое распределение стока малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран и его изменение в последние годы.
10. Внутригодовое распределение стока малых низкогорных рек бассейна р. Чирчик и его изменение в последние годы.
11. Водный режим и водные ресурсы бассейна р. Санзар.
12. Водный режим малых низкогорных рек и водные ресурсы нижней части зоны формирования стока в бассейне р. Кашкадарьи.
13. Водный режим малых низкогорных рек и водные ресурсы нижней части зоны формирования стока в бассейне р. Сурхандарьи.
14. Водный режим малых низкогорных рек и водные ресурсы нижней части зоны формирования стока в бассейне р. Зеравшан.

15. Водный режим малых низкогорных рек и водные ресурсы нижней части зоны формирования стока в бассейне р. Чирчик.
16. Формирование стока на малых низкогорных реках бассейна р. Сурхандарьи.
17. Формирование стока на малых низкогорных реках бассейна р. Кашкадарьи.
18. Формирование стока на малых низкогорных реках бассейна р. Зеравшан.
19. Формирование стока на малых низкогорных реках бассейна р. Ахангаран.
20. Формирование стока на малых низкогорных реках бассейна р. Чирчик.
21. Минимальный сток малых низкогорных рек бассейна р. Сурхандарьи и его изменения в последние годы.
22. Минимальный сток малых низкогорных рек бассейна р. Кашкадарьи и его изменения в последние годы.
23. Минимальный сток малых низкогорных рек бассейна р. Зеравшан и его изменения в последние годы.
24. Минимальный сток малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран и его изменения в последние годы.
25. Минимальный сток малых низкогорных рек бассейна р. Чирчик и его изменения в последние годы.

Составитель
Зав. кафедрой

ст. пр - ль Сагдеев Н.З.
проф. Хикматов Ф.Х.

«Келишилган»
 География факультети
 декани _____
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.
 «__» __08__2011 йил

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа – 30 ч.

Темы для самостоятельных работ

20. Гидрологическая модель водного потока, движущаяся в русле.
21. Модель движения паводка на бесприточной участки реки.
22. Генетические формулы формирования стока.
23. Прогноз уровня воды озер и водохранилищ.
24. Прогноз высоты волны в озерах и водохранилищах.
25. Прогноз уровня и потока подземных вод.
26. Прогноз ледовых явлений.
27. Прогноз толщины ледяного покрова.
28. Прогноз очищения ото льда водных объектов.
10. Прогноз даты замерзания рек.

Литература

16. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1974.
17. Бефани Н.Ф. Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: ГМИЗ, 1987.
18. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987.
19. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек // Составитель: доц. И.К. Лукина. - Ташкент, 1980
20. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. - Л.: ГМИЗ, 1979.

Дополнительная литература

13. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. –Л.: ЛПИ, 1982.
14. Огиевский Ю.М. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
15. Методы расчета и прогноза половодья для каскада водохранилищ и речных систем // А.П.Жидиков, А.Г.Левин, Н.С.Ничаева. – Л.: ГМИЗ, 1977.
16. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х. Долгосрочный прогноз стока взвешенных наносов рек Средней Азии за вегетационный период. – В кн.: Эрозионные и русловые процессы. – Луцк, 1991.

Составитель:

д.г.н. Хикматов Ф.Х.

Ст. преп. Сагдеев Н.З.

«Келишилган»
 География факультети
 декани _____
 доц. Махамдалиев Р.Й.
 «__» __08__ 2011 йил

ГЛОССАРИЙ

1. Гидрометрия - раздел гидрологии суши, занимающийся измерением элементов гидрологического режима, способами и приборами этих измерений, а также методами обработки полученных результатов, их сбора, хранения и публикации.
2. водный объект - постоянное или временное сосредоточение природных вод на поверхности суши либо в горных породах, имеющие характерные формы распространения и черты режима. Водными объектами являются моря, океаны, реки, озера, болота, водохранилища, подземные воды, а также воды каналов, прудов и другие места постоянного сосредоточения воды на поверхности суши (в виде снежного покрова).
3. Баланс подземных вод - количественное соотношение между элементами, определяющими питание, расходование и изменение запасов подземных вод за определенный период времени.
4. Бессточная область - часть суши, лишенная связи через речные системы с Мировым океаном. Реки бессточной области впадают во внутренние моря, озера или теряются в песках. Наиболее обширные бессточные области находятся в Африке и Азии. Суммарная площадь бессточных областей составляет 22% всей суши.
5. Бытовой расход - расход воды в водотоке с естественным гидрологическим режимом.
6. Бытовой сток - сумма жидких бытовых отходов, поступающих в окружающую среду.
7. Величина стока - количество воды, стекающей с водосбора за определенный интервал времени. Обычно величина стока выражается в виде объема, модуля или слоя стока.
8. Внешний сток - сток вод суши через реки в Мировой океан или в его моря.
9. Внутренний сток - сток вод суши не в Мировой океан, а во внутренние замкнутые бассейны.
10. Воднобалансовая площадка - участок склона, ограниченный от окружающей территории водонепроницаемой стенкой, заглубленной до водоупора, и оборудованный устройствами и приборами для измерения поверхностного и подземного стока. В районе такой площади организуются наблюдения за всеми остальными элементами водного баланса.
11. Водное хозяйство - область деятельности, обеспечивающая:
 - управление водными ресурсами с целью удовлетворения нужд населения и национальной экономики в воде;
 - управление рациональным использованием водных ресурсов и их охраной от загрязнения, засорения, истощения;
 - управление эксплуатацией водохозяйственных систем;
 - управление предупреждением и ликвидацией вредного воздействия вод.
12. Водные ресурсы - пригодные для использования в национальной экономике запасы вод суши, Мирового океана, подземных вод, почвенной влаги, льдов, снежного покрова и их энергия: механическая или тепловая. Общий объем (единовременный

- запас) водных ресурсов составляет 1390 млн.куб.км, из них около 1340 млн.куб.км - воды Мирового океана. Менее 3% составляют пресные воды, из них технически доступны для использования - всего 0.3%.
13. Водный баланс - соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени для рассматриваемого объекта. Водный баланс может быть рассчитан для водосбора или участка территории, для водного объекта, страны, материка и т.д.
 14. Водный баланс ледника - соотношение прихода и расхода воды для рассматриваемого ледника с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени.
 15. Водный кадастр - систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны с учетом размеров и форм использования вод в различных областях хозяйственной деятельности. Водный кадастр включает гидрологическую изученность основных гидрологических характеристик и ресурсы поверхностных вод.
 16. Водобалансовая станция - специализированная гидрометеорологическая станция, производящая комплексные наблюдения за элементами водного баланса водосборов и факторами, обуславливающими их изменение.
 17. Водобалансовая стоковая площадка - площадь естественного водосбора или искусственно ограниченная площадка, приспособленная для детальных наблюдений за всеми составляющими уравнения водного баланса.
 18. Водопользование - использование водных объектов для удовлетворения нужд населения и национальной экономики с изъятием и без изъятия вод.
 19. Водоснабжение - совокупность мероприятий и сооружений, обеспечивающих забор, подготовку, аккумулярование, подачу и распределение воды для нужд населения и промышленности.
 20. Водоток - водный объект:
 - питаемый водосбором или другим водным объектом;
 - характеризуемый постоянным или временным движением воды в углублении земной поверхности (в русле) в направлении общего уклона. Различают:
 - временные и постоянные водотоки;
 - естественные и искусственные водотоки.
 21. Водохозяйственный баланс - соотношение потребностей в воде с количеством и качеством имеющихся в данное время и на данной территории водных ресурсов. Водохозяйственный баланс свидетельствует о водообеспеченности бассейна; при отрицательном водохозяйственном балансе - о необходимости мероприятий по покрытию водного дефицита.
 22. Возобновляемые природные ресурсы - природные ресурсы, скорость восстановления которых сравнима со скоростью их расходования. К возобновляемым природным ресурсам относятся ресурсы биосферы, гидросферы, земельные ресурсы.
 23. Волномерная веха - рейка для измерения высоты ветровых волн на водоемах.
 24. Геосферы - концентрические, сплошные или прерывистые оболочки Земли, различающиеся между собой по химическому составу, агрегатному состоянию и физическим свойствам, возникшие в результате дифференциации вещества Земли под действием ее гравитационного поля в условиях разогрева земных недр: ядро Земли, мантия Земли, земная кора, гидросфера, атмосфера, магнитосфера, биосфера. Некоторые геосферы подразделяются на сферы второго порядка. С целью разграничения объектов исследования различные естественные науки выделяют литосферу, биосферу, техносферу и ноосферу.
 25. Гидробиосфера - слой биосферы, вся совокупность живого, населяющего поверхностные воды Земли. Гидробиосфера делится на аквабиосферу континентальных вод и океанобиосферу Мирового океана.

26. Гидрогеология - наука о подземных водах, об их происхождении, условиях залегания, законах движения, режиме, физических и химических свойствах, взаимодействии с горными породами, связи с атмосферными и поверхностными водами, их хозяйственном значении.
27. Гидрограф - график изменения во времени расхода воды в створе реки или иного водотока. Гидрограф отражает характер распределения водного стока в течение года, сезона, половодья (паводка), межени.
28. Гидрография - раздел гидрологии, изучающий и описывающий размеры, режим, физико-географические условия океанов, морей, озер, рек, водохранилищ и их отдельных частей. Данные гидрографии используются для издания морских навигационных и специальных карт, лоций, руководств и пособий.
29. Гидрологическая аналогия - косвенный метод определения гидрологических характеристик водного объекта, по которому не имеется данных непосредственных измерений, - по данным для водного объекта, находящегося в аналогичных природных условиях и имеющего эти измерения.
30. Гидрологическая станция - учреждение, осуществляющее изучение гидрологического режима рек, озер, морей, водохранилищ, болот, ледников - всех гидрологических объектов какой-либо территории. Обычно гидрологической станции подчинена сеть гидрологических постов, в том числе водомерных постов. Гидрологическая станция - пункт с определенными координатами, в котором проводится серия гидрологических наблюдений в водоеме.
31. Гидрологические данные - сведения о гидрологических явлениях, элементах и характеристиках.
32. Гидрологические карты - карты, отображающие распределение вод на земной поверхности. Гидрологические карты характеризуют режим водных объектов, их сток или расход, количество переносимых наносов, соленость озер и т.д. Гидрологические карты позволяют оценивать водные ресурсы.
33. Гидрологические наблюдения - систематические наблюдения (измерения) над гидрологическими элементами.
34. Гидрологические приборы и оборудование - технические средства для наблюдений за элементами гидрологического режима, для океанографических и других исследований.
35. Гидрологические условия - совокупность признаков, характеризующих физические свойства водных масс: температуру, соленость, плотность, прозрачность, цвет, их пространственно-временную изменчивость и процессы формирования.
36. Гидрологические характеристики - параметры, характеризующие водную среду и ее пограничные слои:
 - температура, соленость и плотность морской воды;
 - скорость распространения звука в воде;
 - состояние дна;
 - химический состав и радиоактивность воды;
 - электрические и оптические свойства воды и т.д.
37. Гидрологический год - годичный интервал, включающий периоды накопления и расходования влаги на рассматриваемой территории с условно выбранным началом. В климатических условиях России за начало гидрологического года принимается 1 октября или 1 ноября, когда переходящие из года в год запасы влаги малы.
38. Гидрологический испаритель - прибор для измерения испарения с различных естественных поверхностей.
39. Гидрологический расходомер - гидротехническое сооружение для измерения расходов воды в открытых водных потоках по устойчивой однозначной

- зависимости расхода воды от напора над сооружением. Гидрологический расходомер оборудуется уровнемером.
40. Гидрологический сезон - часть гидрологического года, в пределах которого гидрологический режим характеризуется общими чертами его формирования и проявления, обусловленными сезонными изменениями климата. Различают весенний, летне-осенний и зимний гидрологические сезоны.
41. Гидрологический элемент - наблюдаемая или измеряемая характеристика гидрологического процесса, режима, явления.
42. Гидрологическое явление - явление природы, являющееся результатом гидрологического процесса: сток, инфильтрация, испарение, паводок и т.п.
43. Гидрология - наука, изучающая природные воды, явления и процессы, в них протекающие. Предмет изучения гидрологии - все виды вод гидросферы в океанах, морях, реках, озерах, водохранилищах, болотах, почвенные и подземные воды. Гидрология:
- исследует круговорот воды в природе, влияние на него деятельности человека и управление режимом водных объектов и водным режимом отдельных территорий;
 - проводит анализ гидрологических элементов для отдельных территорий и Земли в целом;
 - дает оценку и прогноз состояния и рационального использования водных ресурсов;
 - пользуется методами, применяемыми в географии, физике и других науках.
- Гидрология подразделяется на океанологию и гидрологию суши.
44. Гидрология суши - раздел гидрологии, изучающий поверхностные воды суши: реки, озера, водохранилища, болота и ледники. Гидрология суши по объектам изучения подразделяется на гидрологию рек (потамологию), лимнологию (озероведение) и болотоведение.
45. Гидрометеорологическая болотная станция - специализированная гидрометеорологическая станция, на которой ведутся наблюдения за элементами водного и теплового баланса болотного массива.
46. Гидрометеорологические средства - приборы и устройства для определения различных параметров атмосферы и гидросферы Земли с целью количественной и качественной оценки проходящих в них физических процессов и явлений.
47. Гидрометеорология - наука о гидросфере и атмосфере Земли.
48. Гидрометрическая съемка - метод изучения речного стока и подземного питания рек путем эпизодических измерений расходов воды в системе специально выбранных гидрометрических створов.
49. Гидрометрическая съемка - метод изучения речного стока и подземного питания рек путем эпизодических измерений расходов воды в системе специально выбранных гидрометрических створов. Часто гидрометрическая съемка применяется для оценки подземного питания рек или потерь речного стока в периоды межени.
50. Гидрометрические работы - комплекс работ, проводимых на водных объектах с целью измерения характеристик гидрологического режима. Основными видами гидрометрических работ являются:
- наблюдения за уровнем воды и оборудование соответствующих устройств;
 - измерение расходов воды и наносов;
 - учет стока на ГЭС с производством;
 - тарировки турбин и водосливных отверстий;
 - наблюдения за температурой воды и толщиной льда.
51. Гидрометрический створ - створ водного объекта, в котором проводятся гидрометрические работы.

52. Гидросфера - водная оболочка Земли, включающая все воды, находящиеся в жидком, твердом и газообразном состояниях. Гидросфера включает воды океанов, морей, подземные воды и поверхностные воды суши. Некоторое количество воды содержится в атмосфере и в живых организмах. свыше 96% объема гидросферы составляют моря и океаны, около 2% - подземные воды, около 2% - льды и снега, около 0,02% - поверхностные воды суши.
53. Гидротехника - отрасль науки и техники, охватывающая вопросы использования, охраны водных ресурсов и борьбы с вредным действием вод при помощи инженерных сооружений.
54. Гидротехнические изыскания - изыскания для получения исходных материалов, необходимых для разработки проектов использования и охраны водных ресурсов, а также борьбы с вредным воздействием вод.
55. Гидротехническое сооружение - сооружение для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод.
56. Гидрофизика - наука, изучающая физические свойства и процессы, происходящие в гидросфере.
57. Гидрохимические условия - совокупность признаков, характеризующих химические свойства водных масс: химический состав, электропроводность, водородный показатель, главные ионы, биогенные и органические вещества, растворенные газы, их пространственно-временную изменчивость и процессы формирования.
58. Гидрохимия - наука, изучающая химический состав природных вод и закономерности его изменения под влиянием физических, химических и биологических воздействий. Гидрохимия тесно связана с геохимией и гидрогеологией.
59. Запас воды - количество вод, которое может быть использовано в данный момент времени для различных целей.
60. Зарегулированный расход - расход воды в данном створе, определенный с учетом регулирующего влияния водохранилища.
61. Инженерная гидрология - раздел гидрологии:
 - занимающийся методами расчета и прогноза гидрологических режимов; и
 - связанный с практическим применением гидрологии при решении инженерных задач.
62. Интенсивность дождя - объем или слой дождевых осадков, выпадающих за единицу времени.
63. Истощение вод - уменьшение минимально допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод.
64. Истощение запасов подземных вод - уменьшение запасов подземных вод в эксплуатируемом резервуаре ниже предельно-допустимых минимальных значений, невозполняемое естественным притоком.
65. Комплексное использование водных ресурсов - использование водных ресурсов для удовлетворения нужд населения и различных отраслей национальной экономики, при котором находят экономически оправданное применение все полезные свойства того или иного водного объекта.
66. Кривая истощения стока - кривая, характеризующая закономерность уменьшения величины стока в связи с истощением запасов воды в речном бассейне.
67. Кривая обеспеченности - кривая, характеризующая вероятность достижения или превышения гидрологической величины.
68. Кривая продолжительности - гистограмма кумулятивных частот, характеризующая частоту достижения либо превышения значений величин гидрологического элемента.

69. Кривая распределения вероятностей - кривая, характеризующая распределение вероятностей появления величины гидрологического элемента.
70. Кривая расходов воды - зависимость между расходами и уровнями воды для определенного створа (сечения) водотока.
71. Кривая частоты - графическое изображение частоты появления величин гидрологических элементов.
72. Кругооборот воды в природе - непрерывный процесс циркуляции воды на земном шаре между геосферами, обусловленный солнечной энергией, действием силы тяжести и геологическими процессами. В процессе кругооборота вода испаряется с поверхности океана, водяные пары перемещаются вместе с воздушными течениями, конденсируются, и вода возвращается в виде атмосферных осадков на поверхность суши и моря. Различают:
- большой кругооборот воды, при котором вода, выпавшая в виде осадков на сушу, возвращается в моря путем поверхностного и подземного стоков; и
- малый кругооборот воды, при котором осадки выпадают на поверхность океана.
73. Лизиметр - прибор для измерения водообмена грунтовых вод с зоной аэрации и измерения испарения с поверхности суши.
74. Максимальный расход воды - наибольший расход воды в данном створе в течение определенного периода времени.
75. Местный сток - сток, сформировавшийся в пределах однородного физико-географического района.
76. Метеорология - наука о земной атмосфере и происходящих в ней процессах. Метеорология изучает:
- состав и строение атмосферы;
- теплооборот и тепловой режим в атмосфере и на земной поверхности;
- влагооборот и фазовые превращения воды в атмосфере, движения воздушных масс;
- электрические, оптические и акустические явления в атмосфере. Одна из главных задач метеорологии - прогноз погоды на различные сроки. Основным разделом метеорологии является физика атмосферы. К метеорологии также относятся актинометрия, динамическая и синоптическая метеорология, атмосферная оптика, атмосферное электричество, аэрология, а также другие прикладные метеорологические дисциплины.
77. Минимально допустимый сток - сток, при котором обеспечиваются экологическое благополучие водного объекта и условия водопользования.
78. Минимальный расход воды - наименьший среднесуточный расход воды в течение данного периода: месяц, сезон, год и т.д.
79. Мировой океан - основная часть гидросферы, непрерывная, но не сплошная водная оболочка Земли, окружающая материки и острова и отличающаяся общностью солевого состава. Мировой океан - регулятор тепла. Мировой океан обладает богатейшими пищевыми, минеральными и энергетическими ресурсами.
80. Многолетний минимальный расход - наименьший среднесуточный расход воды с вероятностью достижения в среднем один раз в течение установленного числа лет.
81. Многолетний расход воды - максимальный расход, достигаемый или превышаемый в среднем один раз в течение установленного числа лет.
82. Мониторинг гидросферы - система наблюдения и контроля за качеством воды, загрязнения ее радиоактивными, опасными химическими и биологическими веществами.
83. Морские научные исследования - фундаментальные или прикладные исследования и проводимые для этих целей экспериментальные работы, направленные на получение знаний по всем аспектам природных процессов, происходящих на морском дне и в его недрах, в водной толще и атмосфере.

84. Морфология речного русла - научная отрасль, изучающая вопросы возникновения и формирования русел водотоков, их форму, размеры, расположение в долинах, а также прочие характеристики.
85. Наземная гидросфера - водная оболочка Земли, представленная океанами, морями, озерами, реками и другими поверхностными водоемами, ледяными покровами, а также атмосферной влагой.
86. Норма гидрологических величин - среднее арифметическое значение характеристик гидрологического режима за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное среднее значение существенно не меняется. В качестве возможного критерия продолжительности многолетнего периода принимается условие включения в этот период четного числа многолетних циклов изменения гидрологической величины.
87. Обеспеченность гидрологической величины - вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической величины может быть превышено. Различают:
- вероятность ежегодного превышения для явлений, наблюдаемых только один раз в году;
 - вероятность превышения среди совокупности всех возможных значений для явлений, которые могут наблюдаться несколько раз в году;
 - вероятность превышения в рассматриваемом фиксированном пункте;
 - вероятность превышения на рассматриваемой территории в любом пункте.
88. Область внешнего стока - часть суши, сток с которой осуществляется в моря, соединенные с Мировым океаном. Область внешнего стока занимает 78% площади суши.
89. Объемный расход воды - объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени.
90. Обязательный попусковый расход - наименьший расход воды из водохранилища, необходимый для удовлетворения условий водопотребления и водопользования в нижнем бьефе с учетом санитарного состояния реки, рыбного хозяйства, судоходства и других нужд национальной экономики.
91. Океанология - наука о природных процессах в Мировом океане. Океанология рассматривает Мировой океан одновременно как часть гидросферы и как целостный планетарный природный объект, который взаимодействует с атмосферой, литосферой, материковым стоком и где в сложной взаимосвязи протекают физические, химические, геологические и биологические процессы. Основными проблемами океанологии являются:
- проблема физики океана - выяснение закономерностей взаимодействия океана и атмосферы; физика океана включает гидротермодинамику, акустику и оптику океана, исследования его радиоактивности и электромагнитного поля;
 - проблема химии океана - выявление закономерностей обмена и трансформации химических веществ в океане и формирование его химического баланса;
 - проблема биологии океана - выяснение закономерностей формирования и оценка биомассы и годовой продуктивности важнейших видов организмов и управления биологической продуктивностью океана;
 - проблема геологии океана - выявление закономерностей геологических процессов на дне и под дном океана. Главные практические цели океанологии:
 - обеспечение безопасности и повышение эффективности надводного и подводного мореплавания;
 - использование биологических, минеральных и энергетических ресурсов вод и дна океана;
 - усовершенствование методов прогноза погоды.

92. Охрана водных ресурсов - система организационных, исследовательских, юридических, экономических и технических мер, направленных на предотвращение и устранение последствий загрязнения и истощения водных объектов.
93. Петля кривой расходов воды - кривая неоднозначной зависимости расходов и уровней воды при наличии резко неустановившегося движения потока.
94. Поверхностный сток - сток, происходящий по земной поверхности.
95. Повторяемость - число лет, в течение которых рассматриваемая гидрологическая величина повторяется в среднем один раз.
96. Подземная гидросфера - совокупность всех видов подземных вод. Обычно нижняя граница подземной гидросферы проводится по зоне критических температур, располагающейся на глубине 8-16 км. Подземная гидросфера пронизывает всю литосферу и образует с ней единую гидролитосферу.
97. Подземный сток - передвижение подземных вод под действием гидравлического градиента от областей питания к областям разгрузки.
98. Поперечный профиль русла водотока - очертания русла водотока в плоскости, перпендикулярной к средней линии русла водотока. В зависимости от формы поперечного профиля различают:
- | | | | | | |
|---|-----------------|------------|---------|-------|-------------|
| - | прямоугольный | поперечный | профиль | русла | водотока; |
| - | трапецеидальный | поперечный | профиль | русла | водотока; |
| - | полигональный | поперечный | профиль | русла | водотока; |
| - | параболический | поперечный | профиль | русла | водотока; |
| - | простой | поперечный | профиль | русла | водотока; |
| - | составной | поперечный | профиль | русла | водотока; |
| - | сдвоенный | поперечный | профиль | русла | водотока; и |
- строенный поперечный профиль русла водотока.
99. Природные воды - воды Земли с содержащимися в них твердыми, жидкими и газообразными веществами.
100. Расход воды - объем воды, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени. На основании регулярных измерений расхода воды вычисляется сток за длительный период.
101. Расчетная гидрологическая характеристика - условная статистическая оценка гидрологических элементов.
102. Расчетный расход воды - расход воды, принимаемый в качестве расчетной характеристики.
103. Расчетный расход воды для целей водоснабжения - объем воды, протекающей в интервал времени для расчетов сетей и сооружений водоснабжения.
104. Расчетный расход при выправлении русла водотока - расход воды, принимаемый в расчет при проектировании выправления русла водотока.
105. Регулирование стока - естественное или искусственное перераспределение во времени объема стока воды, изменение его режима в соответствии с потребностями водоснабжения, гидроэнергетики, ирригации, водного транспорта и т.п. Регулирование стока осуществляется путем создания водохранилищ, переброской стока из других бассейнов, снегозадержанием, созданием лесных полос и другими мероприятиями. Естественное регулирование стока осуществляется озерами.
106. Снегомер - прибор для измерения плотности и запаса воды снежного покрова.
107. Снежно-ледовые ресурсы - запасы влаги, аккумулированной во всех видах природных льдов в литосфере и гидросфере. Различают:
- динамические, ежегодно возобновляемые запасы: снежный покров, наледи,

- морские льды; и
 - потенциальные многолетние запасы: ледники, подземные льды.
108. Состояние водного объекта - характеристика водного объекта по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования. К количественным и качественным показателям водных объектов относятся: расход воды, скорость течения, глубина водного объекта, температура воды, рН, БПК и др.
109. Среднесуточный расход воды - среднесуточный расход, достигаемый или превышаемый в течение нескольких дней за определенный период времени.
110. Средний расход воды - среднеарифметическая величина расхода воды для определенного створа водотока за рассматриваемый период времени, определяемая путем деления объема стока за период времени на число секунд в данном периоде.
111. Стихийные гидрометеорологические явления - явления, которые по своей интенсивности, району распространения и продолжительности могут нанести (или нанесли) ущерб национальной экономике, населению или вызвать стихийные бедствия.
112. Сток - в гидрологии - процесс стекания дождевых, талых и подземных вод в водоемы и понижения рельефа, происходящий:
 - по земной поверхности (поверхностный сток); и
 - в толще земной коры (подземный сток). Сток является составным звеном влагооборота на Земле и состоит из трех фаз: половодье, паводки, межень. Особенностью стока является его изменчивость в пространстве и во времени. Различают русловой и склоновый стоки. При расчетах сток характеризуется величиной стока.
113. Сток - часть осадков, стекающая с определенной территории в виде поверхностного или подземного стока.
114. Твердый сток - твердые частицы минерального или органического материала, переносимого текущими водами.
115. Уравнение водного баланса - уравнение, определяющее количественное соотношение между составляющими водного баланса.
116. Установившийся расход воды - расход воды водотока, мало изменяющийся в течение продолжительного периода времени.
117. Физическая география - система естественных географических наук, комплексно изучающих природную составляющую географической оболочки Земли в целом и ее структурные части - природные территориальные и акваториальные комплексы всех рангов. Основные задачи физической географии:
 - комплексные исследования природы отдельных регионов и природных процессов;
 - изучение проблем воздействия человека на природную среду и рационального природопользования. Основными разделами физической географии являются землеведение и ландшафтоведение. В состав физической географии также включают палеогеографию и пограничные науки: геоморфологию, климатологию, гидрологию суши, океанологию, гляциологию, географию почв, биогеографию.
118. Элементы водного баланса - составляющие уравнения водного баланса, характеризующие приход, расход и изменение запасов воды.

Литература

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: ГМИЗ, 1987.

3. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987.
4. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек // Составитель: доц. И.К. Лукина. - Ташкент, 1980
5. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. - Л.: ГМИЗ, 1979.

Дополнительная литература

1. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. –Л.: ЛПИ, 1982.
- 2.Огиевский Ю.М. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
- 3.Методы расчета и прогноза половодья для каскада водохранилищ и речных систем // А.П.Жидиков, А.Г.Левин, Н.С.Ничаева. – Л.: ГМИЗ, 1977.
4. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х. Долгосрочный прогноз стока взвешенных наносов рек Средней Азии за вегетационный период. – В кн.: Эрозионные и русловые процессы. – Луцк, 1991.

Составители:

д.г.н. Хикматов Ф.Х.

Ст. преп. Сагдеев.

Утверждаю”

Декан _____
доц. Махамдалиев Р.Ю.
“ _____ ” _____ 2011 г.

Список литературы
по Гидрологическим прогнозам для студентов 4 курса, направление ГМ, рус.гр. на 2011 – 2012 учебный год, географический факультет, кафедра гидрологии суши.

Преподаватель – ст.пр – ль Сагдеев Н.З.

Основная литература

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1974.
2. Бефани Н.Ф. Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. - Л.: ГМИЗ, 1987.
3. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. – Новосибирск: Наука, 1987.
4. Методические указания к выполнению практических работ по долгосрочным прогнозам стока горных рек // Составитель: доц. И.К. Лукина. - Ташкент, 1980
5. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. - Л.: ГМИЗ, 1979.

Дополнительная литература

1. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. –Л.: ЛПИ, 1982.
2. Огиевский Ю.М. Краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках, озерах и водохранилищах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
3. Методы расчета и прогноза половодья для каскада водохранилищ и речных систем // А.П.Жидиков, А.Г.Левин, Н.С.Ничаева. – Л.: ГМИЗ, 1977.
4. Расулов А.Р., Хикматов Ф.Х. Долгосрочный прогноз стока взвешенных наносов рек Средней Азии за вегетационный период. – В кн.: Эрозионные и русловые процессы. – Луцк, 1991.

Составители:

ст. преп. Сагдеев Н.З.

Проф. Хикматов Ф.Х.