

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
ИМ. МИРЗО УЛУГБЕКА**

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ГИДРОЛОГИЯ СУШИ**

**УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО ПРЕДМЕТУ «ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ»  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ 3 КУРСА  
НАПРАВЛЕНИЯ 5440600 - ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ**

**ТАШКЕНТ - 2011**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Типовая программа.....	3
2. Рабочая программа.....	13
3. Календарный план.....	17
4. Критерий оценки.....	19
5. Технология обучения.....	22
6. Конспект лекции.....	24
7. Тестовые вопросы.....	102
8. Общие контрольные вопросы.....	109
9. Темы рефератов.....	116
10 Темы курсовых работ.....	117
11. Темы выпускная квалификационная работа.....	118
12 Темы для самостоятельных работ.....	119
13. Глоссарий.....	120
14. Слайд.....	122
15. Литература.....	126

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

Руйхатга олинди

№ БД 5440600 – 3.2.03

2008 йил “23” август

Ўзбекистон Республикаси  
Олий ва ўрта махсус таълим  
вазирлигининг 2008 йил “23”  
августдаги “269”-сонли буйруғи  
билан тасдиқланган

**УМУМИЙ ГИДРОЛОГИЯ**  
фанининг

**ЎҚУВ ДАСТУРИ**

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

Тошкент-2008

Фаннинг ўқув дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими ўқув-методик бирлашмалари фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашининг 2008 йил “20” августдаги “4”- сон мажлис баёни билан маъқулланган.

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

**Тузувчилар:**

Ҳикматов Ф.Ҳ. – “Қуруқлик гидрологияси” кафедраси мудири,  
профессор, г.ф.д.

Юнусов Ғ.Х. – “Қуруқлик гидрологияси” кафедраси кат. ўқитувчиси.

**Такризчилар:**

Якубов М.А. – ЎзР ФА Сув муаммолари институти гидрология ва  
гидротехника лабораторияси мудири, г.ф.д.

Сирлибоева З.С. – Қуруқлик гидрологияси кафедраси доценти, 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

“Умумий гидрология” фанининг аҳамияти табиат ва жамият ўртасидаги муносабатларнинг кескинлашиб бориши, шу туфайли, табиатдан, табиий ресурслардан, шу жумладан сув ресурсларидан тежаб-тергаб, оқилона фойдаланиш учун инсониятнинг табиат қонунларини янада чуқур билиши зарурлиги билан изоҳланади. Шу туфайли “Умумий гидрология” фани гидрометеорология таълим йўналиши ўқув режасида умумқасбий фанлар блокидан алоҳида ўрин олган. Ушбу фанни ўқиш натижасида талабалар гидросферада кечадиган гидрологик жараёнлар қонуниятларини ўрганадилар, дарёлар, кўллар ва бошқа сув ҳавзаларининг гидрологик кўрсаткичларини ҳисоблаш, баҳолаш ҳамда улардан амалда фойдаланиш кўникмаларини эгалладилар.

### Ўқув фанининг мақсади ва вазифалари

Фанни ўқитишдан мақсад – талабаларга гидросфера ва унинг ташкил этувчилари - окенлар, денгизлар, дарёлар, кўллар, ер ости сувлари, уларнинг ўзига хос хусусиятлари ҳамда ҳар бир ташкил этувчининг атроф табиий муҳит билан ўзаро таъсирлари натижасида рўй берадиган ҳодисалар қонуниятларини ўргатишдан иборат.

Фаннинг вазифаси - талабаларга гидросфера ва унинг ташкил этувчилари - окенлар, денгизлар, дарёлар, кўллар, ер ости сувлари, музликлар ҳақида умумий назарий тушунчалар бериш, дарёларнинг сув режими ва тўйиниш шароити, сув ҳавзаларида кечадиган гидрологик жараёнлар қонуниятларини ўргатиш, сув объектларининг гидрологик кўрсаткичларини ҳисоблаш, сув ресурсларини миқдорий баҳолай олиш ва улардан самарали фойдаланиш бўйича малака ва тажриба ҳосил қилишдан иборат.

### Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар

“Умумий гидрология” ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр:

- гидрологиянинг асосий тушунчалари, атамалари ва таърифларини; гидрологик жараёнларни тадқиқ этиш усулларини; гидросфера ва унинг атмосфера ҳамда литосфера билан ўзаро боғлиқлигини; табиатда сувнинг айланма ҳаракатини; сув ресурсларини баҳолаш ва бошқариш тизимини; кўллар ва сув омборларининг морфометрик кўрсаткичларини аниқлаш усулларини; сув объектларида кечадиган гидрологик жараёнлар қонуниятларини **билиши керак**;

-қуруқлик сувлари – музликлар, қор қоплами, дарёлар ва кўллар сув режимининг шаклланишига метеорологик омиллар таъсирини баҳолаш; дарёларнинг тўйиниш манбаларини аниқлаш; алоҳида ҳавзалар, маъмурий ҳудудлар сув ресурсларини баҳолаш; кўллар ва сув омборларининг майдон ва ҳажм эгри чизикларини чизиш; қор ўлчаш материаллари ва гляциологик ахборотларни қайта ишлаш; сув объектларга тегишли бўлган картографик, аэро- ва космофотосуратлар билан ишлаш **кўникмаларига эга бўлиши керак**;

-дарё ҳавзаси, алоҳида маъмурий ҳудудларнинг сув баланси тенгламасини тузиш; сув баланси элементларини миқдорий баҳолаш; сув объектларининг гидрологик режимига инсон омилининг таъсирини баҳолаш; гидрологик йилномалар, маълумотномалар, музликлар каталоги ҳамда қор кўчкилари кадастри билан ишлаш, уларни умумлаштириш ва илмий таҳлил қила олиш **малакаларига эга бўлиши керак**.

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

“Умумий гидрология” ўқув фани умумқасбий фанлар блокадаги таянч курслардан бири ҳисобланиб, мазкур фан 5-семестрда ўқитилади ва услубий жиҳатдан узвий кетма-кетликка эга. Чунки дастурни амалга ошириш ўқув режасидан ўрин олган математик ва

табий – илмий (олий математика, информатика ва ахборот технологиялари, гидрометеорологияда ҳисоблаш техникаси ва дастурлаш, физика, химия, экология ва гидроэкология асослари), умумқасбий (мутахассисликка кириш, геофизика асослари, гидрометрия ва сув кадастри, умумий ва махсус гидравлика, гидрофизика ва сув баланси тадқиқотлари ва ҳоказо) фанларидан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишни талаб этади.

### **Фаннинг ишлаб чиқаришдаги ўрни**

Бўлажак гидрометеорология бакалаврлари ўзларининг ишлаб чиқариш фаолиятида, жумладан дарёлар, каналлар ва сув омборларида дала – кузатув ҳамда сув ўлчаш ишларини ташкил этишларида, сув объектларининг сув ресурсларини баҳолашларида, улардан халқ хўжалигининг турли соҳаларида самарали фойдаланиш бўйича таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқишларида гидрологиядан тўплаган назарий билимларига таянадилар. Шу жиҳатдан “Умумий гидрология” ўқув фани юқори малакали гидрометеорология бакалаврлари тайёрлаш тизимининг ажралмас бўғини ҳисобланади.

### **Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар**

Талабаларнинг мазкур ўқув фанини ўзлаштиришлари учун ўқитишнинг замонавий усулларидан 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 ва кўргазмали қуроллардан фойдаланилади. Маъруза ва амалий машғулот дарсларида мавзуга мос равишдаги илғор педагогик технологиялар қўлланилади.

#### **Асосий қисм**

#### **Фаннинг назарий машғулотлари мазмуни**

Умумий гидрология фани, тадқиқот объекти ва предмети. Фаннинг мақсади ва вазифалари, қисқача ривожланиш тарихи. Гидрология ва унинг бўлиниши, бошқа фанлар билан боғлиқлиги. Тадқиқот усуллари.

#### **Сувнинг табиий ва кимёвий хусусиятлари**

Сувнинг тузилиши, аномалиялари ва асосий физик хусусиятлари. Табиий сувларнинг кимёвий таркиби ва уларнинг ҳосил бўлиш шароитлари.

#### **Табиатда сувнинг айланиши**

Ер қуррасида қуруқлик ва сувнинг тақсимланиши. Ер шарида ва материклар ичида намликнинг айланиши. Сувнинг катта ва кичик айланиши. Қуруқликнинг чекка (периферия) ва берк (оқимсиз) қисмлари. Ер қуррасининг сув баланси тенгламаси, унинг асосий элементлари. Берк ҳавзанинг сув баланси тенгламаси. Гидрологик йил. Океанга туташ ҳавзанинг сув баланси тенгламаси. Ўрта Осиёнинг сув баланси тенгламаси.

#### **Атмосфера ёғинлари**

Ер қуррасида ёғинларнинг тақсимланишини белгиловчи омиллар. Рельеф омили. Ёғин умумий миқдорининг баландлик бўйича ўзгариши. Ёғин турининг ўзгариши ва унинг йил ичида тақсимланиши. Ёғинларнинг гиетографик чизмаси. Ёғин градиенти. Ўрта Осиёда ёғин режимиға рельефнинг таъсири. Жала ёмғирлар. Қор. Унинг хоссалари. Зичлиги. Қор қопламани ўрганиш усуллари. Қор ўлчаш съёмкаси, доимий рейкалар, ёғин ўлчагич (осадкомер)лар. Ялпи ёғин ўлчагичлар. Ҳавза бўйича ўртача ёғин миқдорини аниқлашнинг ўртача арифметик, Гесс, квадрат, изогийет усуллари.

## **Буғланиш**

Буғланишнинг физик моҳияти. Буғланиш миқдорини аниқлаш усуллари. Дальтон қонуни. Мутлақ ва нисбий намлик. Намлик етишмаслиги. Сув юзасидан буғланиш. Буғлатгичлар: қирғоқ ва сузувчи буғлатгичлар. Сув юзасидан буғланишни аниқлаш усуллари. Б.Д.Зайков, ДГИ ва бошқаларнинг ҳисоблаш ифодалари. Қор ва муз қопламлари юзасидан буғланиш. Тупроқ ва ўсимликлар юзасидан буғланиш. Тупроқ буғлатгичлари. Лизиметрлар. Транспирация. Дарё хавзалари юзасидан ялпи буғланиш, уни белгиловчи омиллар, ҳисоблаш усуллари. Буғланувчанлик.

### **1. Қуруқлик гидрологияси**

#### **Дарёлар**

Дарё тизими. Дарё боши. Дарёнинг юқори, ўрта ва қуйи оқими, қуйилиши. Сувайирғичлар. Дарё хавзаси ва сув йиғилиш майдони. Дарё хавзаларининг табиий географик хусусиятлари. Дарё тизими ва хавзасининг шакл ва ўлчам кўрсаткичлари. Хавзанинг гидрографик чизмаси, майдоннинг дарё узунлиги бўйича ортиб бориш чизмаси. Дарё тармоғининг зичлиги. Хавзанинг гипсографик эгри чизиғи, ўртача баландлиги. Дарё водийси. Дарё ўзани. Дарёларнинг бўйлама қирқимлари.

#### **Дарёларнинг сув режими**

Дарёлар сув режими: сув сатҳи, сувнинг оқиш тезлиги, сув сарфи. Дарёлар сув режимининг даврлари: кам сувли давр, тўлинсув даври, тошқин даври. Дарёлар сув режими даврлари элементларини ҳисоблаш. Дарёларнинг сув режимига боғлиқ ҳолда Б.Д.Зайков таснифи.

#### **Дарёларнинг тўйиниш манбалари**

Дарёларнинг асосий тўйиниш манбалари. Дарёларнинг иқлим жиҳатидан А.И.Воейков таснифи. Дарёларнинг тўйиниш манбалари бўйича М.И.Львович таснифи. Ўрта Осиё дарёларининг тўйиниш манбаларга кўра В.Л.Шульц, О.П.Щеглова таснифлари. Гидрографни тўйиниш манбалари бўйича бўлақларга ажратиш. Дарёларнинг тўйиниш манбалари ҳиссаларини миқдорий баҳолаш.

#### **Дарё оқимининг ҳосил бўлиши**

Дарё оқимининг ҳосил бўлиши ва унга таъсир этувчи омиллар. Иқлимий омиллар, дарё хавзаси рельефи, тупроқ, ўсимлик қоплами, хавзанинг геологик тузлиши, инсон хўжалик фаолияти ва бошқ. Дарё оқимини ифодалаш усуллари. Оқим меъёри. Дарё оқимининг ўзгарувчанлиги. Оқимнинг йил ичида ва йиллараро тебраниши.

#### **Дарёларнинг лойқа оқизиклари ва**

#### **эриган моддалар оқими**

Дарёларнинг энергияси ва иши. Дарёларнинг лойқа оқизиклари ва уларнинг ҳосил бўлишига таъсир этувчи табиий ва антропоген омиллар. Дарё оқизикларини ифодалаш усуллари. Ўзан туби оқизиклари. Сел тошқинлари. Ўзан жараёнлари. Дарё сувининг минераллашуви ва кимёвий таркиби. Дарё сувида эриган моддалар оқими, уни ҳисоблаш ва миқдорий баҳолаш усуллари.

## **Музликлар**

Қор чизиғи. Қор кўчкилари. Қорнинг глетчер музига (музликка) айланиши. Музликларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг режими. Музликларнинг турлари ва тарқалиши. Музликларнинг гидрологик аҳамияти.

## **Ботқоқликлар**

Ботқоқликларнинг пайдо бўлиши, морфологияси ва турлари. Ботқоқлик микроландшафтлари. Ботқоқликларнинг тўйиниши, гидрологик режими ва сув баланси. Ботқоқликларнинг дарё оқимига таъсири. Ботқоқликларни ўрганишнинг халқ хўжалигидаги аҳамияти.

## **Сув ресурслари ва уларни баҳолаш**

Сув ресурслари ҳақида. Сув ресурсларининг материклар, океанлар, денгизлар ва дарёлар ҳавзалари бўйича тақсимланиши. Сув ресурсларидан самарали фойдаланиш ва уларни муҳофаза қилиш. Сув ресурсларининг табиий ва антропоген омиллар таъсирида сарфланиши. Сув ресурсларини муҳофаза қилиш. Ўрта Осиё ҳамда Ўзбекистон сув ресурслари ва улардан самарали фойдаланиш.

## **2. Океанология**

Дунё океани ва унинг қисмлари. Дунё океани тубининг рельефи. Океан ва денгизлар тубидаги чўкмалар. Океан ва денгизларнинг иссиқлик режими. Дунё океани сувининг таркиби, шўрлиги ва зичлиги. Дунё океани сувининг оптик ва акустик хусусиятлари. Океан ва денгизлар сатҳининг тебраниши. Океан ва денгизларда тўлқин ҳодисалари, сейшлар, сув қалқиши. Океан ва денгиз оқимлари. Океан ва денгизларнинг энергетик, биологик ва бошқа ресурслари. Дунё океани ресурсларидан фойдаланиш истиқболлари.

## **3. Гидрогеология**

Ер ости сувларининг пайдо бўлиши ҳақидаги гипотезалар. Ер ости сувларини генезисига кўра таснифлаш. Ер ости сувларининг жойлашиш шароитига кўра бўлиниши. Ер ости сувларининг минераллашуви. Ер ости сувларининг ҳаракати, режими. Дарёларнинг ер ости сувлари ҳисобига тўйиниши. Ер усти (юза) ва ер ости сувлари орасидаги ўзаро боғлиқлик. Ер ости сувларининг гидрологик ва географик жараёнлардаги аҳамияти.

## **4. Сув техник изланишлари**

Сув техник изланишлари(СТИ)га бўлган умумий талаблар, таснифлари. Сув техник тадқиқотларини ташкил этиш ва йўлга қўйиш. СТИни ўтказиш учун техник топшириқ, изланиш дастури, меъёрий ҳужжатлар, баҳолаш ва сметалар. СТИнинг ҳисобот ҳужжатлари. СТИни ўтказиш босқичлари. Кўп йиллик дала тадқиқотлари. СТИда амалга ошириладиган топографо-геодезик ишлар, қўлланиладиган аэрокосмик усуллар. Сув объектлари (дарёлар, кўллар ва сув омборлари, ботқоқликлар, қор қоплами, музликлар)да бажариладиган гидрологик тадқиқотлар. Гидрологик ҳодисалар ва жараёнларни ўрганиш: дарё ўзани; сел оқимлари. Сув хўжалиги объектларини лойиҳалаштиришда ўтказиладиган махсус сув техник изланишлари: метеорологик кузатишлар, муҳандислик геологияси ва гидрогеологик изланишлар, геоморфологик тадқиқотлар, гидрокимёвий кузатишлар ва тадқиқотлар, гидробиологик ва санитар-гигиена тадқиқотлари, тупроқ ва геоботаник тадқиқотлар, иқтисодий тадқиқотлар. Дарё ва бошқа сув объектларида сув транспорти, сув мелиорацияси, кўприк қуриш, узатма қувурлар ва электр узатиш тармоқларини ўтказиш мақсадларида олиб бориладиган махсус сув техник изланишлари. СТИда табиат муҳофазаси. СТИда меҳнат муҳофазаси ва ҳаёт фаолияти хавфсизлиги. СТИда сув қонунчилиги ва унга риоя қилиш. СТИнинг иқтисодий самарадорлиги.

## **Амалий машғулотларини 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 вариантлар таклиф этилади.

Амалий машғулотларнинг тахминий тавсия этиладиган мавзулари:

1. Дарё ҳавзасига ёққан ўртача ёгин қатламини ҳисоблаш.
2. Дарё ҳавзаси ва сув юзасидан буғланишни ҳисоблаш.
3. Дарё системаси ва ҳавзасининг ўлчам кўрсаткичларини аниқлаш.
4. Сув сарфи эгри чизиғи графиги ва гидрологик йилномани тузиш.
5. Дарё оқими кўрсаткичларини ҳисоблаш.
6. Дарёлар сув режими фазаларини аниқлаш.
7. Дарёларнинг тўйиниш манбаларини аниқлаш.
8. Дарё оқимининг йиллараро ўзгариши ва йил давомида тақсимланишини ҳисоблаш.
9. Дарёларнинг муаллақ оқизиклари оқимини ҳисоблаш.
10. Кўлларнинг морфометрик кўрсаткичларини ҳисоблаш.
11. Сув омборларининг лойқа оқизиклар билан тўлиш жадаллигини баҳолаш.
12. Музликлар каталоги билан ишлаш.
13. Дарё ҳавзаси ва маъмурий ҳудудлар сув ресурсларини баҳолаш.
14. Дунё океани ва денгизлари картасини ишлаш.
15. Дунё океани туби рельефи картасини ишлаш.
16. Дунё океани сув оқимлари картасини ишлаш.
17. Дарёларнинг ер ости сувлари ҳисобига тўйинишини баҳолаш.
18. Сув техник изланишларини ташкил этиш бўйича лойиҳа-смета ҳужжатларини тайёрлаш.
19. Сув ҳавзаларида амалга ошириладиган изланишларни режалаштириш.
20. Лойиҳанаётган сув иншооти (сув омбори, тўғон, сув тақсимлаш иншооти, канал ва бошқалар)нинг гидрологик кўрсаткичларини асослаш.

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кафедра профессор-ўқитувчилари томонидан услубий кўрсатма ва тавсиялар ишлаб чиқилади. Унда талабалар асосий маъруза мавзулари бўйича олган билим ва кўникмаларини амалий масалалар ечиш орқали янада бойитадилар. Шунингдек, дарслик ва ўқув қўлланмалар асосида талабалар билимларини мустаҳкамлашга эришиш, тарқатма материаллардан фойдаланиш, гидрологияга оид масалалар ечиш, мавзулар бўйича кўргазмали қурооллар тайёрлаш ва бошқалар тавсия этилади.

## **Курс лойиҳасини ташкил этиш**

### **бўйича кўрсатмалар**

Курс лойиҳасининг мақсади талабаларнинг мустақил ишлаш қобилиятини ривожлантириш, уларда олган назарий билимларини қўллашда амалий кўникмалар ҳосил қилиш, бевосита ишлаб чиқаришдаги реал шароитларга мос техник ечимлар қабул қилиш ва гидрологияда замонавий сув ўлчаш қурооллари, асбоблари ва технологияларини қўллаш кўникмаларини ҳосил қилишдир.

Курс лойиҳаси мавзулари бевосита гидрометеорология хизмати, қишлоқ ва сув хўжалиги ва бошқа соҳалардаги ишлаб чиқаришда амалга ошириладиган жараёнларга боғлиқ ҳолда, аниқ бир дарё, кўл ёки сув омбори материаллари мисолида бажарилади. Курс лойиҳасининг мавзулари талабаларнинг умумий сонидан 20-30% кўпроқ ҳолда олдиндан тайёрланади. Ҳар бир талабага шахсий топшириқ берилади.

Курс лойиҳаси объекти сифатида бирор бир дарё, кўл, сув омбори берилади. Аниқ бир дарё ёки кўл учун гидрологик йилнома тузиш, оқим кўрсаткичларини аниқлаш каби ҳисоб – китоб ишлари амалга оширилади. Курс лойиҳасининг ҳисоблаш – график ишлари замонавий компьютер дастурларида бажарилади.

Курс лойиҳасининг тахминий мавзулари:

1. Дарё, кўл ёки сув омбори юзасидан буғланишни ўрганиш ва ҳисоблаш.
2. Дарё ҳавзасидан ялпи буғланишни ўрганиш ва миқдорий баҳолаш.
3. Дарё ҳавзасига ёққан ўртача ёгин қатламини аниқлаш.
4. Дарё ситемасининг морфометрик кўрсаткичларини аниқлаш.
5. Дарё ҳавзасининг морфометрик кўрсаткичларини аниқлаш.
6. Дарёда қайд этилган маълумотлар асосида сув сарфи эгри чизиғи графигини чизиш ва гидрологик йилномани тузиш.
7. Дарё оқимининг асосий кўрсаткичларини ҳисоблаш.
8. Дарёлар сув режими фазалари ва уларнинг элементларини аниқлаш.
9. Дарёларнинг тўйиниш манбаларини миқдорий баҳолаш.
10. Дарё оқимининг йиллараро ўзгаришини баҳолаш.
11. Дарё оқимининг йил давомида ойлар ва мавсумлар бўйича тақсимланишини ҳисоблаш.
12. Дарёларнинг муаллақ оқизиклари оқимини ҳисоблаш.
13. Кўл косасининг морфометрик кўрсаткичларини ҳисоблаш.
14. Сув омборларининг лойқа оқизиклар билан тўлиш жадаллигини баҳолаш.
15. Музликлар катологи билан ишлаш ва дарё ҳавзасидаги музланиш майдонини аниқлаш.
16. Дарё ҳавзасининг сув ресурсларини миқдорий баҳолаш.
17. Айрим маъмурий ҳудудлар сув ресурсларини миқдорий баҳолаш.
18. Сув ресурсларини муҳофаза қилиш ва улардан самарали фойдаланиш ва ҳоказо.

Фан бўйича курс ишини тайёрлашда қуйидаги вазифаларни ҳал этиш назарда тутилади:

- гидрологиянинг долзарб назарий масалалари бўйича билимларни чуқурлаштириш, талаба томонидан мавзуга оид олинган назарий билимларни амалда ижодий қўллаш кўникмасини ҳосил қилиш;

- танланган мавзу бўйича турли хил манбаларни (диссертация, монография, даврий нашрлардаги илмий мақолалар) ўрганиш қобилиятини такомиллаштириш ва уларнинг натижалари асосида, танқидий ёндашган тарзда, мустақил ҳолда гидрологик материални таҳлил қилиш, ундан ишончли хулоса чиқариш ҳамда таклиф ва тавсиялар бериш;

- ёзма кўринишдаги ишларни, жадвалларни, чизмаларни, карта-схемаларни, фойдаланилган адабиётлар ва бошқа илмий манбаларни тўғри расмийлаштириш кўникмаларини ривожлантириш ва бошқалар.

**Мустақил ишни ташкил этишнинг**

**шакли ва мазмуни**

Мустақил ишни тайёрлашда “Умумий гидрология” 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 гидрометрик техникаларни, аппаратураларни, жараёнлар ва технологияларни ўрганиш;
- фаннинг талабанинг ўқув-илмий-тадқиқот ишларини бажариш билан боғлиқ бўлган бўлимларини ва мавзуларини чуқур ўрганиш;
- масофавий (дистанцион) таълимдан ҳамда интернет тармоғидан фойдаланиш ва х.к.

Мустақил иш учун қуйидаги мавзуларни чуқур ўрганиш тавсия этилади:

1. Ўрта Осиёда гидрологиянинг ривожланиш тарихи.
2. Табиатда сувнинг айланиши.
3. Ер шарининг сув баланси.
4. Буғланиш ва атмосфера ёғинлари.
5. Қор қоплами ва унинг гидрологик аҳамияти.
6. Дарёларнинг сув режими.
7. Дарёларнинг тўйиниш манбалари.
8. Дарё оқимининг ҳосил бўлиши ва унга таъсир этувчи омиллар.
9. Дарё оқимининг йиллараро ўзгарувчанлиги.
10. Дарёларнинг энергияси ва иши, лойқа оқизиклари.
11. Дарё сувларида эриган моддалар оқими.
12. Музликлар ва уларнинг гидрологик аҳамияти.
13. Ер ости сувлари ва уларнинг гидрологик аҳамияти.
14. Дунё океани ва унинг қисмлари.
15. Дунё океани ресурсларидан фойдаланиш масалалари.
16. Ўзбекистоннинг сув ресурслари, улардан самарали фойдаланиш ва муҳофазаси масалалари.

### **Дастурнинг информацион-услубий таъминоти**

Мазкур фанни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий усуллари, янги педагогик ва ахборот технологиялари қўлланилиши назарда тутилган. Дастурдаги барча маъруза мавзуларини ўтишда таълимнинг замонавий усулларида 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 жараёнида гидрологияга тегишли бўлган махсус қурилмалар, ўлчов асбоблари, жадваллар, чизмалар, слайдлар ва кинофильмлардан фойдаланиш назарда тутилади.

### **Фойдаланиладиган асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар рўйхати**

### Асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар

1. Богословский В.В. Основы гидрологии суши. –Минск: Изд-во БГУ, 1974.
2. Расулов А.Р., Ҳикматов Ф.Ҳ. Умумий гидрология. –Тошкент: Университет, 1995.
3. Расулов А.Р., Ҳикматов Ф.Ҳ., Айтбоев Д.П. Гидрология асослари.-Тошкент: Университет, 2003.
4. Чеботарев А.И. Общая гидрология. - Л.: Гидрометеоздат, 1975.
5. Ҳикматов Ф.Ҳ., Айтбоев Д.П., Ҳайитов Ё.Қ. Умумий гидрологиядан амалий машғулотлар. – Тошкент: Университет, 2004.

### Қўшимча адабиётлар

6. Архипкин В.С., Добролюбов С.А. Океанология. –М.: МАКС ПРЕСС, 2005.
7. Виссмен У., Харбаф Т., Кнэпп Д. Введение в гидрологию. Перевод с английского. –Л.: Гидрометеоздат, 1979.
8. Гляциологический словарь. –Л.: Гидрометеоздат, 1984.
9. Грани гидрологии. Перевод с английского. – Л.: Гидрометеоздат, 1987.
10. Достайулы Ж. Жалпы гидрология. –Алматы: Білім, 1996.
11. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек. – М.: Изд-во МГУ, 1998.
12. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. –М.: Высшая школа, 1991.
13. Снег. Справочник. –Л.: Гидрометеоздат, 1986.
14. Трофимов Г.Н., Исакова А.Я., Пирназаров Р.Т. Сел тошқинларини ўрганиш. Услубий қўлланма. –Тошкент: 2009.
15. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. -Л.: Гидрометеоздат, 1975.
16. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. - Л.: Гидрометеоздат, 1970.
17. Чуб В.Е. Изменение климата и оценка природно-ресурсного потенциала Узбекистана. –Ташкент: НИГМИ, 2000.
18. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. –Ташкент: НИГМИ, 2007.
19. Шульц В.Л., Машрапов Р.М. Ўрта Осиё гидрографияси.-Тошкент: Ўқитувчи, 1968.
20. Ҳикматов Ф.Ҳ., Айтбоев Д.П. Қўлшунослик // Ўқув қўлланма.- Тошкент: Университет, 2002.
21. Ҳикматов Ф.Ҳ., Якубов М.А., Айтбаев Д.П. Ўзан жараёнлари ва ўзан оқими динамикаси. –Тошкент: Университет, 2004.
22. [www.undp.uz](http://www.undp.uz) (Бирлашган Миллатлар Ташкилоти Тараққиёт Дастур Веб-сайти)
22. [www.gwpcacena.org](http://www.gwpcacena.org)
23. [www.Ziyo.net](http://www.Ziyo.net)

«Утверждаю»

декан \_\_\_\_\_  
Географического факультета  
доц. Махамдалиев Р.Ю.  
«29» август 2011 г.

Рабочая учебная программа предмета «**Общая гидрология**»  
для студентов III курса направления «Гидрометеорология»

Лекция - 66 ч.  
Практические занятия -102 ч  
Курсовая работа –39 ч.  
Рейтинг - 11 ч.  
Всего – 218 ч.

**Содержание курса**

*Лекция – 1. Цель и задачи курса «Гидрология суши».* Предмет гидрологии, деление гидрологии на части, её место среди наук о природе. Краткие исторические сведения о развитии гидрологической науки. История развития гидрологии в Средней Азии.

*Лекция – 2. Основные физические и химические свойства воды.* Вода как вещество, ее молекулярная структура изотопный состав. Химические свойства воды. Физические свойства воды. Формирование химического состава природных вод.

*Лекция – 3. Круговорот воды в природе.* Распределение и круговорот воды на Земном шаре. Круговорот воды на Земном шаре и внутриматериковый влагооборот. Малый и большой круговороты воды на Земном шаре. Периферийные и бессточные части территории Земного шара. Основные элементы уравнения водного баланса. Контроль запасов влаги и их изменения. Уравнение водного баланса для замкнутых бассейнов. Уравнение водного баланса для среднемноголетнего периода. Гидрологический год. Водный баланс незамкнутых бассейнов (для участка реки). Уравнение водного баланса замкнутых и бессточных территорий. Уравнение водного баланса для Средней Азии. Водный баланс Земли.

*Лекция–4. Атмосферные осадки.* Определяющие факторы образования атмосферных осадков и их распределение на Земном шаре. Влияние рельефа на величину осадков. Закономерности изменения количества осадков с высотой местности. Изменение различных видов осадков и их распределение внутри года. Гистографическая кривая распределения атмосферных осадков. Атмосферный градиент осадков. Связь количества выпадающих осадков с высотой местности для территории Средней Азии. Ливневые осадки. Интенсивность ливней. Распределение интенсивности ливней и связь их с продолжительностью выпадения. Уравнения связей (З.П. Богомазовой и З. П. Петровой). Сроки их проведения, общие приёмы измерения осадков. Определение средних величин осадков для площадей водосборов. Способ средней арифметической, способ Гесса, метод квадратов, способ изогьет.

*Лекция-5. Испарение.* Физическая сущность испарения. Методы определения величины испарения. Закон Дальтона. Абсолютная и относительная влажности воздуха. Недостаток насыщения влажности (дефицит влажности). Величина испарения для различных территорий. Испарение с водной поверхности. Расчеты испарения с поверхности снега и льда. Испарение с поверхности почвы и транспирация растений. Почвенные испарители. Лизиметры. Транспирация. Суммарное испарение для речного бассейна и его определяющие факторы. Суммарное испарение и атмосферные осадки. Максимально возможные величины испарения. Расчеты испарения по формулам Э. М. Ольдекопа и П. Шрейбера. Номограммы для вычисления средней многолетней величины испарения по М.И Будыко и А.Р. Константинова. Методы расчета суммарного испарения

с поверхности речных бассейнов в районах достаточного увлажнения для среднего года ( П.С. Кузина и графики Н. Г.Конкиной).

*Лекция-6. Реки.* Речная система. Исток, верхнее, среднее и нижнее течение, устье, водораздел, речной бассейн, водосбор реки. Физико-географические характеристики речных бассейнов. Основные морфометрические характеристики речных бассейнов и русел рек. Основные виды рек и речных долин, их размеры. Гидрографическая схема бассейна реки. График нарастания площади водосбора по длине реки. Продольный профиль рек. Густота речной сети и её коэффициент. Гипсографическая кривая бассейна, средняя высота бассейна. Речная долина. Русло реки. Поперечный профиль водной поверхности реки.

*Лекция-7. Водный режим рек.* Фазы водного режима. Классификация рек Б.Д. Зайкова по характеру водного режима. Гидрограф стока. Источники питания. Количественная характеристика роли отдельных источников питания и их определение.

*Лекция-8. Источники питания рек.* Количественная характеристика роли отдельных источников питания и их определение. Классификация рек В.Л. Шульца по источникам питания рек Средней Азии. Количественная оценка доли различных источников питания рек.

*Лекция-9. Формирование речного стока.* Формирование стока рек и влияние на сток различных факторов. Климатические факторы: рельеф бассейна реки, почвы, растительность, геологическое строение, хозяйственная деятельность человека и другие факторы стока. Характеристики стока. Норма стока. Изменчивость стока рек. Колебания годового стока и его распределение внутри года.

*Лекция-10. Речные наносы и сток растворенных веществ.* Общие сведения. Основные природные и антропогенные факторы, влияющие на речные наносы. Энергия и работа рек. Методы деления речных наносов по фракциям. Гидравлическая крупность наносов, средний диаметр. Коэффициент Шоклича. Взвешивание частиц в потоке и распределение мутности по живому сечению. Русловые наносы. Закон Эри. Транспортирующая способность потока. Колебания годового стока наносов и его распределение внутри года. Гидрохимический режим и минерализация речных вод. Сток растворенных веществ и его расчет. Русловые процессы. Русловой сток и влияние на него русловых процессов. Типы русловых процессов. Устойчивость русла и классификация М. А. Великанова по этому признаку. Количественные показатели устойчивости русла (В. М. Лохтина, М.А. Великанова).

*Лекция-11. Ледники. Снеговая линия. Лавины.* Преобразование и режим ледников. Типы ледников и их распространение. Гидрологическое значение ледников.

*Лекция-12. Гидрология болот.* Происхождение болот и их распространение на земном шаре. Типы болот. Строение, морфология и гидрография болот. Водный баланс и гидрологический режим болот. Практическое значение болот.

*Лекция-13. Водные ресурсы.* Понятие о водных ресурсах. Распределение водных ресурсов рек. Природные и антропогенные факторы при использовании запасов воды. Охрана водных ресурсов от истощения и загрязнения. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и охрана.

*Лекция-14. Мировой океан и его части.* Происхождение, строение и рельеф дна Мирового океана. Донные отложения.

*Лекция-15. Солевой состав и соленость вод океана.* Солевой состав океана. Соленость морской воды и ее распределение. Распределение солености.

*Лекция-16. Морские течения.* Силы, формирующие течения. Классификация морских течений. Теория ветровых течений. *Уровень океанов и морей.* Кратковременные колебания уровня. Сезонные колебания уровня. Долговременные изменения уровня

*Лекция-17. Подземные воды.* Теория и гипотезы образования подземных вод. Классификация подземных вод по условиям их происхождения. Минерализация подземных вод. Движение подземных вод. Режим подземных вод. Подземное питание рек. Связь

подземных и поверхностных вод. Роль подземных вод в физико-географических процессах.

*Лекция-18. Классификация водных исследований и изысканий.* Виды и этапы работ. Связь водных исследований и изысканий с проектированием и строительством. Организация изысканий. Структура изысканий и основные документы.

*Лекция-19. Комплексные исследования рек и водоемов.* Характеристика водохозяйственных объектов комплексного назначения. Основные задачи исследований и изысканий. Специальные гидрологические наблюдения и исследования на реках.

*Лекция-20. Основные задачи и состав других видов работ при комплексных исследованиях рек.* Инженерно-геологические изыскания. Гидрохимические наблюдения и исследования. Экономические исследования.

*Лекция-21. Изыскания для водных мелиораций.* Общие сведения. Орошение. Гидрологические работы. Обводнение и водоснабжение. Осушение. Специальные исследования.

*Лекция-22. Техника безопасности при производстве водно – технических работ. Охрана труда.* Техника безопасности. Надзор по охране труда. Особенности техники безопасности при водно-технических изысканиях.

### **Практическая работа**

1. Определение среднегогодового значения атмосферных осадков выпавших в бассейне реки
2. Определение испарение с водных поверхности
3. Морфометрические характеристики речных систем и водосборов рек.
4. График кривой расходов воды и построение годового гидрографа.
5. Расчет характеристик речного стока.
9. Определение фаз водного режима рек.
7. Определение источников питания рек.
8. Подсчет среднегогодового стока реки и распределение его внутри года.
9. Расчет показателей взвешенных наносов реки.
10. Расчет морфометрических показателей озера.
11. Работа с каталогами ледников.
12. Расчет количества естественных (природных) водных ресурсов бассейнов и административных территорий.

### **Темы курсовых работ**

1. История развития гидрологии в Средней Азии.
2. Круговорот воды в природе. Водный баланс Земного шара.
3. Испарение.
4. Атмосферные осадки.
5. Снежный покров и его гидрологическое значение.
6. Водный режим рек.
7. Источники питания рек.
8. Влияние природных факторов на речной сток.
9. Колебания годового стока рек и его изменчивость.
10. Работа и энергия рек.
11. Взвешенные наносы рек.
12. Сток растворенных веществ рек.
13. Озера и их гидрологический режим.
14. Водохранилища и их гидрологический режим.
15. Ледники и их гидрологическое значение.
16. Подземные воды и их гидрологические значения.

17. О водных ресурсах.
18. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и вопросы охраны.
19. Значение гидрологии в народном хозяйстве.
20. Пути дальнейшего развития науки гидрологии.

#### **Основная литература**

1. Богословский Б.Б. Основы гидрологии суши.-Минск: БГУ, 1974.
2. Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г. Общая гидрология. - Л.: Гидрометеиздат, 1973.
3. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д. Общая гидрология - М.: Высшая школа, 1991.
4. Чеботарев А. И. Общая гидрология. - Л.: ГМИЗ, 1975.
5. Шульц В. Л. Реки Средней Азии- Л.: Гидрометеиздат, 1965.

#### **Дополнительная литература**

1. Михайлов В. Н. Гидрология устьев рек. - М.: Изд-во МГУ, 1998.
2. Чуб В. Е. Изменение климата и оценка природно - ресурсного потенциала Узбекистана. - Ташкент, 2001.

#### **Информационное обеспечение курса**

1. Электронные варианты конспектов лекций по курсу (авторы: доц. Ф. Хикматов, ст. преп. Д.П. Айтбоев).
2. Основы гидрологии // Электронный вариант учебника (авторы: доц. Ф. Хикматов, ст. преп. Д.П. Айтбоев).
3. International Association of Hydrological Sciences. Hydrological Sciences Journal.  
**Сайт: <http://www.cig.ensmp.fr/~iahs>.**

Составитель:

доц. Б.Е. Аденбаев

Данная программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры Гидрология суши от 26 августа 2011 год (протокол № 1)

Зав. кафедрой

проф. Хикматов Ф.Х.

«Утверждаю»

декан \_\_\_\_\_  
 Географического факультета  
 доц. Махаматалиев Р.Ю.  
 «29» август 2011 г.

**КАЛЕНДАРНАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
 (Рейтинговая карта)**

Предмет «Общая гидрология», направления «Гидрометеорология, III-курс, русская группа,  
 2011 -2012 учебный год, Географический факультет кафедра Гидрология суши  
 Преподаватель. доц. Аденбаев Б.Е.

Лекция 66 ч, практическая работа 102 ч, курсовая работа 39 ч, рейтинг 11ч. Всего 218 ч.

Месяц	Вид занятия	Выделенные часы	ЛЕКЦИЯ	Рейтинговая программа		
				ТК	ПК	ИК
IX	Л-1	2	Цель и задачи курса «Гидрология суши». Предмет гидрологии, деление гидрологии на части, её место среди наук о природе. Краткие исторические сведения о развитии гидрологической науки.			
IX	Л-2	2	Основные физические и химические свойства воды. Химические свойства воды. Физические свойства воды. Формирование химического состава природных вод.			
IX	Л-3	4	Круговорот воды в природе. Распределение и круговорот воды на Земном шаре. Круговорот воды на Земном шаре и внутриматериковый влагооборот. Малый и большой круговороты воды на Земном шаре.			
IX	Л-4	4	Атмосферные осадки. Определяющие факторы образования атмосферных осадков и их распределение на Земном шаре. Влияние рельефа на величину осадков. Изменение различных видов осадков и их распределение внутри года.			
IX	Л-5	4	Испарение. Методы определения величины испарения. Величина испарения для различных территорий. Суммарное испарение и атмосферные осадки.			
X	Л-6	4	Речная система. Исток, верхнее, среднее и нижнее течение, устье, водораздел, речной бассейн, водосбор реки. Основные морфометрические характеристики речных бассейнов и русел рек. Основные виды рек и речных долин, их размеры.			
X	Л-7	4	Водный режим рек. Фазы водного режима. Классификация рек Б.Д. Зайкова по характеру водного режима. Гидрограф стока.			
X	Л-8	4	Источники питания рек. Количественная характеристика роли отдельных источников питания и их определение.			
X	Л-9	4	Формирование стока рек и влияние на сток различных факторов.			
XI	Л-10	4	Речные наносы и сток растворенных веществ. Общие сведения. Основные природные и антропогенные факторы, влияющие на речные наносы.		10	
XI	Л-11	4	Ледники. Снеговая линия. Лавины. Преобразование и режим ледников. Типы ледников и их распространение. Гидрологическое значение ледников.			
XI	Л-12	2	Гидрология болот. Происхождение болот и их распространение на земном шаре. Типы болот.			
XI	Л-13	4	Водные ресурсы. Понятие о водных ресурсах. Распределение водных ресурсов рек. Природные и антропогенные факторы при использовании запасов воды.			

XI	Л-14	2	Мировой океан и его части. Происхождение, строение и рельеф дна Мирового океана. Донные отложения.			
XI	Л-15	2	Солевой состав и соленость вод океана. Солевой состав океана. Соленость морской воды и ее распределение. Распределение солености.			
XII	Л-16	2	Морские течения. Силы, формирующие течения. Классификация морских течений. Уровень океанов и морей. Кратковременные и сезонные колебания уровня.			
XII	Л-17	4	Подземные воды. Теория и гипотезы образования подземных вод. Классификация подземных вод по условиям их происхождения.			
XII	Л-18	2	Классификация водных исследований и изысканий. Выды и этапы работ. Связь водных исследований и изысканий с проектированием и строительством.			
XII	Л-19	2	Комплексные исследования рек и водоемов. Характеристика водохозяйственных объектов комплексного назначения.			
I	Л-20	2	Основные задачи и состав других видов работ при комплексных исследованиях рек. Инженерно-геологические изыскания. Гидрохимические наблюдения и исследования.			
I	Л-21	2	Изыскания для водных мелиораций. Общие сведения. Орошение. Гидрологические работы. Обводнение и водоснабжение.			
I	Л-22	2	Техника безопасности при производстве водно – технических работ. Охрана труда. Техника безопасности. Надзор по охране труда.		15	30
			ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА			
IX	П-1	8	Определение среднесуточного значения атмосферных осадков выпавших в бассейне реки	3		
IX	П-2	8	Определение испарение с водных поверхности	3		
IX	П-3	10	Морфометрические характеристики речных систем и водосборов рек	4		
X	П-4	10	График кривой расходов воды и построение годового гидрографа	4		
X	П-5	8	Расчет характеристик речного стока	4		
X	П-6	10	Определение фаз водного режима рек.	4		
X	П-7	8	Определение источников питания рек	4		
XI	П-8	8	Подсчет среднесуточного стока реки и распределение его внутри года	4		
XI	П-9	8	Расчет показателей взвешенных наносов реки.	4		
XI	П-10	8	Расчет морфометрических показателей озера.	3		
XII	П-11	8	Работа с каталогами ледников.	4		
XII	П-12	8	Расчет количества естественных (природных) водных ресурсов бассейнов и административных территорий	4		
			Всего	45	25	30

#### Литература

1. Богословский Б.Б. Основы гидрологии суши.-Минск: БГУ, 1974.
2. Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г. Общая гидрология. - Л.: Гидрометеиздат, 1973.
3. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д. Общая гидрология - М.: Высшая школа, 1991.
4. Чеботарев А. И. Общая гидрология. - Л.: ГМИЗ, 1975.
5. Шульц В. Л. Реки Средней Азии- Л.: Гидрометеиздат, 1965.

Зав кафедрой

проф. Хикматов Ф.Х.

Составитель:

доц. Аденбаев Б.Е.

**Мирзо Улуғбек номидаги  
Ўзбекистон Миллий университети**

«Гасдиклайман»  
География факультети  
декани \_\_\_\_\_  
доц. Маҳмадалиев Р.Й.  
« 29 » август 2011 йил

География факультети  
Қуруклик гидрологияси кафедраси

Гидрометеорология йўналиши III курс талабалари билимини  
«Умумий гидрология» фанидан рейтинг тизими  
асосида назорат қилиш ва

**б а ҳ о л а ш м е з о н и**

Максимал балл	100
Жорий назорат	45 (ЖН)
Оралик назорат	25 (ОН)
Яқуний назорат	30 (ЯН)

Тошкент - 2011

Талабалар билимини рейтинг тизими асосида  
назорат қилиш ва баҳолаш  
мезонлари

**Фан:** Умумий гидрология  
**Ўқитувчи:** доц. Б.Е.Аденбаев  
**Ўқув йили:** 2011-2012 й.  
**Семестр:** 1

Маъруза - 66 с.,  
Амалий машғулот - 102 с.,  
Курс иши - 39с.,  
Рейтинг – 11с.  
Жами – 218с.

№	Назорат тури	Мах. балл	Саралаш бали	Ўтказиш вақти
1.	Жорий назорат	3	1.68	Сентябрь, 2 декада
2.	Жорий назорат	3	1.68	Сентябрь, 3 декада
3.	Жорий назорат	4	2,24	Октябрь, 1 декада
4.	Жорий назорат	4	2,24	Октябрь, 2 декада
5.	Жорий назорат	4	2,24	Октябрь, 3 декада
6.	Жорий назорат	4	2,24	Ноябрь, 1 декада
7.	Жорий назорат	4	2,24	Ноябрь, 2 декада
8.	Жорий назорат	4	2,24	Ноябрь, 3 декада
9.	Жорий назорат	4	2,24	Декабрь 1 декада
10.	Жорий назорат	3	1.68	Декабрь 2 декада
11.	Жорий назорат	4	2,24	Декабрь 3 декада
12.	Жорий назорат	4	2,24	Январь 2 декада
13.	1 - Оралиқ назорат	10	5,6	Ноябрь 1 декада
14.	2- Оралиқ назорат	15	8,4	Семестр давомида талабалар томонидан мустақил тайёрланади ва семестр охиригача берилган топшириқ бажарилган вақтда топширилади
15.	Яқуний назорат	30	16,8	Январь, 3 декада

**Жорий баҳолаш мезонлари:**

*Амалий машғулотлардаги баҳолаш жараёнида қуйидагилар инобатга олинади:*

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

**Оралиқ 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 № 1).

Тузувчи:

Кафедра мудири

доц. Б.Е.Аденбаев

проф. Ф.Ҳ.Ҳикматов

## 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 қуйидаги 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 очик 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 машғулот 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 машғулот давомида ҳар бир иштирокчининг турли топшириқларни бажариши, навбат билан ўқувчи ёки ўқитувчи ролида бўлиши, керакли баллни тўплашига имконият беради. “Бумеранг” технологияси танқидий фикрлаш, мантиқий шаклланишга имконият яратади; хотирани чархлайди, диққатни кучайтиради. Ғояларни, 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; хушфеъллик; 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 айти пайтда, турли ғояларни ифодалаш ҳамда улар орасидаги боғлиқликларни аниқлашга имкон яратади. Мазкур технологиядан ўқув материалнинг турли босқичларини ўрганишда фойдаланиш имконияти мавжуд.

“ВЕР” технологияси - мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммо характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Технологиянинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир йўла ахборот берилади. Айти 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 ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда ихчам баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
ИМ. МИРЗО УЛУГБЕКА**

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

5440600- направления «Гидрометеорология»

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИИ ПО ПРЕДМЕТУ  
«ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ»**

ТАШКЕНТ - 2011

## 1-ЛЕКЦИЯ

### ПРЕДМЕТ ГИДРОЛОГИИ, ДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИИ НА ЧАСТИ, КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗВИТИИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

- План:** 1. Предмет гидрологии, деление, задачи;  
2. Методы гидрологических исследований;  
3. Краткие исторические сведения о развитии гидрологической науки;

**Предмет гидрологии, деление, задачи.** Гидрология относится к циклу наук о Земле. Она изучает водную оболочку Земли, или *гидросферу*, ее свойства и протекающие в ней процессы и явления во взаимосвязи с атмосферой, литосферой и биосферой.

Традиционно под *гидросферой* понимают чаще всего прерывистую водную оболочку земного шара, расположенную на поверхности земной коры и в ее толще, представляющую совокупность океанов, морей и водных объектов (рек, озер, болот, подземных вод), включая снежный покров и ледники.

Гидрология океанов и морей называют океанологией. Раздел гидрологии, рассматривающий поверхностные воды, называется *гидрологией суши*, или *континентальной гидрологией*. Подземные (грунтовые) воды изучает *гидрогеология*.

В зависимости от исследуемых *водных объектов* гидрология суши подразделяется на гидрология рек, озер, болот, подземных вод, ледников.

Раздел гидрологии, разрабатывающий методы наблюдений за режимом водных объектов, применяемые при этом устройства и приборы, а также способы обработки результатов наблюдений, называется *гидрометрией*.

Закономерности географического распространения поверхностных вод, описание конкретных водных объектов, их режим и хозяйственное значение рассматривает *гидрография суши*.

Раздел гидрологии, относящийся к решению различных инженерных задач, разработке методов расчетов и прогнозов водного режима, называется *инженерной гидрологией*.

В последние годы в этой области все более широко используются современные математические методы и методы моделирования.

При изучении взаимосвязей водных объектов с окружающей средой гидрология тесно соприкасается с климатологией, метеорологией, геоморфологией, геологией, гидрогеологией, физической географией; при изучении движения воды в речных руслах – с гидравликой, гидродинамикой; при изучении физических, химических и биологических процессов в водных объектах – с гидрофизикой, гидрохимией и гидробиологией.

Результат гидрологических исследований используются в мелиорации, сельском и водном хозяйстве, промышленности, гидротехнике, железнодорожном и водном транспорте, рыболовстве и других отраслях народного хозяйства.

**Методы гидрологических исследований.** Современная гидрология располагает большим арсеналом взаимодополняющих друг друга методов познания гидрологических процессов.

Важнейшее место в гидрологии занимают *методы полевых исследований*. Полевые исследования подразделяются на *экспедиционные* и *стационарные*. Первые из них заключается в проведении относительно кратковременных (от нескольких дней до нескольких лет) экспедиций на водных объектах (в океане, на леднике, реке, озере). Вторые состоят в проведении длительных (обычно многолетних) наблюдений в отдельных местах водных объектов – на специальных гидрологических станциях и постах. Обычно при гидрологических исследованиях сочетают экспедиционный и стационарный метод. В последнее время стали широко применяться так называемые *нетрадиционные методы* – *дистанционные измерения с помощью локаторов, аэрокосмические съемки и наблюдения*,

*автономные регистрирующие системы (автоматические гидрологические посты на реках, буйковые станции в океанах).*

Широко использует гидрология и **методы экспериментальных исследований**. Различают эксперименты в лаборатории и эксперименты в природе. В первом случае на специальных лабораторных установках проводят эксперименты в условиях, полностью контролируемых экспериментатором. Так, в лабораториях изучаются различные режимы движения воды и наносов, размывы речного стока. Во втором – наблюдения проводятся на небольших участках природных объектов, специально выбранных для детальных исследований.

Завершающим этапом исследований во многих случаях становится теоретические обобщения и анализ. **Теоретические методы** в гидрологии базируются, с одной стороны, на законах физики, а с другой – на географических закономерностях пространственно-временных изменений гидрологических характеристик. Среди этих методов в последнее время на первый план выходят *методы математического и имитационного моделирования, системного анализа, гидролого-географических обобщений, включая гидрологическое районирование и картографирование.*

**Краткие исторические сведения о развитии гидрологической науки.** Развитие гидрологических знаний всегда стимулировалось практическими потребностями. Первые примитивные гидрологические наблюдения люди стали проводить еще в глубокой древности. Вместе с тем гидрология как самостоятельная наука еще очень молода. Это кажущееся противоречие объясняется тем, что действительно активное использование водных ресурсов, потребовавшее прогресса в гидрологических знаниях, началось всего 50-80 лет тому назад.

В глубокой древности жизнь человека вблизи воды, особенно если эта вода использовалась для орошения полей, во многом зависела от режима водных объектов. Человек вынужден был следить за этим режимом, вести наблюдения. К числу самых ранних гидрологических наблюдений относятся наблюдения древних египтян за колебаниями воды на Ниле с помощью «нилометров» - первых гидрологических постов около 4000 лет назад.

Вклад в развитие гидрологических знаний внесли древнеримские мыслители. Витрувий интересовался поиском подземных вод, Герон Александрийский предложил, что расход воды равен произведению площади поперечного сечения потока на скорость течения.

Дальнейший прогресс гидрологических знаний приходится на XVII в. Гидрологическими явлениями интересовался Декарт. Первые количественные оценки в гидрологии принадлежат Пьеру Перро. Он рассчитал, что дождевой воды вполне достаточно для поддержания стока рек.

Начало гидрологических наблюдений в России относится к XV-XVI вв.: в записях русских летописцев сохранились сведения о наводнениях, паводках, замерзании и вскрытии рек. Много данных о реках и озерах приведено в «Книге Большому чертежу» - приложении к одной из первых карт России (1552). В 1773 г. эти сведения были переизданы Н.И.Новиковым под заглавием «Древняя Российская Идрография, содержащая описание Московского государства рек, протоков, озер, кладезей и какие по ним города и урочища и на каком они расстоянии»

Большое значение для становления гидрологии как наук имели работы А.И.Воейкова «Климаты земного шара и в особенности России» (1887), В.М.Лохтина «Механизм речного русла» (1897), Э.М.Олбдекопа «Об испарении с поверхности речных бассейнов» (1911).

Широкое развитие гидрологических изысканий и исследований началось после Октябрьской революции. Эти исследования были направлены на комплексное и планомерное использования водных ресурсов. В 1919 г создается Российский, а с 1926 г.

Государственный гидрологический институт (ГГИ) – первое в мире научное учреждение для комплексного изучения природных вод.

В настоящее время в составе опорной гидрометеорологической сети Узгидромета насчитывается 131 гидрометрических пост, которые прикреплены к 20 оперативно-производственным сетевым подразделениям, на них ведутся систематические наблюдения за всеми элементами гидрологического режима.

Материалы гидрологических наблюдений опубликуются в гидрологических ежегодниках. В серии кадастровых изданий «Основных гидрологических характеристик» приводятся наиболее важные сведения о режиме рек, озер и водохранилищ, необходимые при гидротехническом и мелиоративном проектировании и строительстве.

Современная гидрология решает многочисленные задачи, поставленные правительством по комплексному использованию водных ресурсов и их охране, реализации долгосрочных программ развития энергетики, мелиорации и других.

## **2-ЛЕКЦИЯ**

### **ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ**

- План:** 1. Значение воды в природе и жизни человека;  
2. Строение воды, ее молекулярная структура изотопный состав.  
3. Основные физические и химические свойства воды

**Значение воды в природе и жизни человека.** Вода – одно из самых распространенных на Земле химических соединений. Без воды невозможно существование биосферы и жизни на Земле.

Известный русский ученый В.И.Вернадский – один из основоположников геохимии – писал: “Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных самых грандиозных, геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое бы ее не заключало. Все земное вещество – под влиянием свойственных воде частичных сил, ее парообразного состояния, ее вездесущности в верхней части планеты – ею проникнуто и охвачено”.

Вода используется человеком не только как необходимое средство жизнедеятельности (питьевая вода, вода в составе растительных или животных продуктов питания). Современное общественное производство основано на широком применении воды: ее используют в процессе получения энергии; вода – необходимое условие существования сельского хозяйства, водного транспорта, коммунального хозяйства, отдыха и туризма.

В настоящее время трудно представить себе какую-либо отрасль народного хозяйства, существование которой было бы возможно без использования воды.

В промышленности вода расходуется на производственные процессы, удовлетворение потребностей работающего персонала и создание резервов для тушения пожаров. Производственная промышленной продукции связано с охлаждением машин и механизмов, промывкой деталей и изделий.

В коммунальном хозяйстве воду расходуют различные предприятия, она используется для удовлетворения пищевых и других нужд населения, бытового обслуживания (бани, прачечные, столовые и т.д.), для поливки улиц и в противопожарных целях. По мере роста плотности населения и культуры городов возрастает и количество воды, расходуемого на одного человека.

В сельском хозяйстве воду расходуют для орошения, обводнения и водоснабжения. Орошение применяют для получения высоких и устойчивых урожаев различных культур

**Строение воды, ее молекулярная структура изотопный состав.** Вода –

химическое соединение кислорода и водорода. Вода состоит из 11,11 % водорода и 88,89 % кислорода, которое принято обозначать формулой  $H_2O$ . На самом деле вода имеет более сложный состав, и химическая природа ее до сих пор окончательно не установлена. В чистом виде вода вещество бесцветное, не имеющее ни вкуса, ни запаха.

Молекулярная масса воды равна 18, но встречаются молекулы с молярной массой 19, 20, 21 и 22. Они состоят из более тяжелых атомов водорода и кислорода, имеющих атомную массу соответственно более 1 и 16. У водорода два стабильных изотопа: протий (H) и дейтерий (D); отношение H : D составляет около 6700. У кислорода три стабильных изотопа:  $^{16}O$ ,  $^{17}O$  и  $^{18}O$ . Отношение концентрации трех изотопов кислорода воздуха таково:  $^{16}O : ^{18}O : ^{17}O = 2667 : 5,5 : 1$ .

Воду с изотопным составом  $^1H_2^{16}O$  называют «обычной» водой и обозначают  $H_2O$ , остальные воды (кроме  $^3H_2O$ ) называют «тяжелой» водой. Иногда тяжелой водой считают лишь дейтериевую воду  $^2H_2O$  (или  $D_2O$ ). Однако в природе до сих пор не открыты ни собственно легкая, ни тяжелая вода.

Так как для молекулы воды характерно дипольное строение, то в воде одновременно присутствуют одиночные (моногидрол), двойные и тройные молекулы. Содержание их меняется в зависимости от температуры. Во льду доминируют тройные молекулы, обладающие наибольшим объемом. В жидком состоянии вода представляет смесь дигидролей, тригидролей и моногидролей. С увеличением температуры тройные и двойные молекулы распадаются, при  $100^\circ C$  вода состоит главным образом из моногидролей.

**Основные физические и химические свойства воды.** Вода может находиться в трех агрегатных состояниях, или фазах – твердом (лед), жидком, газообразном (водяной пар). Изменения агрегатного состояния веществ называют фазовыми переходами. В этих случаях свойства веществ (например плотность) скачкообразно изменяются. Фазовые переходы сопровождаются выделением или поглощением энергии, называемой *теплотой фазового перехода*.

Плотность – главнейшая физическая характеристика любого вещества. Она представляет собой массу однородного вещества, приходящуюся на единицу его объема. Плотность воды, как и других веществ, зависит прежде всего от температуры и давления и скачкообразно изменяется при фазовых переходах.

Состояние ионного равновесия природных вод отражает водородный показатель pH, который представляет собой логарифм концентрации водородных ионов (моль/л), взятый с обратным знаком:  $pH = - \lg(H^+)$ . Величина pH характеризует кислотную или щелочную реакцию воды. Величина  $pH=7$  характеризует нейтральную,  $pH<7$  – кислую,  $pH>7$  – щелочную реакцию воды.

Все природные воды делятся по преобладающему аниону на три класса: гидрокарбонатный, сульфатный, и хлоридный; по преобладающему катиону на три группы: кальциевую, магниевую, натриевую.

анионы:	катионы:
сульфатный $Cl'$	натриевый $Na'$
сульфатный $SO_4''$	кальциевый $Ca''$
гидрокарбонатный $HCO_3'$	магниевый $Mg''$

### 3 - ЛЕКЦИЯ

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И КРУГОВОРОТ ВОДЫ НА ЗЕМНОМ ШАРЕ

- План:** 1. Распределение суши и воды на земном шаре;  
2. Круговорот воды на земном шаре;  
3. Водный баланс земного шара.

**Распределение суши и воды на земном шаре.** Площадь поверхности Земли 510 млн. км<sup>2</sup>. Из этой площади водами Мирового океана покрыто 361 млн. км<sup>2</sup> ( 71 % ), а площадь суши составляет 149 млн. км<sup>2</sup> (29%).

Суша расположена главным образом в северном полушарии, где она занимает 39 % поверхности, в южном полушарии на долю суши приходится 19 % поверхности. Поверхность Земли имеет общий наклон по направлению к океанам и морям или замкнутым бессточным областям. Часть суши, с которой реки несут воду в моря, соединенные с Мировым океаном, называется *областью внешнего стока* (78%), а часть, с которой вода поступает в замкнутые, находящиеся на суше водоемы, не имеющие стока в океан, называется *область внутреннего стока* (22%).

Область внешнего стока обычно разделяют на Тихоокеанско-Индийский склон (бассейны рек, впадающих в Тихий и Индийский океаны) и Атлантико-Ледовитый склон (бассейны рек, впадающих в Атлантический и Северный Ледовитый океаны). К Северному Ледовитому океану относится 14% площади суши, к Атлантическому—35%, к Тихому—15%. к Индийскому—14%. В пределах Атлантико-Ледовитого склона протекают крупнейшие реки земного шара Амазонка, Миссисипи с Миссури, Конго, Нил, Обь, Енисей, Лена и др. Крупнейшими реками Тихоокеанско-Индийского склона являются Амур, Янцзы, Ганг с Брахмапутрой и др.

Из областей внутреннего стока СНГ наиболее значительными являются бассейн Каспийского моря и бассейны Аральского моря, озера Балхаш и многих рек Казахстана (общей площадью 1 000 000 км<sup>2</sup>). Остальная часть бессточных областей суши (Сахара, Аравийская пустыня, пустыни Центральной Австралии и др.) охватывает площадь 29 000 000 км<sup>2</sup>.

Сведения о площадях суши и водной поверхности земного шара приведены в табл. 3.1, а распределение суши на области внешнего и внутреннего стока — в табл. 3.2

Таблица 3.1

Распределение площади суши и водной поверхности земного шара

Суша	Площадь (млн.км <sup>2</sup> )	Суша	Площадь (млн.км <sup>2</sup> )
Европа	9,8	Южная Америка .	17,7
Азия	40,8	Северная Америка	20,7
Африка	29,5	Антарктида	14,0
Австралия	7,6		
Водная поверхность	Площадь (млн. км <sup>2</sup> )	Водная поверхность	Площадь (млн. км <sup>2</sup> )
Тихий океан	180	Черное море	0,43
Берингово море	2,3	Азовское море	0,40
Южно-Китайское море	3,5	Индийский океан	77
Охотское море	1,6	Андаманское море	0,6
Восточно-Китайское море	0,75	Красное море	0,45
Японское море	1,0	Северный Ледовитый океан	15
Атлантический океан	92	Баренцево море	1,45
Карибское море	2,7	Карское море	0,9
Средиземное море	2,5	Восточно-Сибирское море	0,9
Северное море	0,6	Море Лаптевых	0,7
Балтийское море	0,44	Белое море	0,9

*Примечание. Цифры приведены с округлением.*

Таблица 3.2

## Области внешнего и внутреннего стока

	Общая площадь материка	Об.ластн внешнего стока океанов				Области внутреннего стока
		Северного Ледовитого	Атлантического	Индийского	Тихого	
Европа	9.8	1.4	6,2	—	—	2.2
Азия	40.8	11,5	0.6	6,8	9.6	12.3
Африка	29,5	—	14,9	5.0	—	9.6
Северная Америка	20.1	6.5	8.0	—	4,8	0,8
Южная Америка	17,7	—	15,2	—	1.2	1.3
Австралия	7.6	—	—	3.1	0,6	3.9
Антарктида	14.0*	—	4.0	5.0	5,0	—
		--				
Вся суша (без островов)	139.5**	19.4	48.5	19.3	20.6	30.1
В %	100	14	35	14	15	22

\* Включая площади шельфовых ледников (1,6 млн. км<sup>2</sup>). \*\* Площадь всей суши с островами 149 млн. км<sup>2</sup>.

Общая площадь водных объектов на поверхности суши (ледников, озер, водохранилищ, рек, болот) составляет около 20 млн. км<sup>2</sup>, или 15 % площади суши. Если не учитывать ледники, то на остальные водные объекты суши останется всего 5,9 млн. км<sup>2</sup> (4 % площади суши).

Общий объем воды в водных объектах на земном составляет 1 млрд 386 млн.км<sup>3</sup>, при этом на долю Мирового океана приходится воды 1 млрд 338 млн.км<sup>3</sup> (96,5 %). Из водных объектов суши наибольшее количество воды содержат ледники – 24 млн. км<sup>3</sup> (1,73 % всех вод на Земле). Соответственно количество воды содержат в озерах – 176 тыс. км<sup>3</sup> (0,013 %), в реках – 2,1 тыс. км<sup>3</sup> (0,0002 %) (табл.-3.3).

Таблица-3.3

## Запасы воды на земном шаре

Виды природных вод	Объем воды		
	10 <sup>3</sup> км <sup>3</sup>	от общих объемов, %	от запасов пресных вод, %
Мировой океан	1338000	96,5	-
Подземные воды	23400	1,70	-
Подземные пресные воды	10530	0,75	30,06
Ледники	24000	1,73	68,70
Многолетнемерзлых льды	300	0,022	0,86
Озера	176	0,013	0,25
Влаги в почвах	16,5	0,0012	0,047
Вода в атмосфере	12,9	0,0017	-
Вода в болотах	11,5	0,0008	0,033
Вода в реках	2,1	0,0002	0,006
Общие запасы воды:	1386000	100	100

Большую сложность представляет оценка содержания воды в земной коре (литосфере). Часть подземных вод, представляемая капиллярными и гравитационными водами, находящаяся на глубинах с абсолютными отметками под поверхностью суши до минус 2000 м и участвующая в круговороте воды в природе, должна быть отнесена к

гидросфере. Она оценивается в 23,4 млн. км<sup>3</sup> или 1,70 % общего объема вод на Земле

**Круговорот воды в природе.** Перемещение во времени и в пространстве всех видов вод вместе с растворенными и переносимыми включениями в атмосфере, по поверхности земли и под ней называется *круговоротом воды в природе* или *гидрологическим циклом*.

Под влиянием солнечной радиации с поверхности океанов, морей, рек, озер, ледников, снежного покрова и льда, почвы и растительности каждый год 577 тыс. км<sup>3</sup> (1130 мм) вода испаряется и поступает в атмосферу (рис.3.1). Испарившаяся с поверхности океанов и морей влага, конденсируясь, большей частью выпадает в виде атмосферных осадков непосредственно на поверхность океанов и морей, совершая так называемый *малый или океанический влагооборот*. Меньшая ее часть участвует в большом влагообороте, перемещая воздушными течениями над сушей и выпадая на нее в виде осадков. Часть их просачивается в почву, часть испаряется или транспортируется растениями и поступает в атмосферу, а остальные осадки стекают по склонам земной поверхности, *образуя поверхностный сток*, в ручьи и реки. Просочившаяся в почву влага, проникая в толщу почвогрунтов, пополняет подземные воды, которые также питают реки и непосредственно стекают в моря в виде *подземного стока*. Реки в конечном счете несут свои воды в океаны и моря, завершая таким образом *большой влагооборот*.

На фоне большого влагооборота можно выделить местные или *внутриматриковые влагообороты*, происходящие в пределах континентов и регионов. Переносимая атмосферными течениями внутрь материка влага пополняется испарившейся водой с его поверхности и снова выпадает в виде осадков. Чем больше число оборотов делает вода над материком, тем больше внутренний влагооборот материка.

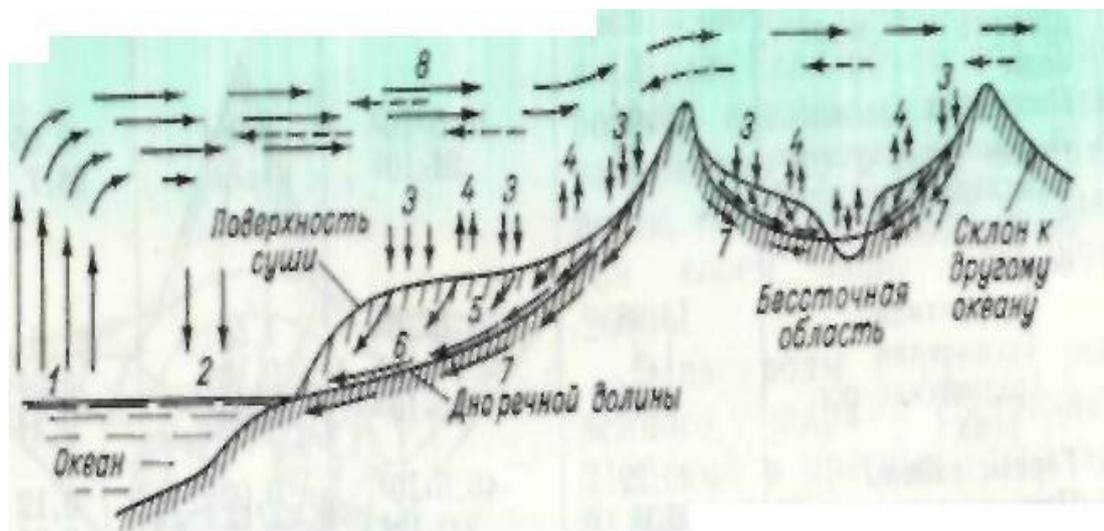


Рис. 3.1. Схема круговорота воды в природе.  
1 — испарение с поверхности океана, 2 — осадки на поверхность океана, 3 — осадки на поверхность суши, 4 — испарение с поверхности суши, 5 — поверхностный и подземный сток в реки, 6 — речной сток в океан (бессточное море), 7 — подземный сток в океан (бессточное море), 8 — влагообмен между сушей и океаном через атмосферу.

**Водный баланс земного шара.** Как было сказано выше, общий объем воды на земном шаре составляет  $1,386 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup>. Но в процессе годового круговорота воды в природе участвует относительно небольшие части 518600 км<sup>3</sup> или составляет 0,037 % от общего объема.

Водный баланс земного шара состоит из *приходных* (атмосферные осадки) и *расходных* (испарение) частей. Между *приходными* и *расходными* частями существует равенственный баланс. Это равенство для Земного шара и некоторых его частей (Мировой

океан, суши) можно записать в виде уравнения водного баланса.

В уравнение в качестве приходных частей должно учитываться осадки, выпадающие на поверхность океанов ( $X_o$ ), атмосферные осадки выпадающие на поверхность суши ( $X_c$ ). Соответственно к этому в расходных частях учитывается испарение с поверхности океанов ( $E_o$ ), испарение с суши ( $E_c$ ).

Водный баланс океанов можно записать в виде:

$$E_o = X_o + Y$$

где  $X_o$  - осадки, выпадающие на поверхность океанов,  $E_o$  - испарение с поверхности океанов,  $Y$  - сток рек и подземных вод в океан.

Водный баланс суши

$$E_c = X_c - Y$$

где  $E_c$  - испарение с суши  $X_o$  – осадки на суши.

Объединив эти уравнения, получаем общее уравнение водного баланса земного шара.

$$E_o + E_c = X_o + X_c$$

Количественная показателей элементы уравнения водного баланса земного шара и ее частей приведено в таблице – 3.4.

Таблица-3.4

Количественная показателей элементы уравнения водного баланса земного шара и ее частей

Часть Земных поверхности	Площадь, млн.км <sup>2</sup>	Осадки		Испарение		Сток	
		тыс. км <sup>3</sup>	мм	тыс. км <sup>3</sup>	мм	тыс.км <sup>3</sup>	мм
Мировой океан	361	458	1270	505	1400	47	130
Области внешнего стока	119	110	924	63	529	47	395
Области внутреннего стока	30	9	300	9	300	-	-
Суши	149	119	800	72	485	47	315
Земной поверхность	510	577	1130	577	1130	-	-

#### 4-ЛЕКЦИЯ АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

- План:**
1. Образование атмосферных осадков;
  2. Влияние различных факторов на количество осадков;
  3. Приборы для измерения осадков;
  4. Способы определения среднего количества осадков для бассейна реки

**Образование атмосферных осадков.** Атмосферные осадки, являясь основным источником пополнения запасов вод суши, при анализе режима этих вод чаще всего представляют особый интерес лишь с момента их выпадения на поверхность почвы или

водоема. Детальное исследование вопроса о происхождении атмосферных осадков относится к области метеорологии. Однако ряд вопросов, относящихся к области исследования атмосферных осадков (формирование и истощение снежного покрова, интенсивность и площадь распространения дождей, методы учета осадков и пр.), составляет предмет совместного изучения метеорологии и гидрологии, хотя и с различной степенью подробности.

*Образование атмосферных осадков.* Водяной пар, попадающий в атмосферу в результате испарения, может переходить в жидкое состояние, если упругость его достигнет максимального значения при данной температуре или превзойдет ее. Водяной пар оказывается в состоянии насыщения главным образом вследствие охлаждения воздуха. Наиболее резко процесс охлаждения воздуха происходит при его поднятии. Восходящие движения, вызывающие охлаждение воздуха и конденсацию водяного пара, могут возникать в результате: 1) сильного прогрева земной поверхности, 2) восходящего скольжения теплого воздуха по массе холодного воздуха (при прохождении циклонов), 3) поднятия воздуха по неровностям земной поверхности (горы). Охлаждение воздуха от указанных причин вызывает образование осадков, которые выпадают в виде дождя, снега и града.

Кроме того, водяной пар может выделяться непосредственно из воздуха на поверхность земли в виде росы, инея и изморози, когда в ясные тихие ночи вследствие лучеиспускания сильно охлаждается поверхность земли и соприкасающийся с ней воздух.

Количество воды, выделяющееся из воздуха в виде росы, инея и изморози, обычно невелико по сравнению с осадками. Только в отдельных районах, бедных осадками, роль их в водном балансе может оказаться существенной.

Различные причины, вызывающие охлаждение воздуха, определяют и различный характер выпадения осадков. Быстрое поднятие воздуха от сильно нагретой земной поверхности, а также в ряде случаев и подъем по неровностям земной поверхности обуславливают выпадение ливневых осадков, обладающих большой интенсивностью, сравнительно короткой продолжительностью и малой площадью распространения. Наоборот, медленное восхождение теплого воздуха обуславливает обложные дожди сравнительно небольшой интенсивности, но часто весьма продолжительные и с большой площадью распространения.

Различный характер выпадения осадков оказывает существенное влияние на процесс стока поверхностных вод и накопление запасов подземных вод. При интенсивных дождях вода не успевает просачиваться в почву и бурными потоками стекает в речную сеть. Наоборот, при малоинтенсивных, но длительных дождях создаются более благоприятные условия для пополнения запасов грунтовых вод. Так как интенсивные дожди (ливни) обычно распространяются на меньшую площадь, чем обложные дожди, то на малых водосборах особо интенсивный поверхностный сток наблюдается от ливней, а на больших — от обложных дождей.

Количество осадков оценивается толщиной слоя воды (в миллиметрах), выпавшей на горизонтальную поверхность. Количество твердых осадков (снега) также измеряется толщиной слоя воды, получающегося после их таяния.

**Влияние различных факторов на количество осадков.** При оценке влияния осадков на режим вод суши, особенно в условиях недостаточно густой сети дождемерных пунктов, существенное значение имеет знание роли различных факторов в формировании осадков. Наиболее существенное влияние на осадки оказывает рельеф. В некоторой мере прослеживается влияние растительности и водной поверхности.

**Влияние рельефа.** Распределение осадков по поверхности суши зависит как от расположения местности по отношению к океану, дающему основное количество влаги, так и от ее рельефа. В горной местности склоны, обращенные к влагоносным ветрам, получают большее количество осадков, чем противоположные. Влияние рельефа сказывается и в том, что с повышением местности над уровнем моря количество выпадающих осадков обычно увеличивается. Отмеченная закономерность особенно резко

проявляется в горных районах. Однако и на равнинных территориях влияние рельефа также заметно. Даже небольшие возвышенности вызывают увеличение количества осадков по сравнению с окружающей местностью. Увеличение осадков с повышением местности объясняется тем, что возвышенности вызывают или усиливают восходящие токи воздуха. Поднимающийся по склону воздух охлаждается, что создает благоприятные условия для выпадения осадков. При этом зимой влияние рельефа оказывается более существенным, чем летом. Летом облака образуются на большей высоте, чем зимой, и поэтому небольшие возвышенности в этот период мало влияют на осадки.

**Влияние леса и водной поверхности.** Влияние леса на количество осадков сказывается в двух направлениях. Во-первых, поверхность леса создает повышенную по сравнению с рядом расположенными безлесными пространствами шероховатость. Это вызывает торможение движения нижних слоев влажного воздуха; вследствие уменьшения скорости массы воздуха как бы нагромождаются над лесом; при этом возникают восходящие токи воздуха, способствующие конденсации и выпадению осадков. Во-вторых, растительный покров, в частности кроны деревьев, задерживает осадки, не допуская проникновения части их до поверхности земли. Таким образом, непосредственно под кронами деревьев поверхности земли достигает меньшее количество осадков, чем на полянах; в свою очередь на полянах или вообще в районах, в пределах которых воздушные потоки подвержены воздействию дополнительной шероховатости за счет леса, осадков выпадает несколько больше, чем на безлесных пространствах.

**Приборы для измерения атмосферных осадков.** Начало массовых регулярных наблюдений за атмосферными осадками относится к концу прошлого столетия. За истекшее время на сети сменились три типа приборов: дождемер с приемной поверхностью 500 см<sup>2</sup> без ветровой защиты, такой же дождемер с конической защитой Нифера и, наконец, осадкомер Третьякова с приемной площадью 200 см<sup>2</sup> и лепестковой защитой.

Замена дождемеров без защиты с конической защитой Нифера происходила с 1893 по 1910 г., а массовая замена дождемера с защитой осадкомером Третьякова – с 1950 по 1955 г.

Хотя замена одной системы приборов другой имела целью повышение точности измерения осадков, однако, как показывали последующие сравнения различия в количестве измеряемых осадков, возникающие за счет изменения конструкции прибора, оказывались значительно меньшими, чем различия за счет характера установки приборов, в частности условий их защищенности от воздействия ветра.

**Способы определения среднего количества осадков для бассейна реки.** При наличии в пределах речного или вблизи его границ нескольких станций, фиксирующих выпадающие атмосферные осадки, для вычисления среднего слоя осадков, выпадающих на поверхность бассейна, используют следующие способы:

- 1) средней арифметической;
- 2) квадратов;
- 3) медиан;
- 4) изогьет.

*Способ средней арифметической* является наиболее простым и вместе с тем практически наиболее распространенным применительно к равнинным достаточно однородным водосборам. В этом случае суммируются значения слоя осадков, зарегистрированные на всех метеорологических станциях, расположенных в пределах водосбора, и полученная сумма делится на число станций, использованных для расчета.

При расчете по методу среднего арифметического средний слой осадков на водосборе вычисляется по формуле:

$$X_0 = \Sigma X_i / n, \text{ мм (1.1)}$$

где  $\Sigma X_i$  – сумма годовых осадков по станциям, принятым для расчета;  $n$  – число станций.

*Метод квадратов* заключается в том, что площадь бассейна делится на сеть равновеликих квадратов. Для каждого квадрата вычисляется среднее количество осадков как среднее арифметическое из показаний всех станции квадрате. В случае если станция находится на границе двух квадратов, ее показания следует учесть в этих смежных квадратах.

Если в квадрат не попадает ни одна станция, количества осадков для такого квадрата определяется по интерполяции между соседними станциями или между квадратами и ставится знак  $\Delta$ . Полученное для квадрата значение осадков выписывается в его центре и обводится кружком. Средний слой осадков вычисляется по формуле:

$$X_0 = \Sigma X_i / n^i,$$

где  $\Sigma X_i$  – сумма средних значений осадков для квадратов, мм;  $n^i$  – число квадратов.

*Способ изогийет* применяется при наличии достаточно густой сети станций с целью более детального освещения закономерности распределения осадков по территории. Изогьеты – линии, соединяющие на карте места одинаковым количеством атмосферных осадков за выбранный период времени. Для проведения изогийет задаются их сечением (интервалами), устанавливаемыми в зависимости от амплитуды колебания осадков. Сечение может быть через 5, 10, 20, 25, 50, 100 мм.

Для проведения изогийет производится интерполяция осадков между ближайшими станциями, считая, что изменение их между станциями происходит равномерно. Интерполяция применяется *аналитическая* и *графическая*.

Рассмотрим пример *аналитической* интерполяции. Для станций 15 и 17 годовые значения осадков соответственно 469 и 413 мм. При заданном сечении между этими станциями пройдет изогийета 420 и 440 мм. На рис.1.1 измеряется линейкой расстояние по прямой между этими станциями : оно равно 20 мм. Разность показаний станций равно 469-413=56 мм. Расстояние на карте на 1 мм осадков равно:

$$20 : 56 = 0,36 \text{ мм.}$$

Выше от станции 17 для проведения изогийеты 420 мм и 440 мм надо прибавить (413 мм) 7 мм и 27 мм осадков, что в переводе на расстояние равно:

$$0,36 * 7 = 2,5 \text{ мм; } 0,36 * 27 = 9,7 \text{ мм.}$$

Следовательно, отложив на карте от станции 17 до станции 15 по прямой расстояние 2,5 мм определим точку прохождения изогийеты 420 мм и на расстоянии 9,7 мм определим точку прохождения изогийеты 440 мм. Аналогично интерполируется расстояние между всеми станциями.

Пример *графической* интерполяции рассматривается для станции 18 – 12. Заготавливается калька (рис.1. ), на которой проводится ряд паралельных линий на произвольном расстоянии: 3 – 8 мм. На каждой линии выписывается значение осадков через принятые сечения изогийет, например 400, 420, .....520. К станции 18 прикладывается калька и между линиями 400 и 420 определяется значение 411, соответствующее точка А. Далее калька поворачивается в левую сторону вокруг точки А по направлению стрелки до тех пор, пока между линиями 460-480 не определится положение станции 12 со значением осадков, равным 467 мм (точка В). В результате прямая линия в точке АВ пересекает 420, 440 и 460 изогийеты (СДЕ).

Для вычисления среднего многолетнего количества осадков определяется планиметрированием площадь, заключенные между изогийетами, в делениях планиметра или км<sup>2</sup>. Средний многолетний слой осадков в миллиметрах по методу изогийет вычисляется по формуле:

$$X_0 = X_1f_1 + X_2f_2 + \dots X_nf_n / f_1 + f_2 + \dots f_n, \text{ мм. (1.2)}$$

где  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – средние значение осадков по изогийетам;  $f_1, f_2, \dots, f_n$  – площади между изогийетами.

Для вычисления  $X_0$  по формуле (1.2) рекомендуется составить вспомогательную таблицу 1.2.

К расчету слоя осадков по формуле (1.2) для водосбора

Значения изогиет, мм	$X_i$	$f_i$	$X_i f_i$
520-500	510	145	73950
500-480	490	360	176400
480-460	470	286	134420
460-440	450	102	45900
440-420	430	30	12900
420-400	410	32	13120
		955	456690

Поставляя данные из табл. 1.2 в формулу, получим средний многолетний слой осадков:

$$X_0 = 456690 / 955 = 478,3 \text{ мм.}$$

## 5 - ЛЕКЦИЯ

### ИСПАРЕНИЕ. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ИСПАРЕНИЯ

- План:**
1. Испарение как элемент водного баланса;
  2. Характеристика процесса испарения с водной поверхности;
  3. Испарение с поверхности почвы и транспирация растений;
  4. Испарение с поверхности снега и льда.
  5. Методы определения величины испарения.

**Испарение как элемент водного баланса.** При исследованиях и расчетах водного баланса различных водных объектов и отдельных территорий важное значение приобретает методика изучения и расчета испарения, так как испарение является весьма существенным, а иногда и главным элементом баланса.

Вся вода, поступающая в океан и моря, а также в другие бессточные водомы, целиком расходуется на испарение. Испарение с водной поверхности является существенной статьей расхода в водном балансе водохранилищ. В более южных районах расходы воды на испарение с поверхности озер и водохранилищ в ряде случаев оказываются значительно большими, чем полезный водозабор.

В водном балансе сельскохозяйственных полей и речных водосборов в целом испарение с почвы и испарение растениями в процессе их роста также составляет значительную долю

**Характеристика процесса испарения с водной поверхности.** Процесс испарения состоит в том, что вода из жидкого или твердого состояния превращается в пар. Молекулы воды, находясь в непрерывном движении, преодолевают силу взаимного молекулярного притяжения и вылетают в воздух, находящийся над поверхностью воды. Чем выше температура воды, тем больше скорость движения молекул и тем, следовательно, большее количество молекул воды отрывается от ее поверхности и переходит в атмосферу – испаряется. Поэтому интенсивность испарения зависит, прежде всего, от температуры испаряющей поверхности. Кроме того, часть молекул, оторвавшихся от поверхности воды и находящихся в воздухе, в процессе своего движения может снова попасть в воду.

Фактически наблюдаемое испарение представляет собой разность между количеством молекул, вылетающих с испаряющей поверхности, и количеством молекул, обратно на нее падающих. Если количество молекул, переходящих из воздуха в жидкость, окажется больше, чем количество молекул, вылетающих из жидкости в воздух, происходит процесс *конденсации*.

Как всякий газ, водяной пар обладает известной упругостью. С увеличением содержания в воздухе водяного пара упругость его возрастает и, наконец, достигает некоторого значения, при котором пар насыщает пространство. Упругость водяного пара, насыщающего пространство, зависит от его температуры, с повышением которой она быстро возрастает.

*Испарение зависит от разности между упругостью водяного пара, насыщающего пространство при температуре испаряющей поверхности, и упругостью водяного пара, фактически находящегося в воздухе.* При полном насыщении водяным паром расположенного над испаряющей поверхностью воздуха установится подвижное равновесие между числом молекул воды, переходящих в воздух и из воздуха на испаряющую поверхность, т.е. в этих условиях испарение прекратится.

Таким образом, основными факторами, определяющими испарение с водной поверхности в естественных условиях, является разность упругость водяного пара и интенсивность турбулентного перемешивания, характеризуемая величиной коэффициента обмена. В эмпирических формулах, служащих для расчета испарения в естественных условиях, в качестве характеристики степени турбулентного перемешивания принимается скорость ветра.

Водяной пар вместе с массами воздуха переносится как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. В воздухе может быть большее или меньшее количество водяного пара, или, как говорят, воздух может иметь различную влажность. Количество водяного пара (в граммах), содержащегося в одном кубическом метре воздуха, называется **абсолютной влажностью**.

Весьма часто абсолютную влажность воздуха определяют упругость водяного пара (в миллибарах или в миллиметрах ртутного столба), находящегося в данный момент в воздухе. При данной температуре упругость водяного пара не может превышать некоторого максимального значения, после чего начинается его конденсация.

Степень насыщенности воздуха водяным паром может быть охарактеризована дефицитом влажности. **Дефицит влажности** – это разность между количеством водяного пара, насыщающим воздух при данной температуре, и количеством водяного пара, фактически находящимся в воздухе.

**Испарение с поверхности почвы и транспирация растений.** Испарение с поверхности почвы и растительным покровом протекает значительно сложнее. Величина испарения с поверхности почвы определяется не только разностью упругостью водяного пара и коэффициентом обмена, но и количеством влаги, находящейся в почве, и особенностями строения почвы. Еще более сложным является физиологическое испарение растительности, связанное с процессами ее жизнедеятельности, или так называемая **транспирация**.

Процесс транспирация состоит в том, что каждое растение забирает своей корневой системой из почвы воду с растворенными в ней питательными веществами, а затем вода, попавшая в корневую систему, движется дальше и, достигая поверхности листьев, испаряется. Отношение количества воды, испаряемой растением за какой-либо период, в граммах к количеству граммов прироста сухого вещества за тот же период называют **транспирационным коэффициентом**.

Испарение с поверхности почвы и транспирация при достаточном (оптимальном) увлажнении почвы целиком определяется метеорологическими условиями и в первую очередь суточным ходом интенсивности солнечного сияния и суточным ходом ветра. С увеличением продолжительности солнечного сияния испарение возрастает как с водной поверхности, так и с луга.

Большая зависимость транспирации от солнечной радиации определяет и четко выражает ее суточный ход. Правильный суточный ход транспирации и испарения с почвы наблюдается только в дни с безоблачной погодой или со сплошной облачностью, когда имеет место правильный ход метеорологических элементов. Испарение с почвы зависит от

глубины залегания грунтовых вод. Транспирация лесной растительностью зависит от возраста и породы деревьев

**Испарение с поверхности снега и льда.** В том случае, когда упругость пара в воздухе над снегом или льдом меньше, чем упругость пара, насыщающего пространство при температуре испаряющей поверхности, испарение происходит также с поверхности снега и льда. Испарение с поверхности снега и льда или переход воды из твердого состояния в газообразное, называют *возгонкой*, а конденсацию на поверхности снега и льда – *сублимацией*.

Направление переноса водяного пара (испарение или конденсация) определяется знаком разности между упругостью водяного пара, устанавливаемой по температуре поверхности снега, и абсолютной влажностью воздуха. В период снеготаяния температура поверхности снега равна нулю, следовательно, максимальная упругость водяного пара по температуре поверхности снега остается неизменной. В этих условиях знак разности определяется абсолютной влажностью воздуха, которая в свою очередь может оценена через температуру и относительную влажность воздуха.

**Методы определения величины испарения.** Для определения величины испарения могут быть использованы следующие методы: *а) испарителей, б) водного баланса, в) турбулентной диффузии, г) теплового баланса.*

**Метод испарителей** является относительно менее сложным и поэтому имеет наибольшее распространение на сети гидрометеорологических станции. Наблюдения над испарением с водной поверхности с помощью испарителей организуются или для изучения испарения в различных физико – географических условиях или для получения величин испарения с какого – либо конкретного водного объекта. В первом случае наблюдения над испарением производятся на наземных испарительных площадках, во втором – на плавучих испарительных установках. По принятой классификации испарительные площадки делятся на I, II и III разряды, различающиеся между собой как по задачам, так и по составу проводящихся на них наблюдений.

На *испарительных площадках I разряда* проводится изучение процесса испарения, разработка методов наблюдений и испытание приборов для изучения процессов испарения. На них устанавливаются испарительные бассейны площадью 100 и 20 м<sup>2</sup>.

*Испарительные площадки II разряда* устраиваются для получения величин испарения с водной поверхности в типичных физико-географических районах. Основными установками на площадке II разряда являются: испарительный бассейн (площадью 20 м<sup>2</sup>), испаритель ГГИ-300 (площадью поверхности 3000 см<sup>2</sup>) с наземным дождемером (площадью 3000 см<sup>2</sup>).

*Испарительные площадки III разряда* являются вспомогательными и имеют своей задачей освещение условий испарения в отдельных частях района расположения испарительной площадки II разряда.

Определение испарения с использованием *метода водного баланса* сводится к нахождению величины испарения по разности между приходными и расходными членами уравнения водного баланса. Определения испарения с водной поверхности *E<sub>в</sub>* *методом водного баланса* используется следующим образом: для какого-либо водоема учитывается поверхностный приток (*y<sub>1</sub>*) и сток (*y<sub>2</sub>*), осадки на поверхность зеркала водоема (*x*), расход воды на фильтрацию в ложе водоема (*ω<sub>1</sub>*) или, наоборот, приток подземных вод (*ω<sub>2</sub>*), а также изменение уровня воды в водоеме за рассматриваемый интервал времени (*±ΔH*). Сопоставляя приходную и расходную части водного баланса, можно по разности между ними оценить величину испарения по следующим формулам:

$$E_{в} = x + y_1 + \omega_1 - y_2 \pm \Delta H$$

При определении испарения почвы методом водного баланса необходима осуществить учет изменения запасов влаги в почве, осадков, поверхностного стока и

влагообмена рассматриваемого слоя почвы с нижележащими слоями. В этом случае уравнение баланса примет вид

$$E_{\omega} = (\omega_1^{(z)} - \omega_2^{(z)}) + x - y - s$$

здесь  $E_{\omega}$  – суммарное испарение за рассматриваемый период,  $\omega_1^{(z)}$  и  $\omega_2^{(z)}$  – влагосодержание слоя почвы мощностью  $z$  соответственно в начале и конце периода,  $x$  – сумма осадков,  $y$  – поверхностный сток,  $s$  – влагообмен с нижележащими слоями почвы за тот период.

Для расчета испарения с водной поверхности применяются эмпирические формулы. Одной из таких эмпирических формул является предложенным Б.Д.Зайковым, имеющая вид.

$$E = 0,14 \cdot n (1 + 0,72 v_{200}) \cdot (e_0 - e_{200}) \text{ мм / месяц}$$

где  $n$  – число дней в месяце,  $v_{200}$  – скорость ветра на высоте 200 см,  $e_0$  – максимальная упругость пара,  $e_{200}$  – абсолютная влажность воздуха на высоте 200 см.

**Метод турбулентной диффузии** основан на определении вертикального потока водяного пара в приземном слое атмосферы путем измерения градиентов метеорологических элементов в этом слое.

Расчетная формула этого метода имеет вид

$$E_d = \alpha \cdot K_1 \cdot \Delta e \text{ мм/час.}$$

Здесь  $E_d$  – интенсивность испарения, или поток водяного пара;  $\Delta e$  – разность между значениями абсолютной влажности на двух уровнях  $Z_1$  и  $Z_2$ ;  $K_1$  – коэффициент турбулентного обмена на высоте 1 м;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от высот  $Z_1$  и  $Z_2$  и от размерностей  $\Delta e$  и  $K_1$ .

Для определения величины коэффициента обмена требуется найти разности скорости ветра  $\Delta v$  и температуры воздуха  $\Delta t$  на двух уровнях. Таким образом, для использования метода турбулентной диффузии необходимо измерить как минимум 5 величин:  $\Delta v$ ,  $\Delta t$ ,  $\Delta e$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$ . Существенным недостатком этого метода является весьма большая трудоемкость как самих наблюдений, так и их обработки.

**Метод теплового баланса** основан на уравнении теплового баланса деятельной поверхности. Расчетная формула для определения испарения этим методом имеет следующий вид:

$$E_T = \frac{R - B}{1 + 0,64 \frac{\Delta t}{\Delta}} \text{ мм / час}$$

здесь  $R$  – радиационный баланс в  $\text{кал/см}^2 \text{ мин}$ , равный поглощенной радиации минус эффективное излучение почв;  $B$  – тепловой поток в почву в  $\text{кал/см}^2 \text{ мин}$ ;  $\Delta e$  – разность абсолютной влажности воздуха на двух высотах в миллибарах;  $\Delta t$  – разность температуры воздуха на тех же высотах.

В отличие от диффузионного метода, здесь не надо учитывать коэффициент турбулентного перемешивания, а следовательно, и скорость ветра, однако нужны данные радиационного баланса и теплообмена в почве.

## 6 - ЛЕКЦИЯ РЕЧНАЯ СИСТЕМА И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- План:** 1. Речная система;  
2. Морфология и морфометрия реки и её бассейна;  
2.1. Водосбор и бассейн реки.

- 2.2. Морфометрические характеристики бассейна реки
3. Река и речная сеть
4. Долина и русло реки

### **Речная система**

**Река** - это водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное сформированное самим потоком русло. Реки типизируют по различным признакам, например по размеру, условиям протекания, источникам питания, водному режиму, степени устойчивости русла, ледовому режиму и т.д.

**По размеру реки подразделяют** на большие, средние и малые. К большим обычно относят реки с площадью бассейна более 50000 км<sup>2</sup>, к средним — с площадью бассейна в пределах 2000 - 50000 км<sup>2</sup>, к малым - с площадью бассейна менее 2000 км<sup>2</sup>. Нижняя граница площади бассейна (50 км<sup>2</sup>), отделяющая малые реки от ручьев,— весьма условна.

Большая река обычно имеет бассейн, расположенный в нескольких географических зонах. Гидрологический режим большой реки в целом не свойствен рекам каждой географической зоны в отдельности и поэтому полизонален. Средняя река обычно имеет бассейн в пределах одной географической зоны. Гидрологический режим средней реки характерен для большинства рек данной географической зоны и поэтому зонален.

Малая река также имеет бассейн, расположенный в пределах одной какой-либо географической зоны, но ее гидрологический режим под влиянием местных условий может существенно отличаться от режима, свойственного большинству рек данной географической зоны, и стать, таким образом, азональным. Малые реки, в отличие от средних и больших, могут не полностью дренировать грунтовые воды, что также определяет отличие их режима от режима, свойственного более крупным рекам данной географической зоны.

**По условиям протекания реки** подразделяют на равнинные, полугорные и горные. К равнинным рекам условно относят реки с величинами числа Фруда менее 0,1; к полугорным с числами Фруда в пределах 0,1 —1,0; к горным — с числами Фруда более 1,0. Таким образом, у равнинных и полугорных рек наблюдается спокойный характер движения воды, у горных — бурный.

**По источникам (видам) питания реки** подразделяют на различ\* ные типы в зависимости от вклада снегового, дождевого, ледникового и подземного питания в формирование речного стока.

**По водному режиму**, т.е. характеру внутригодового распределения стока, выделяют реки с весенним половодьем, с половодьем в теплую часть года, с паводочным режимом.

**По степени устойчивости русла** можно выделить, например, реки устойчивые и неустойчивые, а по **ледовому режиму** — реки замерзающие и незамерзающие.

### **Морфология и морфометрия реки и её бассейна**

**Водосбор и бассейн реки.** *Следует различать водосбор и бассейн рек.* Водосбор реки - это часть земной поверхности и толщи почв и грунтов, откуда данная река получает свое питание. *Поскольку питание рек может быть поверхностным и подземным*, различают поверхностный и подземный водосборы, которые могут не совпадать (рис. 6.1). Бассейн реки - это часть суши, включающая данную речную систему и ограниченная водоразделом.

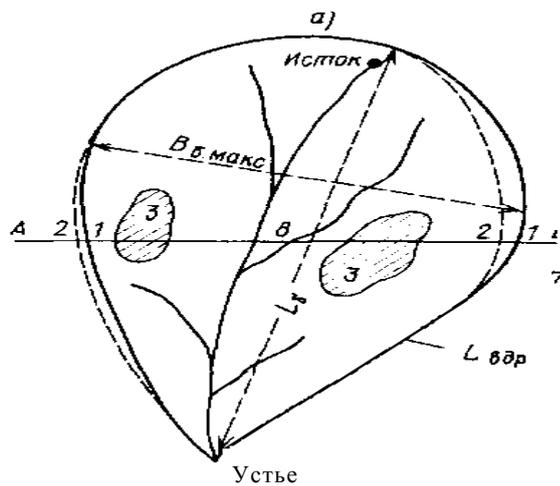


Рис. - 6.1. Схема бассейна и водосбора реки в плане

Обычно водосбор и бассейн реки совпадают. Однако нередки случаи и их несовпадения. Так, если в пределах речного бассейна часть территории оказывается бессточной, то она, оставаясь частью бассейна, в состав водосбора реки не входит (см. рис. 6.1). Такие случаи весьма характерны для засушливых районов с плоским рельефом. Несовпадение границ бассейна, выделяемых по орографическому водоразделу, и границ водосбора может быть и в тех случаях, когда границы поверхностного и подземного водосборов не совпадают, т.е. когда часть подземного стока либо поступает из-за пределов данного бассейна, либо уходит за его пределы.

Бассейны (водосборы) рек, впадающих в один и тот же приемный водоем (озеро, море, океан), объединяются соответственно в бассейны (водосборы) озер, морей, океанов. Выделяют *главный водораздел земного шара*, который разделяет бассейны рек, впадающих в Тихий и Индийский океаны, с одной стороны, и бассейны рек, впадающих в Атлантический и Северный Ледовитый океаны - с другой. Кроме того, делят *бессточные области земного шара*, откуда находящиеся там реки не доносят воду до Мирового океана. К таким бессточным областям относятся, например, бассейны Каспийского и Аральского морей, включающие бассейны таких крупных рек, как Волга, Урал, Терек, Кура, Амударья, Сырдарья.

**Морфометрические характеристики бассейна реки.** Основными морфометрическими характеристиками речного бассейна служат: площадь бассейна -  $F$ ; длина бассейна -  $L_b$ , обычно определяемая как прямая, соединяющая устье реки и точку на водоразделе, прилегающую к истоку реки; максимальная ширина бассейна  $V_{\text{макс}}$  которая определяется по прямой, нормальной к оси бассейна в наиболее широкой его части; средняя ширина бассейна вычисляемая по формуле

$$V_{\text{ср}} = L_b / F \quad (6.1)$$

Важной характеристикой бассейна служит распределение площади бассейна по высотам местности, представленное *гипсографической кривой* (рис. 6.2), *показывающей, какая часть площади бассейна (в км<sup>2</sup> или %) расположена выше любой заданной отметки местности.*

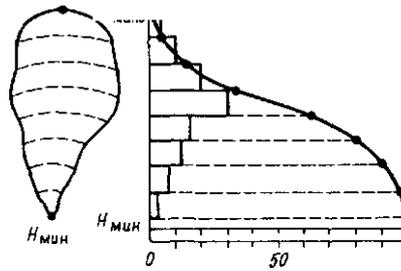


Рис. 6.2. Распределение площади бассейна по высотам и гипсографическая кривая

С помощью гипсографической кривой можно рассчитать такую важную характеристику, как *средняя высота бассейна*. Для этого площадь фигуры  $F'$  на рис. 6.2, ограниченной гипсографической кривой и осями координат, делят на площадь бассейна  $F$ . Среднюю высоту бассейна можно определить и без гипсографической кривой по формуле:

где  $H_i$  — средняя высота любых высотных интервалов в пределах бассейна, вычисляемая как среднее из отметок, ограничивающих эти интервалы горизонталей (изогипс),  $f_i$  — площадь части бассейна между этими горизонталями,  $F$  — полная площадь бассейна,  $n$  — число высотных интервалов.

**Река и речная сеть.** Совокупность водотоков (рек, ручьев, временных водотоков, каналов), водоемов (озер, водохранилищ) и особых водных объектов (болот, ледников) в пределах речного бассейна составляет гидрографическую сеть бассейна. Совокупность естественных и искусственных водотоков называют русловой сетью.

Частью гидрографической (и русловой) сети является **речная сеть**. **Речную систему** составляют **главная река**, впадающая в приемный водоем (океан, море, бессточное озеро), и все впадающие в нее *притоки* различного порядка. В качестве главной реки в разных случаях считают либо наиболее длинную реку в бассейне (Волга длиннее более полноводного притока Камы), либо наиболее многоводную реку (Миссисипи при слиянии с более длинной Миссури).

**Длина реки  $L$**  — это расстояние вдоль русла, между истоком и устьем реки. Длины рек обычно определяют по крупномасштабным картам или аэрофотоснимкам (расстояния измеряют по геометрической оси русла или по фарватеру). При определении длины рек по мелкомасштабным картам должны вводиться поправки на масштаб и извилистость русла: чем мельче масштаб карты и больше извилистость реки, тем больше ошибки при расчете длин рек.

**Исток** — мест, начала реки (выход из озера, болота, ледника, родника и т.д.), **устье** (точнее — устьевой створ) — место непосредственного впадения реки в приемный водоем (океан, море, озеро) или другую реку.

Отношение длины участка реки  $L_i$  к длине прямой, соединяющей концы этого участка, называется **коэффициентом извилистости реки** на данном участке:

$$K_{изв,i} = L_i / I_j.$$

Сумма длин всех рек в пределах бассейна или какой-либо территории дает *протяженность речной сети*. Отношение протяженности речной сети к площади

бассейна характеризует *густоту речной сети бассейна* или *территории* имеющую размерность км/км<sup>2</sup>.

**Долина и русло реки.** Речные долины по происхождению могут быть тектоническими, ледниковыми и эрозионными.

По *форме поперечного профиля* речные долины подразделяют на *теснины, ущелья, каньоны, V-образные, трапецеидальные, ящико-образные, корытообразные* и др. В поперечном профиле долины выделяют *склоны долины* (вместе с уступом долины и надпойменными террасами) и *дно долины*. В пределах дна (ложа) долины находится *русло реки* (наиболее низкая часть долины, занятая водным потоком в межень) и *пойма* (заливаемая водами половодья или значительных паводков часть речной долины).

Русла рек по форме в плане *подразделяются* на *прямолинейные, извилистые (меандрирующие)*, разделенные на *рукава, разбросанные (блуждающие)*.

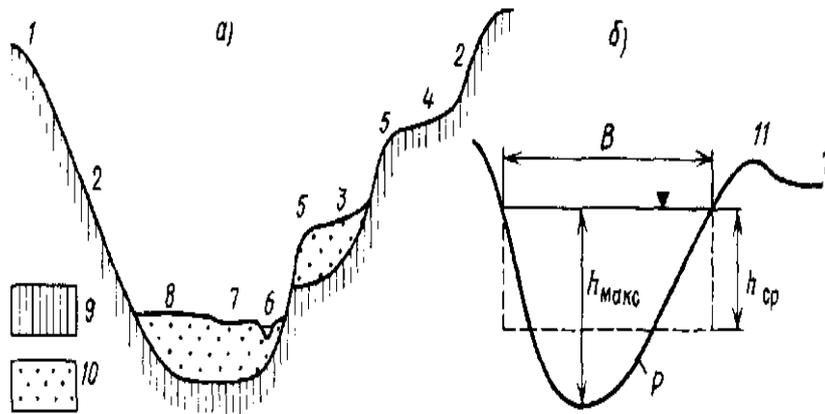


Рис. 6.3. Поперечный профиль долины

а и русла реки б: 1—бровка долины (коренного берега), 2 уступ коренного берега, 3—  
1 надпойменная терраса, 4 — 11 надпойменная терраса (эрозионная), 5—  
бровка террасы, 6 — русло реки, 7 — низкая пойма, 8 — высокая пойма, 9 —  
коренные породы. 10 — аллювиальные отложения, 11 — прирусловой вал

Основные морфологические элементы русла следующие: *излучины (меандры)*, затапливаемые подвижные повышения дна — *осе-редки* и более высокие, более стабильные и закрепленные растительностью *острова*, глубокие и мелкие участки русла — *плесы и перекаты*, *донные гряды* различного размера.

Полоса в русле реки с глубинами, наиболее благоприятными для судоходства, называется *фарватером*. Иногда помимо фарватера выделяют *линию наибольших глубин*. Линии на дне речного русла, соединяющие точки с одинаковыми глубинами, называют *изобатами*.

Основными морфометрическими характеристиками речного русла (рис. 6.3, б) являются *площадь поперечного сечения*  $\omega$ , *ширина русла*  $B$  между урезами русла при заданном его наполнении, *максимальная глубина русла*  $h$ , *макс- Средняя глубина русла*  $h_{cp}$  в данном поперечном сечении вычисляется по формуле

$$h_{cp} = \omega / B$$

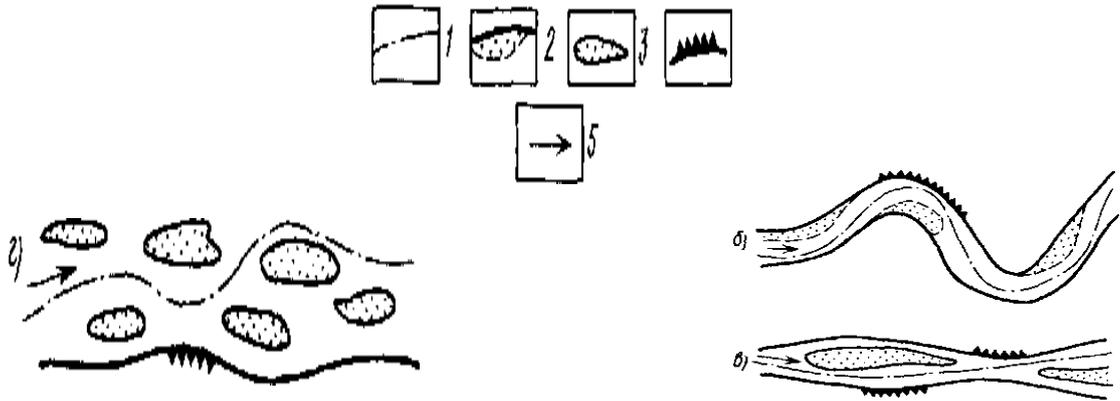


Рис. 6.4. Типы речных русел: *а* — прямолинейное, *б* — извилистое, *в* — разделенное на рукава, *г* — разбросанное; 1 — линия наибольших глубин, 2 — отмель, 3 — осередок или остров, 4 — размываемый участок берега, 5 — направление течения

**Продольный профиль реки.** *Продольный профиль реки — это график изменения отметок дна и водной поверхности вдоль русла.* На горизонтальной оси графика откладывают расстояние по длине реки, на вертикальной — абсолютные или условные отметки дна (обычно по линии наибольших глубин) и уровня воды. Для продольных расстояний и высот обычно берут разные масштабы.

Разность отметок дна или водной поверхности реки на каком-либо ее участке называется падением ( $\Delta H$ ). Разность отметок истока и устья реки составляет полное падение реки.

И связи с тем, что у рек глубины обычно несоизмеримо меньше полного падения, графики изменения отметок дна и водной поверхности для всей реки сливаются в одну линию (рис. 6.5, *а*).

*Продольные профили рек могут быть плавновогнутыми, прямолинейными, выпуклыми, ступенчатыми* (см. рис. 6.5, *а*). Характер Продольного профиля определяется геологическим строением и рельефом речного бассейна, а также эрозионно-аккумулятивной деятельностью самого потока

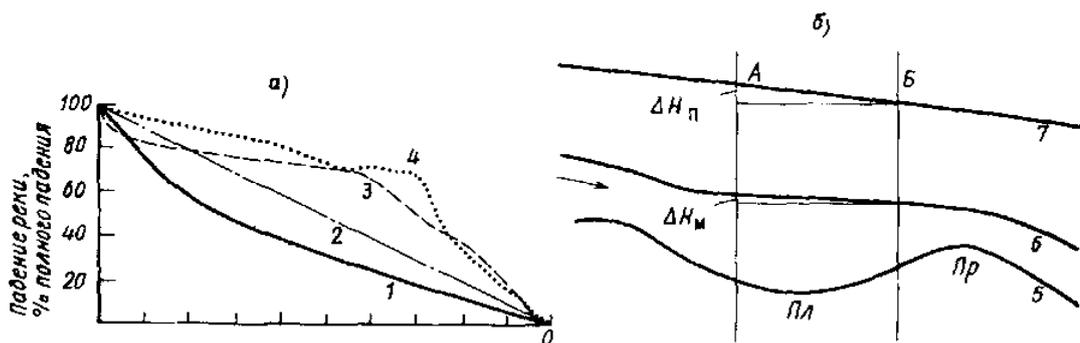


Рис. 6.5. Продольные профили реки *а* и ее участка *б*; 1 — плавновогнутый (р. Вахш), 2 — прямолинейный (р. Зеравшан), 3 — выпуклый (р. Гуит), 4 — ступенчатый (р. Бартанг), 5 — дно реки, 6 — водная поверхность в межень, 7 — водная поверхность в половодье, — падение между створами Л и 5 в межень.

Ляп — в половодье, Пя — плес, Пр — пережат

Перегибы продольного профиля обычно приурочены к местам впадения притоков (ниже их профиль, как правило, выполаживается), а также к местным базисам эрозии, в качестве которых могут быть главная река для притока, пороги,

водопады, проточные озера, водохранилища и др. Уровень приемного водоема (океана, моря, бессточного озера), куда впадает река, называют *главным базисом эрозии*.

Весьма характерен продольный профиль реки на коротком ее участке, включающем плесы и перекаты (рис. 6.5, б). В этом случае продольный профиль строят отдельно для дна и водной поверхности реки. Из данных рис. 6.5, б видно, как изменяется продольный профиль водной поверхности с изменением уровня воды в реке. При низких уровнях (в межень) продольный профиль водной поверхности более крутой на перекатах и более пологий на плесах. При высоких уровнях (в половодье) продольный профиль обычно выравнивается или даже становится на плесах более крутым, чем на перекатах.

Для характеристики крутизны продольного профиля рек используют понятие *уклон реки* (отдельно для дна и водной поверхности). Уклон реки вычисляют по формуле

$$I = \Delta H_i / L_i$$

где  $\Delta H_i$ ,- — падение,  $L_i$ , — длина реки на участке. Длина измеряется вдоль русла, и поэтому  $I$  представляет собой не тангенс, а синус угла наклона русла к горизонту. Величина  $I$  для водной поверхности реки всегда положительна, а для дна (в этом случае вместо  $I$  обычно пишут  $I_0$ ) может на некоторых участках принимать и отрицательные значения, например в месте резкого уменьшения глубин на перекате. Уклон реки  $I$  — величина относительная,

## 7 - ЛЕКЦИЯ ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК

- План:**
1. Виды колебаний водности рек.
  2. Фазы водного режима рек. Половодье, паводки, межень.
  3. Типовой гидрограф реки. Расчленение гидрографа по видам питания
  4. Классификация рек по водному режиму.

### Виды колебаний водности рек

Под водным режимом рек понимают закономерные изменения стока, скорости течения, уровней воды и уклонов водной поверхности, прежде всего во времени, но также и вдоль реки.

Водный режим рек зависит от комплекса физико-географических факторов, среди которых важнейшая роль принадлежит факторам метеорологическим и климатическим. Поскольку эти факторы на Земле подвержены целой гамме разнопериодных изменений, в водном режиме рек (как, впрочем, и других объектов гидросферы, о чем речь шла во Введении) также проявляются колебания различной длительности. При этом у каждой **конкретной реки** изменяется *водность*, т. е. относительная величина речного стока за тот или иной период по сравнению со средним стоком этой же реки за многолетний период или за другие периоды. Водность реки следует отличать от ее *водоносности*, т. е. абсолютной средней многолетней величины стока реки (эта характеристика применяется для сравнения стока **разных рек**).

В водном режиме и водности рек выделяют прежде всего вековые, многолетние, внутригодовые (сезонные) и кратковременные колебания.

**Вековые колебания водности рек** отражают вековые изменения климатических условий и увлажнения материков с периодом сотни и тысячи лет. О существовании вековых колебаний атмосферных осадков — основного фактора речного стока —

свидетельствует, например, рис. 4.5. О вековых колебаниях водности рек известно мало, хотя палеогеографические исследования и свидетельствуют о том, что в истории различных регионов планеты были периоды, когда водность рек была существенно больше, чем сейчас.

**Многолетние колебания водности рек** также имеют в основном метеорологическую природу. Периодичность таких колебаний — десятки лет. О многолетних изменениях водности за последние 50 -100 лет известно значительно больше, чем о вековых колебаниях. Данные непосредственных наблюдений свидетельствуют о том, что многолетним колебаниям подвержен и суммарный сток всех рек земного шара и сток отдельных рек.

При анализе многолетних колебаний водности рек следует различать *естественную и антропогенную изменчивость*. Первая из них обусловлена лишь метеорологическими факторами, вторая — искусственным изменением стока (забором вод на хозяйственные нужды, безвозвратными потерями стока, сопутствующими преобразованию режима рек, например, созданию водохранилищ).

**Внутригодовые (сезонные) колебания водности рек** обусловлены сезонными изменениями составляющих водного баланса **речного бассейна**. В течение года реки, находящиеся в разных географических поясах, испытывают различные чередования многоводных и маловодных периодов.

**Кратковременные колебания водности рек** могут быть прежде всего естественными и обусловленными как метеорологическими факторами (ливневые дожди, колебания температуры воздуха в ледниковых районах), так и геологическими процессами (спуск вод ледниковых озер в результате прорыва морен на реках с ледниковым питанием, запруживание рек в результате горных обвалов и др

### **Фазы водного режима рек. Половодье, паводки, межень**

Во внутригодовом (сезонном) режиме рек выделяют ряд характерных периодов (фаз) в зависимости от изменения условий питания и особенностей водного режима. Для большинства рек мира различают следующие *фазы водного режима*: половодье, паводки, межень.

**Половодье** — это фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон и характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и продолжительным подъемом уровня воды. Половодье часто сопровождается выходом воды на пойму. Половодье формируется как талыми снеговыми, так и дождевыми водами. Таяние снега на равнинах вызывает *весеннее половодье*, таяние высокогорных снегов и ледников, а также выпадение длительных и сильных летних дождей (например, в условиях муссонного и тропического климата) - *половодье в теплую часть года* (т. е. *весенне-летнее* или *летнее половодье*). Половодье, особенно обусловленное дождями, нередко имеет многовершинную форму.

**Паводок** — это фаза водного режима, которая может многократно повторяться в различные сезоны года и характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей. В отдельных случаях расход воды паводка может превышать расход воды половодья, в особенности на малых реках. Различают однопиковые и многопиковые паводки, одиночные паводки и паводочные периоды, когда на реке проходят серии паводков. Иногда паводок накладывается на волну половодья. Кратковременные резкие паводки, в частности вызванные не метеорологическими факторами, относят уже не к сезонным фазам режима реки, а к кратковременным его нарушениям.

**Межень** — это фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня и

*возникающая вследствие уменьшения питания реки.* В межень реки обычно питаются только за счет подземных вод. На многих реках СССР выделяют два периода пониженного стока — *летнюю и зимнюю межень*. В зоне избыточного и достаточного увлажнения реки обычно имеют устойчивое грунтовое питание, обеспечивающее достаточно высокий сток летней межени. Зимой же малые реки в этих зонах могут иногда промерзнуть до дна. Сток у таких рек в зимнюю межень ниже, чем в летнюю. В зоне недостаточного увлажнения, наоборот, реки в летнюю межень обычно имеют меньший сток, чем в зимнюю межень. Малые реки в этой зоне в летнюю межень могут даже пересыхать.

### **Классификация рек по водному режиму**

Вопросами классификации рек по водному режиму занимались многие исследователи. Классификации рек по видам питания А. И. Войкова и М. И. Львовича являются, по существу, также классификациями рек и по водному режиму, П. С. Кузин предложил свою *классификацию рек с учетом характера их питания и водного режима*. Все реки им подразделены на три типа: с половодьем (снеговое питание), с половодьем и паводками (снеговое и дождевое питание), с паводками (дождевое питание). Заметим, что, по П. С. Кузину, половодье может быть лишь снегового происхождения. Внутри упомянутых трех типов выделены еще 14 подтипов.

Широко распространена довольно простая *классификация рек по водному режиму* Б. Д. Зайкова. В этой классификации все реки СНГ (исключая искусственно или естественно сильно зарегулированные) разделены на три большие группы; с весенним половодьем, с половодьем в теплую часть года и с паводочным режимом. У рек первой и второй групп ежегодно наблюдаются повышенные расходы воды, приуроченные, соответственно, к весне или к теплой части года. В остальную часть года наблюдаются межень и отдельные, случайные паводки. У рек третьей группы отмечаются паводки, носящие систематический характер.

*Реки с весенним половодьем*, обусловленным таянием снежного покрова, наиболее распространены на территории СНГ. Реки этой группы подразделены Зайковым на пять типов. У *рек казахстанского типа* наблюдается исключительно резкая и высокая волна половодья, а в остальную часть года сток бывает очень мал, вплоть до полного пересыхания рек. *Реки восточноевропейского типа* характеризуются высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью, несколько повышенным стоком осенью. *Реки западносибирского типа* имеют невысокое растянутое весеннее половодье и повышенный летне-осенний сток. У *рек восточносибирского типа* наблюдается высокое половодье, летне-осенние паводки и низкая зимняя межень. Для *рек алтайского типа*, характерны невысокое растянутое весеннее половодье, повышенный летний сток и низкая зимняя межень.

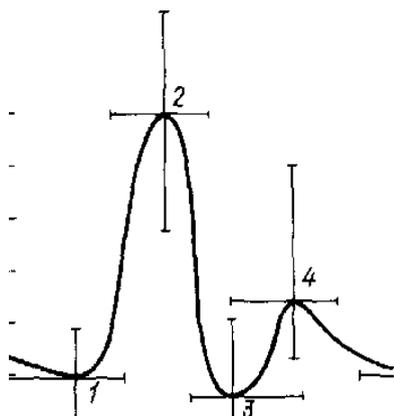
*Реки с половодьем в теплую часть года* встречаются на Дальнем Востоке и в высокогорных областях Средней Азии и Кавказа. Реки этой группы подразделяются на два типа. Для *рек дальневосточного типа*, характерны невысокое, растянутое, имеющее гребенчатый вид летнее дождевое половодье и низкий сток в холодную часть года. *Реки Тяньшанского типа* также имеют летнее половодье (только в этом случае оно обусловлено таянием ледников и высокогорных снегов); зимний сток выше, чем у рек предыдущего типа.

*Реки с паводочным режимом* протекают в горных и предгорных районах Крыма, Кавказа, Карпат. Питание у рек этой группы в основном дождевое. Среди этих рек выделяют три типа. *Реки причерноморского типа* имеют дождевые паводки в течение всего года. У *рек крымского типа* отмечаются зимние паводки и длительные летний (июнь — август) или летне-осенний (май — октябрь) периоды с

очень низким стоком (вплоть до полного пересыхания). Для рек северокавказского типа характерны паводки в теплую и низкая межень в холодную части года.

### Типовой гидрограф реки. Расчленение гидрографа по видам питания

Типовой гидрограф отражает наиболее общие черты внутригодового распределения расходов воды в реке. Типовой гидрограф строят на основе гидрографов за ряд лет. На нем показывают фазы водного режима, типичные для данной реки, и пределы возможных колебаний расхода воды для характерных точек каждой фазы (и по величине и по времени наступления). Пример типового гидрографа показан на рис. - 7.1. Здесь хорошо видны половодье, паводок, зимняя и летняя межень.



На других реках типовой гидрограф может иметь совсем иной вид. На гидрографе Меконга, например, отмечаются лишь две фазы: весенняя межень с минимумом в апреле и летне-осеннее дождевое половодье с максимумом в августе. На типовом гидрографе Дуная выделяются три многоводные и три маловодные фазы.

Количественная оценка доли различных видов питания в формировании стока обычно осуществляется с помощью *графического расчленения гидрографа по видам питания*. В этом случае доля того или иного вида питания определяется пропорционально соответствующим площадям на гидрографе.

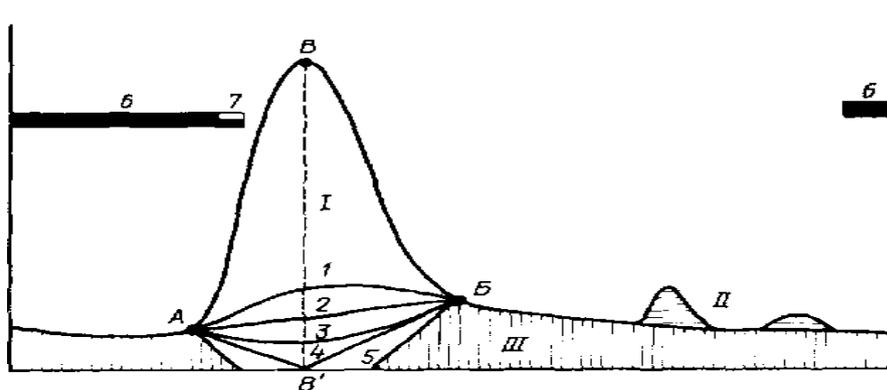


Рис. - 7.2. Схема расчленения гидрографа реки по видам питания:

I — снеговое, II — дождевое, III — подземное; А, Б и й — начало, конец и пик половодья; /—5 — линии, разделяющие снеговое и подземное питание в период половодья при различном характере взаимодействия речных и грунтовых вод (пояснение см. в тексте), б — ледостав, 7 — ледоход

Наибольшие трудности возникают при выделении подземного питания в период половодья или крупных паводков. В зависимости от характера взаимодействия поверхностных и подземных вод Б. В. Поляковым, Б. И. Куделиным, К. В. Воскресенским, М. И. Львовичем, О. В. Поповым и другими исследователями предложен ряд схем расчленения гидрографа. Наиболее общие закономерности следующие. При отсутствии гидравлической связи речных и грунтовых вод, что обычно характерно для горных рек, подземное питание в период половодья или паводка в общих чертах повторяет ход гидрографа, но в более сглаженном виде и с некоторым запаздыванием максимума во времени. При наличии постоянной или временной гидравлической связи речных и грунтовых вод на подъеме половодья в результате подпора рекой грунтовых вод подземное питание уменьшается и достигает минимума при наивысшем уровне воды в реке. При длительном стоянии высоких уровней, что более свойственно крупным рекам, происходит фильтрация речных вод в грунт, а на спаде половодья или в начале межени эти воды возвращаются в реку (береговое регулирование речного стока). На практике при недостатке сведений о взаимосвязи речных и грунтовых вод часто для равнинных рек условно принимают величину подземного питания в момент пика половодья равной нулю. Однако во многих случаях, особенно на малых и средних реках, границу подземного питания на гидрографе проводят просто по прямой линии, соединяющей точки начала и конца половодья. Возникают сложности также при разделении дождевого и снегового питания, особенно в весенний и осенний периоды, разделении снегового, ледникового и дождевого питания на горных реках и т. д. В этих случаях для более надежного расчленения гидрографа по видам питания необходимо привлекать данные о дождевых осадках и температуре воздуха.

## **8 - ЛЕКЦИЯ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РЕК**

- План:** 1. Виды питания рек  
2. Классификация рек по видам питания  
3. Количественная характеристика роли отдельных источников питания  
4. Классификация рек Средней Азии по источникам питания по критерии В.Л. Шульца

### **Виды питания рек**

Речной сток формируется в результате поступления в реки вод атмосферного происхождения; при этом часть атмосферных осадков стекает с реками в океан или бессточные озера, другая часть — испаряется. Однако при единстве атмосферного происхождения в конечном счете всех речных вод непосредственные пути поступления вод в реки могут быть различными. *Выделяют четыре основных вида питания рек: дождевое, снеговое, ледниковое и подземное.* Атмосферное происхождение вод, участвующих в дождевом, снеговом и ледниковом питании рек, очевидно и не требует пояснения. Под- подземное же питание рек, как следует из анализа водного баланса суши и изучения режима подземных вод, также формируется в конечном счете в основном из вод атмосферного происхождения, но прошедших более сложный путь. Лишь в редких случаях можно говорить об участии в подземном питании рек вод не атмосферного, а «ювенильного» происхождения.

Для рек в условиях теплого климата главный вид питания - *дождевое*. Сток таких крупнейших рек мира, как Амазонка, Ганг и Брахмапутра, Меконг,

формируется в основном за счет дождевых вод. Этот вид питания рек в глобальном масштабе является главнейшим. Вторым по важности служит снеговое питание. Его роль весьма велика в питании рек в условиях умеренного климата. Третье место по объему поступающих в реки вод занимает подземное питание (как указывалось в гл. 5, на его долю в среднем приходится около 1/3 (речного стока). Именно подземное питание обуславливает постоянство или большую продолжительность стока реки в течение года. Что и создает в конечном итоге реку. Последнее место по значимости Приходится на ледниковое питание (около 1% стока рек мира).

**Дождевое питание.** Каждый дождь характеризуется слоем выпавших осадков (мм), продолжительностью (мин. ч, сут), интенсивности выпадения (мм/мин, мм/ч) и площадью распространения. В зависимости от этих характеристик *дожди можно, например, подразделить на ливни и обложные дожди.*

**Интенсивность,** площадь распространения, продолжительность и ирсия выпадения дождей определяют многие особенности формирования речного стока и пополнения подземных вод. *Чем больше итенсивность, площ,адь распространения и продолжительность дождя, тем больше (при прочих равных условиях) величина дождевого паводка. Чем больше отношение между площ,адью распространения дождя и площадью бассейна, тем также больше величина возможного паводка.* Катастрофические паводки происходят по этим причинам обычно лишь на малых и средних реках. Пополнение подземных вод, как правило, происходит при длительных дождях. Чем меньше влажность воздуха и суше почва в период выпадения дождя, тем больше затраты воды на испарение и инфильтрацию и тем меньше величина дождевого стока. Наоборот, дожди, вышадающ,ие на влажную почву при пониженной температуре воздуха, дают большую величину дождевого стока. *Таким образом, один и тот же дождь в зависимости от состояния подстилающей поверхности и влажности воздуха может быть в одних случаях стокообразующим, а в других — не давать стока.*

**Снеговое питание.** В умеренных широтах основным источником питания рек служит вода, накапливающаяся в снежном покрове. Снег в зависимости от толщины снежного покрова и плотности (см. формулу 1.5) может при таянии дать разный слой воды. Запасы воды в снеге (величину, очень важную для предсказания объема талого стока) определяют с помощью снегомерных съемок.

Запасы воды в снеге в бассейне зависят от величины зимних осадков, в свою очередь определяемой климатическими условиями. Запасы воды в снежном покрове распределяются по площади бассейна обычно неравномерно — в зависимости от высоты местности, экспозиции склонов, неровностей рельефа, влияния растительного покрова и т. д. Вследствие переноса ветром в понижениях, ложбинах, оврагах обычно за зиму накапливается больше снега, чем на ровной поверхности, много снега накапливается на опушках леса и в местах распространения кустарниковой растительности.

*Следует различать процессы снеготаяния и водоотдачи снежного покрова, т. е. поступления не удерживаемой снегом воды на поверхность почвы.* Снеготаяние начинается после достижения температурой воздуха положительных значений и возникновения положительного теплового баланса на поверхности снега. Водоотдача начинается позже начала снеготаяния и зависит от физических свойств снега — зернистости, капиллярных свойств и т. д. Сток возникает только после начала водоотдачи.

Весеннее снеготаяние подразделяют на три периода: 1) начальный период (снег залегаet сплошным покровом, таяние замедленное, водоотдачи снежного покрова практически нет, сток еще не формируется); 2) период схода основной массы снега (начинается интенсивная водоотдача, возникают проталины, быстро

нарастает величина стока); 3) период окончания таяния (стаивают оставшиеся запасы снега), В течение первого периода стаивает около 30% запасов снега, в течение второго — 50, в течение третьего — 20%. Водоотдача максимальна в течение второго периода (более 80% запасов воды в снеге). В это время снежный покров отдает воду, накопившуюся в снеге как за второй, так и за первый периоды.

*Территорию, где происходит в данный момент таяние снега, называют зоной одновременного снеготаяния.* Эта зона ограничена *фронтом таяния* (линией, отделяющей зону таяния от области, где таяние снега еще не началось) и *тылом таяния* (линией, отделяющей таяния от области, где снег уже сошел). Вся зона одновременного снеготаяния перемещается весной на равнинах в северном полушарии с юга на север, а в горах — вверх вдоль склонов. Скорость распространения тыла таяния на равнинах обычно составляет 40–80 км/сут, иногда достигая 150–200 км/сут.

Важной характеристикой снеготаяния служит его *интенсивность*. Она определяется характером изменения температуры воздуха в весенний период («дружностью весны») и особенностями подстилающей поверхности.

Объем весеннего половодья определяется в основном полным запасом воды в снежном покрове, а нарастание расходов воды в реке — величины максимальных расходов половодья, помимо этого, — интенсивностью снеготаяния и фильтрационными свойствами почвы в период снеготаяния (мерзлая или влажная почва уменьшает фильтрационные потери и увеличивает талый сток).

Расчет таяния снега и оценку его роли в формировании стока проводят различными способами. Простейшие из них основаны на данных об изменении температуры воздуха как главной причины снеготаяния. Так, нередко используют эмпирическую формулу вида

$$h = \alpha \sum T, \quad (6.12)$$

где  $h$  — слой талой воды (мм) за интервал времени  $\Delta t$ ,  $\sum T$  — сумма положительных средних суточных температур воздуха за тот же интервал времени,  $\alpha$  — коэффициент пропорциональности, называемый *коэффициентом стаивания* (это слой талой воды, приходящийся на один градус положительной средней суточной температуры).

Среднее значение коэффициента стаивания  $\alpha$  для открытой местности на территории, лежащей к северу от 55° с. ш., приблизительно равно 5 мм на 1°, для леса она изменяется от 1,5 мм/град для густых хвойных лесов до 3–4 мм/град для лиственных лесов средней густоты.

Кроме того, интенсивность снеготаяния можно определить с помощью *метода теплового баланса*.

**Подземное питание рек.** Оно определяется характером взаимодействия подземных (грунтовых) и речных вод. Этот вопрос подробно рассматривался в разд. 5.6. Напомним, что направленность и интенсивность упомянутого взаимодействия зависят от взаимного положения уровня воды в реке и уровня грунтовых вод (см. рис. 5.8), и в свою очередь зависят от фазы водного режима реки и гидрогеологических условий прилегающих к реке территорий. В случаях постоянной гидравлической связи реки и грунтовых вод с переменным направлением их движения (см. рис. 5.8, б) реки получают подземное питание в течение всего года, кроме пика половодья.

**Ледниковое питание.** Это питание имеют лишь реки, вытекающие из районов с высокогорными ледниками и снежниками. Подробно об этом говорилось в разд. 4.6. Вклад ледникового питания в речной сток тем больше, чем больше доля общей площади бассейна, занятая ледниками (см. рис. 4.6).

## Классификация рек по видам питания

У каждой реки доля отдельных видов питания может быть различной. Определение в каждом конкретном случае вклада различных видов питания в речной сток — задача исключительно сложная. Наиболее точно ее можно решить либо с применением «меченых атомов», т. е. путем радиоактивной «маркировки» вод различного происхождения, либо путем анализа изотопного состава природных вод. Более простой, но приближенный способ выделения различных видов питания — это графическое расчленение гидрографа.

Известный русский климатолог А. И. Воейков был первым, предложившим классификацию рек земного шара по видам питания. *Классификация Воейкова* одновременно была и районированием земного шара по характеру питания рек. Были выделены области, где реки получают питание преимущественно от таяния сезонного снега и ледников; области, где реки получают воду преимущественно от дождей; области, где постоянных водотоков нет.

В настоящее время в СНГ более распространена *классификация рек по источникам, или видам питания, М. И. Львовича*. Для определения степени преобладания того или иного вида питания приняты три градации. Если один из видов питания дает более 80% годового стока реки, следует говорить об **исключительном** значении данного вида питания (другие виды питания не учитываются). Если на долю данного вида питания приходится от 50 до 80% стока, то этому виду питания придается **преимущественное** значение (другие виды питания учитываются лишь, если на их долю приходится больше 10% годового стока). Если же ни один из видов питания не дает больше 50% годового стока, то такое питание называют *смешанным*. Указанные диапазоны градаций (80 и 50%) относятся ко всем видам питания, кроме ледникового. Для ледникового питания соответствующие диапазоны градаций уменьшены до 50 и 25%.

Большая часть рек на территории СНГ имеет преобладающее снеговое питание. Почти исключительно снеговое питание имеют реки Северного Казахстана и Заволжья, Реки дождевого питания занимают южную часть СНГ к востоку от Байкала, а также бассейны Яны и Индигирки, Черноморское побережье Кавказа и Крыма, Северный Кавказ. Ледниковое питание имеют реки на Кавказе и в Средней Азии.

## 9 - ЛЕКЦИЯ ФОРМИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА

- План:**
1. Формирование стока рек и влияние на сток различных факторов.
  2. Количественные характеристики стока воды.
  3. Норм стока.
  4. Годовое и внутригодовое распределение стока.

### Формирование стока рек и влияние на сток различных факторов

Основными факторами, влияющими на речной сток и, в частности, на средний многолетний сток, являются: климат, размеры водосбора, рельеф, гидрогеологическое строение бассейна, почвенный и растительный покров, озерность, заболоченность, а также хозяйственная деятельность в бассейне.

**Влияние климатических факторов.** Согласно уравнению водного баланса для речных бассейнов, которые представляют собой замкнутые системы  $\bar{y} = \bar{y}_{нов} + \bar{y}_{эп} = \bar{x} - \bar{z}$ , средний многолетний сток является функцией средних многолетних осадков и испарения,

или гидрометеорологических компонентов географического ландшафта, отражающих соотношение тепла и влаги, свойственное данной географической зоне.

Аналогичные выводы в этом вопросе были сделаны в конце XIX века известным русским климатологом А.И.Воейковым, который в своих исследованиях отметил, что речной сток является продуктом климата.

Последующие исследования колебаний характеристик климата, уровней озер и стока рек дали дополнительное подтверждение справедливости уравнения водного баланса для многолетнего периода с уточнением его – средний многолетний сток определяется климатическими факторами, а все остальные физико-географические факторы влияют не непосредственно, а через осадки и испарение.

Выводы, сделанные относительно среднего многолетнего стока, нельзя переносить на другие его характеристики. По мере уменьшения единицы времени осреднения стока все больше и заметнее будет проявляться влияние других факторов. Например, на мгновенный максимальный расход воды основное влияние оказывают интенсивность снеготаяния, выпадения дождей и предшествующее увлажнение почво-грунтов. На внутригодовое распределение стока влияет внутригодовое распределение осадков, водопроницаемость почво-грунтов, озерность и др.

**Влияние размеров водосборной площади.** По размерам бассейнов реки обычно относят к большим, средним и малым. С точки зрения формирования водного режима различных водотоков такая классификация является неопределенной.

К.П.Воскресенский предложил классификацию водотоков по гидрологическим признакам. С точки зрения определения нормы годового стока из этой классификации, как уже отмечалось, рассматриваются бассейны, представляющие собой замкнутые, незамкнутые и промежуточные системы, которые характеризуются глубиной вреза русел относительно горизонтов подземных вод и степенью их дренирования.

**Влияние рельефа.** Рельеф речных бассейнов определяется сочетанием форм земной поверхности, высотным их расположением, степенью расчлененности и изрезанности, крутизной и экспозицией склонов, уклонами водотоков. Следовательно, при изучении влияния рельефа на отдельные элементы стока, в частности, на норму годового стока, нельзя отрывать крутизну склонов и уклоны водотоков от высотного положения бассейна, густоты гидрографической сети, экспозиции склонов и простираания долин. Необходимо также учитывать, что с рельефом (в полном смысле этого слова) тесным образом сочетаются климатические и микроклиматические характеристики, определяющие речной сток.

Иногда влияние рельефа на сток рек связывают только с уклонами речной сети и склонов, или со скоростями стекания и временем добега и продолжительностью контакта воды с почвой. Действительно, в бассейнах с крутыми формами рельефа процессы стока проходят интенсивнее, чем при равнинном рельефе. При одинаковых прочих характеристиках фильтрация будет больше в равнинных бассейнах по сравнению с горными.

В замкнутых бассейнах средний многолетний сток (норма стока) которых складывается из поверхностного и грунтового, скорости стекания и время добега теряют свое значение и влияние рельефа в этом смысле не проявляется.

Однако такие элементы рельефа, как высотное положение бассейна, экспозиция склонов относительно преобладающего направления влагоносных воздушных масс и сочетания других форм оказывают на средний многолетний сток не прямое, а косвенное влияние – через осадки и испарение.

С высотой местности уменьшается температура воздуха и суммарное испарение с речных бассейнов. Так как основная роль рельефа выражается в увеличении осадков с высотой местности с одновременным уменьшением испарения и, в результате существенным увеличением стока, то норма годового стока в горных районах отражает, главным образом, вертикальную зональность. В этом легко убедиться на примерах

отдельных горных рек, где каждое повышение рельефа сопровождается сгущением изолиний модулей стока.

Совершенно очевидно, что осадки и испарение не находятся в единой зависимости от высоты бассейнов, а изменения их с высотой определяются, в значительной мере, сочетанием форм рельефа или общими орографическими условиями, включая экспозицию склонов, защищенность их от влагоносных ветров и т.д.

**Влияние почвенного покрова.** Знакомство с почвенной картой мира приводит к выводу, что почвы имеют зональное распределение. Среди ряда факторов, одним из важнейших является климат. Климатические условия влияют на характер и интенсивность выветривания, жизнедеятельность микроорганизмов, влажность и водный режим, растительность. Если учесть еще и другие факторы, принимающие участие в их образовании, то можно сделать вывод, что почвы являются продуктом географического ландшафта и находятся в тесном взаимодействии не только с климатом вообще, но и со средним стоком.

**Влияние леса и других видов растительного покрова.** Вопрос влияния растительного покрова, особенно леса, на режим питания рек имеет большое теоретическое и практическое значение. Влияние леса и других видов растительного покрова на общий режим стока и отдельные его характеристики не менее разнообразно, чем влияние почв и выражается в следующих формах:

1. Растительный покров задерживает часть атмосферных осадков и тем самым увеличивает потери их на испарение;
2. Растительный покров поглощает влагу из почвы и благодаря большой своей испаряющей поверхности расходует ее на испарение (транспирацию);
3. Растительный покров, в особенности лес, затеняет почву и уменьшает ее нагревание и этим способствует уменьшению испарения с почвы;
4. В лесу увеличивается норма осадков;
5. Растительный покров увеличивает шероховатость поверхности бассейнов, уменьшает скорости поверхностного стекания и увеличивает продолжительность контакта воды с почвой и тем самым увеличивает фильтрацию;
6. Растительный покров замедляет процессы снеготаяния и тем самым усиливает фильтрацию;
7. Растительный покров, в особенности лес, меняет структуру и водно-физические свойства почвы и подпочвы, увеличивая их скважность и водопроницаемость (это действие сильно сказывается на тяжелых по механическому составу почвах).

Таким образом, влияние леса и других видов растительного покрова на речной сток выражается в изменении климатических факторов стока, входящих в уравнение водного баланса – осадков и испарения, а также в перераспределении поверхностного и подземного стока, вследствие повышенной скважности и водопроницаемости лесных почв и большей шероховатости поверхности водосборов, покрытых растительностью и лесной подстилкой. Некоторые формы этого влияния действуют на речной сток положительно, другие отрицательно.

**Влияние озер на норму годового стока.** Это влияние выражено наиболее ясно и заключается в уменьшении стока вследствие увеличения испарения с водной поверхности, по сравнению с испарением с суши. В одном и том же климатическом районе при одинаковом испарении с водной поверхности уменьшение нормы годового стока за счет озер, расположенных в пределах речных водосборов, пропорционально площади водной поверхности озер, или относительной озерности.

Уменьшение нормы годового стока хорошо прослеживается в южных засушливых районах, где годовое испарение с водной поверхности достигает 1000 мм, при испарении с суши 150-200 мм. В зонах достаточного и избыточного увлажнения, где испарение с водной поверхности уменьшается до 600-300 мм/год, а испарение с суши увеличивается до 400-200 мм/год, уменьшение годового стока за счет влияния озер незначительно.

При определении нормы годового стока неизученных рек по карте модулей годового стока рекомендуется учитывать дополнительные потери на испарение с водной поверхности, если озера вместе с водохранилищами и прудами составляют более 5% площади речного водосбора. Сток в таких случаях определяется по формуле, вытекающей из уравнения водного баланса

$$M_1 = M(1 - f_{oz}) + \frac{(X - E) \times f_{oz}}{31,5}$$

где  $M_1$  – норма стока расчетной озерной реки  $M$  – норма стока, определенная по карте (л/с·км<sup>2</sup>),  $X$  – норма осадков в бассейне реки (мм),  $E$  – норма испарения с водной поверхности (мм),  $f_{oz}$  – площадь озер в долях от всей площади водосбора (озерность).

В районах с большим распространением озер, где карта нормы годового стока отражает средние потери на испарение с водной поверхности, вместо относительной озерности вводится разность между ней и средней озерностью данного района.

**Влияние антропогенной деятельности на норму стока.** На огромных территориях осуществлены и ежегодно осуществляются комплексы мероприятий, преобразующих естественный режим стока, с целью наиболее благоприятного и рационального использования его теми или иными отраслями народного хозяйства.

По характеру воздействия на сток и гидрологические процессы в бассейнах рек хозяйственные мероприятия можно условно разделить на три группы:

- 1) действующие в прирусловой сети и вызывающие перераспределение стока рек во времени и по территории (регулирование стока путем создания водохранилищ, крупных водозаборов, межбассейновые переброски стока и т.д.);
- 2) изменяющие соотношение между элементами водного баланса в бассейнах рек (агро-лесомелиоративные мероприятия, урбанизация и т.п.);
- 3) смешанные, обуславливающие как регулирование стока и непосредственное изъятие воды из русловой сети, так и преобразование элементов водного баланса на водосборах, решающие комплексные задачи.
- 4) Водоохранилища обеспечивают регулирование естественного, порой весьма неравномерного стока с целью возможного использования речных вод соответственно потребностям заинтересованных в этом отраслей народного хозяйства (энергетика, орошение, промышленное и коммунальное водоснабжение, водный транспорт и пр.).

### **Количественные характеристики стока воды**

Об основных природных и антропогенных факторах, определяющих сток воды, уже много говорилось выше, в частности, когда речь шла о питании рек. Это прежде всего факторы климатические, а также факторы подстилающей поверхности и хозяйственная деятельность человека. Количественные характеристики физико-географических и геологических условий речных бассейнов, влияющих на сток, были рассмотрены выше. Рассмотрим теперь основные количественные характеристики самого стока воды, применяемые в гидрологии: расход воды, объем стока, слой стока, модуль стока, коэффициент стока.

Главнейшая характеристика стока воды реки — это расход воды, т. е. объем воды, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с). Измерениями определяют лишь средний расход воды в данном гидрометрическом створе за время измерения. Процесс измерения расходов воды на реках довольно трудоемок, и поэтому число измерений в течение года обычно ограничено. Для расчета средних суточных величин расхода воды в практической гидрологии обычно используют графики связи уровней, измерение которых трудностей не представляет, и эпизодически измеренных расходов воды. По таким графикам (их называют «кривыми расходов» или графиками  $Q - f(H)$ ) расходы воды могут быть определены по данным об уровнях для любого дня вне зависимости от того,

измерялся в этот день сам расход воды или нет. По полученным таким образом средним суточным расходам воды можно построить гидрограф.

К числу *характерных расходов воды* относят расходы различных фаз водного и ледового режима реки, например максимальные (пиковые) расходы воды половодья и паводков, минимальные расходы воды межени, расходы воды в начале весеннего ледохода и т. д.

Объем стока воды — это объем воды, прошедшей через данное поперечное сечение речного потока за какой-либо интервал времени. *Расход воды поэтому можно считать объемом стока воды за 1 с. Объем стока воды рассчитывают по формуле*

$$W = Q \cdot t, \quad (9.1)$$

где  $W$  — объем стока в  $Q$  — средний расход воды за интервал времени  $t$  ( $Q$  в  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $t$  в с). Для больших рек  $W$  часто удобнее выразить в  $\text{км}^3$  (особенно если речь идет о годовых величинах). В этих условиях применяют формулу

$$W = Q \cdot T / 1000 \quad (9.2)$$

где  $W$  в  $\text{км}^3$ .

В тех случаях, когда интервал времени  $T$  год (в году  $31,54 \cdot 10^6$  с), то вместо формул записывают

$$W = Q \cdot 31,5 \cdot 10^6 T$$

Слой стока — это количество воды, стекающее с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади водосбора:

$$Y = W / F \quad (9.3)$$

Модуль стока воды — это количество воды, стекающее с единицы площади водосбора в единицу времени. *Модуль стока воды обозначают через  $M$  л/(с  $\cdot$  км<sup>2</sup>) и рассчитывают по формуле*

$$M = Q \cdot 1000 / F \quad (9.4)$$

Коэффициент стока — отношение величины (объема или слоя) стока к количеству выпавших на площадь водосбора атмосферных осадков, обусловивших возникновение стока:

$$a = Y / X \quad (9.5)$$

Приведем пример расчета характеристик стока воды. Средний многолетний годовой расход воды Волги у г. Астрахани после ее зарегулирования (1956—1974) составил  $7400 \text{ м}^3/\text{с}$ . Площадь бассейна Волги  $F = 360\,000 \text{ км}^2$  осадки на поверхность бассейна в среднем равны  $X = 657 \text{ мм}$  в год. По формуле (9.2) рассчитываем средний многолетний объем стока воды: он равен  $233 \text{ км}^3$  в год. Средние многолетние годовые величины слоя стока и модуля стока определим по формулам (9.3) и (9.4): они составят соответственно  $171 \text{ мм}$  и  $5,4 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ . Коэффициент стока, рассчитанный по формуле (9.5), равен  $0,26$ .

## 10 – ЛЕКЦИЯ

### РЕЧНЫЕ НАНОСЫ И СТОК РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

- План: 1. Происхождение, характеристики и классификация речных наносов  
 2. Движение влекомых наносов  
 3. Движение взвешенных наносов  
 4. Сток наносов

#### Происхождение, характеристики и классификация речных наносов

Главными источниками поступления наносов в реки служат поверхность водосборов, подвергающаяся эрозии в период дождей и снеготаяния, и сами русла рек, размываемые речным потоком. Эрозия водосборов — процесс очень сложный, зависящий как от эродирующей способности стекающих по его поверхности дождевых и талых вод, так и от противоэрозионной устойчивости почв и грунтов водосбора. Эрозия поверхности водосборов (и поступление ее продуктов в реки) обычно тем больше, чем сильнее дожди и интенсивнее снеготаяние, чем больше неровности рельефа, рыхлее грунты (наиболее легко подвергаются эрозии лёссовые грунты), менее развит растительный покров, сильнее распаханность склонов. Эрозия речных русел тем сильнее, чем больше скорости течения в реках и менее устойчивы грунты, слагающие дно и берега. Часть наносов поступает в русло рек при абразии (волновом разрушении) берегов водохранилищ и речных берегов на широких плесах. *Наносы, слагающие дно рек, называют донными отложениями или аллювием.*

Наибольшую концентрацию наносов (мутность воды) имеют реки с паводочным режимом и протекающие в условиях засушливого климата и легкоразмываемых грунтов. К таким рекам относятся Терек, Амударья, Ганг, Инд, Хуанхэ.

Наиболее важные характеристики наносов следующие: *геометрическая крупность*, выражающаяся через диаметр частиц наносов ( $D$ , мм); *гидравлическая крупность*, т. е. скорость осаждения частиц наносов в неподвижной воде ( $w$ , мм/с, мм/мин); *плотность частиц* ( $\rho$  кг/м<sup>3</sup>), равная для наиболее распространенных кварцевых песков 2650 кг/м<sup>3</sup> *плотность отложений (плотность грунта)* ( $\rho_{отл}$ , кг/м<sup>3</sup>), зависящая от плотности частиц и пористости грунта согласно формуле (5.3) (плотность илистых отложений на дне рек обычно составляет в среднем 500—1000 кг/м<sup>3</sup>, песчаных 1500—1700, смешанных 1000—1500 кг/м<sup>3</sup>); *концентрация (содержание) наносов в потоке*, которую можно представить как в относительных величинах (отношение массы или объема наносов к массе или объему воды), так и в абсолютных величинах; в последнем случае используют понятие *мутность воды* ( $S$ , г/м<sup>3</sup> кг/м<sup>3</sup>), которая вычисляется по формуле

$$S = m/V,$$

где  $m$  — масса наносов в пробе воды,  $V$  — объем пробы воды.

Мутность определяют путем фильтрования отобранных с помощью батометров проб воды и взвешивания фильтров. По геометрической крупности *наносы делят на фракции*, например, согласно табл. 10.1. В реальных условиях и наносы, переносимые речным потоком, и слагающие донные отложения представляют собой *смесь наносов различной крупности*.

Т а б л и ц а 10.1. Классификация наносов по размеру частиц (мм)

Градации	Название фракций						
	глина	ил	иль	песок	гравий	галька	валуны
Мелкие	<0,001	0,001 —	0,01—0,05	0,1—0,2	1—2	10-20	100-200
Средние		0,005 0,005—	0,05—0,1	0,2—0,5	2—5 5-	20—50	200—500
Крупные		0,01		0,5—1	10	50—100	500—1000

По характеру перемещения в реках наносы разделяют на два основных типа — *взвешенные и влекомые*. Промежуточным типом являются *сальтирующие наносы*, движущиеся скачкообразно в придонном слое; наносы этой промежуточной группы условно объединяют с влекомыми.

#### Движение влекомых наносов

Влекомые наносы — это наносы, перемещающиеся речным потоком в придонном слое и движущиеся скольжением, перекачиванием или сальтацией. *Путем влечения по дну перемещаются наиболее крупные частицы наносов (песок, гравий, галька, валуны).*

Чтобы оценить влияние различных факторов на движение влекомых наносов, в специальных разделах гидрологии рассматривают условия равновесия лежащей на дне реки частицы диаметром  $D$ . В направлении, параллельном дну, на частицу действуют две силы: 1) сила лобового давления текущей воды, стремящаяся сдвинуть частицу и пропорциональная квадрату придонной скорости течения и площади частицы, и 2) противоположно направленная сила трения, удерживающая частицу на дне. Последняя сила пропорциональна весу частицы в воде за вычетом так называемой подъемной силы и зависит от коэффициента трения, характеризующего степень сцепления частицы с дном, т. е. с другими частицами. Анализ баланса перечисленных сил приводит к выражению для так называемой «начальной скорости», при которой частица на дне теряет свою устойчивость:

$$U_{\text{дно}} = a \sqrt{gD}$$

где  $a$  — коэффициент, зависящий от плотности частицы и воды, формы частицы, коэффициента трения и др.

#### Движение взвешенных наносов

*Взвешенные наносы* переносятся в толще речного потока. Условием такого перемещения служит соотношение

$$u_z^+ \geq \omega,$$

где  $u_z$  — направленная вверх вертикальная составляющая вектора скорости течения в данной точке потока,  $\omega$  — гидравлическая крупность частицы наносов.

Важнейшие характеристики движения взвешенных наносов в реках — это мутность воды  $S$ , определяемая по формуле (6.36), и расход взвешенных наносов;

$$R = sQ$$

где  $R$  в кг/с,  $S$  в кг/м<sup>3</sup>,  $Q$  в м<sup>3</sup>/с.

*Взвешенные наносы распределены в речном потоке неравномерно: в придонных слоях мутность максимальна и уменьшается по направлению к поверхности, причем для взвешенных наносов более крупных фракций быстрее, для наносов мелких фракций — медленнее (рис. 10.1).*

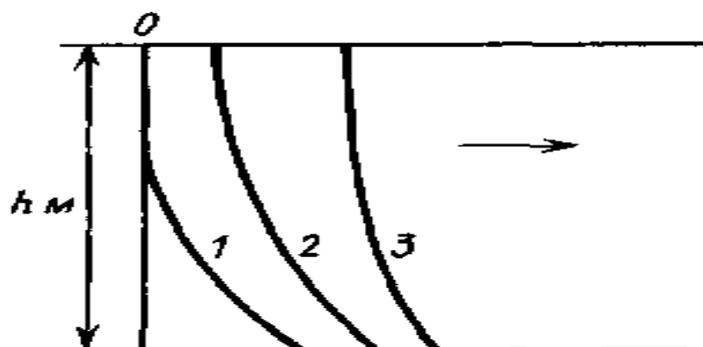


Рис. 10.1. Типичное распределение мутности воды по глубине речного русла при крупности взвешенных наносов: 1 — наибольшей, 2 — средней, 3 — наименьшей

### Сток наносов

Сток наносов реки включает сток взвешенных и сток влекомых наносов, причем главная роль обычно принадлежит взвешенным наносам. Считается, что на долю влекомых наносов приходится в среднем лишь 5—10% суммарного стока наносов рек, причем с увеличением размера реки эта доля, как правило, уменьшается.

Предельный суммарный расход как взвешенных, так и влекомых наносов, которые может при данных условиях переносить река, называют транспортирующей способностью потока  $R_{тр}$ . Согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям  $R_{тр}$  зависит прежде всего от скоростей течения и расхода воды:

$$R_{тр} = S_{тр}Q = k \cdot v^3 / g h_{ср} \omega \cdot Q$$

где  $S_{тр}$  — мутность воды, соответствующая транспортирующей способности потока,  $v$  — средняя скорость потока,  $h_{ср}$  — его средняя глубина,  $\omega$  — средняя гидравлическая крупность частиц наносов. В Советском Союзе и за рубежом предложено много разных формул вида (6.45). При этом мутность воды  $S_{тр}$ , соответствующую транспортирующей способности потока (т. е. предельно возможную мутность при данных гидравлических условиях), часто выражают как функцию средней скорости течения:  $S_{тр} = av^n$ , где  $a$  и  $n$  — параметры, причем  $n$  изменяется от 2 до 4.

В реальных условиях фактический расход наносов в реке и транспортирующая способность потока могут не совпадать, что и становится причиной русловых деформаций.

Сток наносов реки (прежде всего взвешенных наносов) обычно рассчитывают по построенным на основе измерений связям расхода воды и расхода взвешенных наносов  $R = f(Q)$ . У такой связи имеются две важные особенности: она **нелинейна**, причем  $R$  растет быстрее, чем  $Q$ ; очень приближенно эту зависимость иногда можно записать в виде степенного уравнения:

$$R = kQ^m$$

где, по Н. И. Маккавееву,  $m = 2 \div 3$ ; очень часто связь между  $R$  и  $Q$  оказывается **неоднозначной (петлеобразной)**. Это объясняется несовпадением изменения в реках расходов воды и расходов наносов во времени. Максимальная мутность воды в реках (и максимальные расходы наносов тоже) обычно опережает максимум расхода воды и отмечается на подъеме половодья или паводка. В это время идет наиболее активный смыв грунтов с поверхности водосбора.

## 11 – ЛЕКЦИЯ ЛЕДНИКИ

- План: 1. Происхождение ледников и их распространение на земном шаре.  
2. Типы ледников и их распространение.  
3. Образование и строение ледников.  
4. Роль ледников в питании и режиме рек

### Происхождение ледников и их распространение на земном шаре

Ледник — это масса фирна и льда, образовавшаяся путем длительного накопления и преобразования твердых атмосферных осадков и обладающая собственным движением. Множество ледников, объединенных общими связями с окружающей средой и внутренними взаимосвязями и свойствами, образуют оледенение, или ледниковую систему.

Ледники Земли играют важную роль в природных процессах. Являясь аккумулятором больших объемов вод, ледники участвуют в круговороте воды в природе и оказывают существенное регулирующее влияние на многие процессы на земном шаре (тепловой баланс планеты, температуру и соленость вод океана, сток горных рек и т.д.).

В холодный период года на обширных территориях суши идет накопление твердых атмосферных осадков — снега. В теплый период года на большей части территории снег растаивает. В каждый момент времени можно найти границу между поверхностью, покрытой снегом, и поверхностью, где снега нет. Эта граница называется *сезонной снеговой линией*. Естественно, что в течение года эта линия смещается в пространстве: в холодный период года на равнинах в сторону низких широт, а в горах — вниз по склонам, в теплый период года на равнинах — в сторону высоких широт, а в горах — вверх по склонам, причем в северном и южном полушариях — асинхронно.

Среднее положение снеговой линии называется *климатической снеговой линией*. Выше ее в среднем за год снега может накапливаться больше, чем растаять или испариться, ниже весь выпавший за зиму снег летом должен полностью растаять. Выше климатической снеговой линии наблюдается положительный снеговой баланс, ниже — отрицательный снеговой баланс, на самой линии — нулевой снеговой баланс.

Часть тропосферы, расположенную выше климатической снеговой линии, в пределах которой снеговой баланс положительный и происходит накопление твердых атмосферных осадков, называют *мюносферой*.

Высотное положение климатической снеговой линии определяется климатическими условиями. Наинизшее положение она занимает в полярных районах, опускаясь в Антарктике до уровня моря, наинизшее — в субтропиках (до 6500 м), где наиболее высока температура воздуха и отмечаются недостаток атмосферных осадков и повышенная сухость воздуха. В южном полушарии, где климат более морской и больше осадков, климатическая снеговая линия расположена ниже, чем в северном полушарии (рис. 11.1).

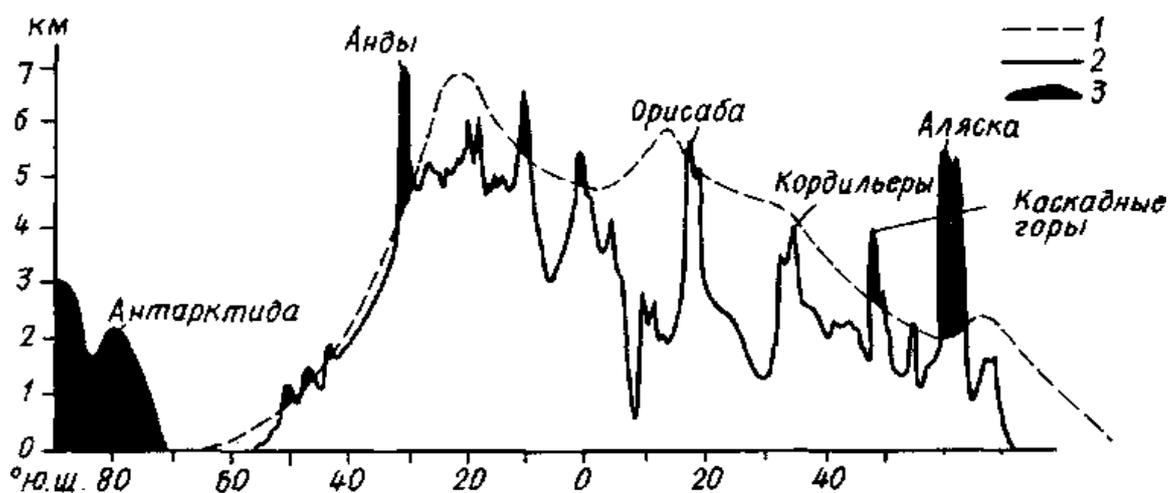


Рис. 11.1. Положение климатической снеговой линии (1) — на разных широтах вдоль южноамериканских Анд и североамериканских Кордильер (по В. А. Котлякову); рельеф земной поверхности (2) и области современного оледенения (3)

Если в том или ином районе земная поверхность имеет высоты, превышающие высоту климатической снеговой линии, то именно здесь накопление снега приводит к его преобразованию в фирн и лед и возникает ледник (см. рис. 11.1). Так, выше климатической снеговой линии оказывается вся Антарктида, вершины Анд и Кордильер, некоторые горы Аляски, здесь и располагаются *ледниковые системы*. Они также находятся выше климатической снеговой линии, расположенной на Земле Франца-Иосифа на высотах 50—100 м, на Шпицберген около 450 м, на Кавказе на высотах 2700—3800 м, на Гималаях 4900--6000 м и т.д.

Таким образом, главная причина существования оледенения — Климатическая. Основным условием существования ледников служит положительный снеговой баланс, т.е. преобладание накопления снега над его расходом, чему способствует большое количество твердых атмосферных осадков и длительный период отрицательных температур воздуха.

Наиболее благоприятен для образования ледников морской климат с большим количеством осадков и прохладным летом. Сухой континентальный климат с жарким летом менее благоприятен для образования ледников.

Помимо климатических условий *образованию ледников способствуют и условия орографические и геоморфологические*: большие высоты, экспозиция склонов (северная в северном полушарии и южная в южном), благоприятная ориентация горных хребтов по отношению к направлению переноса влажных воздушных масс, плоские или вогнутые формы рельефа. На северных склонах Джунгарского Алатау климатическая снеговая линия расположена, например, на высотах около 3000 м, и на южных склонах — на высотах около 3500 м. В центральных частях гор Средней Азии эта линия лежит на высотах 5000 — 5500 м, в периферийных — на высотах 3000 — 3600 м.

Накопление снега выше климатической снеговой линии не может продолжаться бесконечно, и он должен каким-то образом «разгружаться». Это происходит благодаря перемещению накапливающихся масс снега и льда ниже снеговой линии и последующему их таянию и испарению в более теплых условиях, таянию ледника выше снеговой линии, сходу лавин, а на покровных ледниках также и в результате откалывания массивов льда и образования айсбергов.

*Линия с нулевым снеговым балансом* на теле самого ледника проходит немного ниже, чем климатическая снеговая линия в данном районе Земли. Это может быть объяснено как дополнительным поступлением снега на поверхность ледника путем метелевого и лавинного переноса, так и охлаждающим влиянием самого ледника.

С многолетним положением снеговой линии на поверхности ледника приблизительно совпадает так называемая *фирновая линия*, отделяющая поверхность фирна от поверхности льда.

### Типы ледников

Ледники на Земле подразделяются на две основные группы: покровные и горные.

**Покровные ледники** размещаются на материках или крупных островах: к ним относятся ледники Антарктиды, Гренландии, арктических островов (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и др.). Форма покровных ледников в меньшей степени, чем у горных ледников, зависит от рельефа подстилающей поверхности земли и в основном обусловлена распределением снегового питания ледника.

Покровные ледники подразделяются на *ледниковые купола* (выпуклые ледники мощностью до 1000 м); *ледниковые щиты* (крупные выпуклые ледники

мощностью более 1000 м и площадью поверхности свыше 50 тыс. км<sup>2</sup>); *выводные ледники* (быстро движущиеся ледники, через которые осуществляется основной расход льда покровных ледников; выводные ледники обычно заканчиваются в море, образуя плавающие ледниковые языки, дающие начало многочисленным айсбергам небольшого размера); *шельфовые ледники* (плавающие или частично опирающиеся на морское дно ледники, являющиеся продолжением наземных ледниковых покровов; они движутся с берега к морю и образуют крупные айсберги).

**Горные ледники** подразделяются на три подгруппы. Это *ледники вершин*, лежащие на вершинах отдельных гор, хребтов и горных систем, в кальдерах вулканов; *ледники склонов*, занимающие депрессии (впадины, кары) на склонах горных хребтов; *долинные ледники*, расположенные в верхних и средних частях горных долин.

Обширные горные ледники расположены в крупных и высоких горных массивах — в Гималаях, на Памире, Тянь-Шане, в Альпах, на Кавказе, на Аляске и т.д. Самый крупный горный ледник — ледник Беринга на Аляске длиной 170 км.

В СНГ покровное оледенение занимает наибольшие площади на Новой Земле (23 645 км<sup>2</sup>), (Неверной Земле (18 325 км<sup>2</sup>), Земле Фрайца-Иосифа (13 735 км<sup>2</sup>); горные ледники имеют наибольшую площадь на Памире (7515 км<sup>2</sup>), Тянь-Шане (7326 км<sup>2</sup>), Гиссаро-Алле (2293 км<sup>2</sup>), Большом Кавказе (1424 км<sup>2</sup>), а также на Джунгарском Алатау, Алтае и Камчатке. Самые крупные горные ледники в СНГ — ледники Федченко площадью 652 км<sup>2</sup> и длиной 77 км на Памире и Южный Иньльчек площадью 567 км<sup>2</sup> и длиной 60,5 км на Тянь-Шане.

На протяжении геологической истории площадь оледенения на Земле существенно изменялась. Так, площадь ледников в последнюю ледниковую эпоху достигала 34 млн. км<sup>2</sup> (в 2 раза больше современной), а в эпоху максимума четвертичного оледенения — 55 млн. км<sup>2</sup> (в 3,4 раза больше современной).

### **Образование и строение ледников**

На каждом леднике можно выделить две области: верхнюю, где идет накопление снега, фирна и льда, и нижнюю, где лед, переместившийся из первой области, тает. Эти области называют соответственно *областью питания (аккумуляции)* и *областью абляции (расхода)*.

Выпадающий на поверхность ледника и поступающий с прилегающих склонов снег постепенно накапливается, уплотняется под давлением вышележащих слоев и под влиянием рекристаллизации и частичного таяния и замерзания просочившейся (инфильтрующейся) воды превращается сначала в *зернистый снег*, а затем в *фирн*, или *зернистый лед*, представляющий собой конгломерат бесформенных зерен льда крупностью 0,5—5 мм. Свежевыпавший снег может иметь очень малую плотность (до 100 кг/м<sup>3</sup>). По мере уплотнения и рекристаллизации его плотность возрастает до 200—400 кг/м<sup>3</sup>. Фирн имеет уже плотность порядка 450—800 кг/м<sup>3</sup> {в среднем около 650 кг/м<sup>3</sup>}.

Дальнейшее уплотнение фирна и рекристаллизация приводят к образованию *ледникового (глетчерного) льда* с плотностью 800—910 кг/м<sup>3</sup> в зависимости от типа образования. Плотность чистого льда без пузырьков воздуха при нормальном атмосферном давлении около 917 кг/м<sup>3</sup>. На большой глубине в толще ледника плотность ледникового льда под влиянием давления может увеличиться до 925 кг/м<sup>3</sup>.

На образование толщи ледника влияют также: явление *режеляции*, т.е. способность кристалликов льда прочно смерзаться друг с другом и заполнять поры и трещины; уменьшение температуры плавления с увеличением давления (увеличение давления на 10<sup>5</sup> Па, или 1 атм, понижает на 0,0073° С, поэтому в толще ледника, где давление увеличивается приблизительно на 10<sup>5</sup> Па (1 атм) на

каждые 10—12 м глубины, лед может таять и при отрицательной температуре); явление *конжеляции*, т.е. повторное замерзание талой воды на поверхности льда.

Таким образом, в ледниках наблюдается три принципиально различных способа образования льда — путем рекристаллизации снега и фирна (под давлением), путем замерзания талой воды в толще фирна (инфильтрационный лед), путем замерзания талой воды на поверхности льда (конжеляционный или так называемый «наложенный» лед).

В различных климатических условиях, а также в разных частях одного и того же ледника процесс ледообразования идет по-разному. По П. А. Шумскому и А. И. Кренке, можно выделить *несколько зон* ледообразования, которые отличаются по характеру таяния ежегодного снега, степени водоотдачи и вида ледообразования:

1. *Снежная (рекристаллизационная) зона.* Таяние и водоотдача отсутствуют. Ледообразование происходит целиком путем рекристаллизации. Толщина фирна 50—150 м. Нижняя граница зоны соответствует средней годовой температуре около  $-25^{\circ}$  С. Зона распространена во внутренних частях Антарктиды (выше 900—1350 м над уровнем моря) и Гренландии (выше 2000—3000 м), на высочайших горах Памира (выше 6200 м).

2. *Снежно-фирновая (рекристаллизационно-режеляционная) зона.* Слабое таяние происходит лишь в теплый период года, водоотдача практически отсутствует (талая вода вновь замерзает внутри годового слоя снега). Ледообразование идет в основном путем рекристаллизации. Толщина фирна 20—100 м. Зона характерна для периферии ледниковых покровов Антарктиды (на высотах 500--1100 м) и Гренландии, для высоких гор Памира (выше 5800 м).

3. *Холодная фирновая (холодная инфильтрационно-рекристаллизационная) зона.* Таяние и водоотдача из годового слоя снега умеренные. В нижних слоях вода вновь замерзает. Ледообразование происходит на  $\frac{1}{3}$  путем замерзания инфильтрационной воды и на  $\frac{2}{3}$  путем рекристаллизации. Температура ледника ниже  $0^{\circ}$  С. Эта зона широко распространена в горах с континентальным климатом.

4. *Теплая фирновая (теплая инфильтрационно-рекристаллизационная) зона.* Таяние и водоотдача значительные, формируется интенсивный сток. Ледообразование идет в равной степени путем инфильтрационного замерзания и рекристаллизации. Толщина фирна 20-40 м. Температура ледника около  $0^{\circ}$  С. Зона широко распространена в горах и на арктических островах в условиях морского климата.

5. *Фирново-ледяная (инфильтрационная) зона.* Таяние и водоотдача значительны. Ледообразование в основном инфильтрационное. Толщина фирна не более 5-10 м. Зона характерна для горных ледников в условиях континентального климата.

6. *Зона ледяного питания (инфильтрационно-конжеляционная).* Таяние и водоотдача интенсивные. Ледообразование идет путем инфильтрации и конжеляции, т.е. замерзания талой воды на поверхности льда и формирования «наложенного» льда. Фирна в этой зоне много. Зона типична для горных ледников в условиях континентального климата.

Перечисленные выше зоны образуют область питания (аккумуляции) ледника. Их поверхность представлена либо снегом, либо **фирном**, либо льдом.

Поскольку накопление и таяние снега и льда происходит с годовой периодичностью, а условия накопления и таяния льда и замерзания талой воды в толще ледника от года к году изменяются, ледник к области питания обычно имеет слоистое вертикальное строение.

**Питание ледника.** Основным источником питания ледника служат твердые атмосферные осадки. Кроме них в питании ледника участвуют дождевые жидкие

осадки; метелевый перенос, т.е. принос ветром снега на поверхность ледника со смежных горных склонов; лавины, приносящие дополнительные объемы снега на ледник; конденсация *водяного* пара в твердую фазу (сублимация) или так называемые «нарастающие» осадки — иней и изморозь; «наложенный лед», т.е. вновь замерзающие талые воды сезонного снега.

По данным В. М. Котлякова, вклад основных составляющих в питание горных долинных ледников таков: выпадающие осадки дают 80% общей *аккумуляции*, «нарастающие» осадки — 0—2, метелевый перенос—15, лавины — 5%. Для малых ледников доля осадков сокращается до 20—30%, а доля метелевого и лавинного переноса увеличивается соответственно до 50—60 и 20%.

**Расход вещества в леднике.** Главной составляющей расхода вещества в леднике (*абляции*) является *таяние* льда. Кроме того, с поверхности льда (снега) происходит испарение, а также иногда и сдувание снега ветром (*механическая абляция*).

Различают *три вида абляции*: *под ледниковую*, *внутриледниковую* и *поверхностную*. *Подледниковая абляция* происходит на границе ледника с ложем и вызывается поступлением *тепла из грунта*, трением льда о ложе и жидкой водой, проникающей под лед. *Внутриледниковая абляция (таяние)* происходит внутри ледника и объясняется трением отдельных слоев ледника, циркуляцией воды и воздуха в полостях и трещинах ледника. На долю обоих упомянутых видов абляции приходится менее 5% общей абляции ледника.

Главный вид ледниковой абляции — *поверхностная абляция*, представляющая собой убыль снега, фирна и льда на поверхности ледника, обусловленная метеорологическими факторами. Основной составляющей поверхностной абляции является *таяние*. Испарение играет некоторую роль лишь в условиях крайне сухого и солнечного высокогорья.

На процесс абляции ледника оказывают влияние солнечная радиация, температура и влажность воздуха, испарение и конденсация, атмосферные осадки. Твердые осадки — снег — увеличивают альбедо поверхности ледника и ослабляют процесс таяния, жидкие осадки (дождь) несколько ускоряют процесс таяния.

Абляцию обычно выражают в массовых или объемных единицах (млн. т в год или млн. м<sup>3</sup> воды в год), иногда используют понятие удельной абляции (т/м<sup>2</sup> в год) или слоя абляции (таяния) (мм/год).

### Роль ледников в питании и режиме рек

Роль ледников в питании рек в целом невелика. Как отмечалось (выше), в среднем на земном шаре величина ежегодного ледникового питания рек составляет 412 км<sup>3</sup> т.е. менее 1% общего объема речно- Рв етока, равного 41,7 тыс. км<sup>3</sup> в областях внешнего стока и около 1,0 тыс. км<sup>3</sup> в областях внутреннего стока. Из формирующегося ежегодно на территории СНГ речного стока объемом 4414 км<sup>3</sup> на долю ледникового питания приходится лишь около 25 км<sup>3</sup>, т.е. всего

Однако у некоторых крупных рек, стекающих с покрытых ледниками гор, доля ледникового питания может достигать 10—15%, а у малых рек в непосредственной близости от ледников — и 40-60 %. Вклад ледникового стока в суммарный сток реки и регулирующее влияние ледников на сток тем больше, чем больше *относительная площадь оледенения*, равная отношению площади, занятой ледниками, к полной площади бассейна реки для данного замыкающего Роль ледников в питании и режиме рек.

**Многолетнее регулирование стока ледниками** заключается в том, что талая вода ледников компенсирует недостаток воды в реках в засушливые годы. Это объясняется не просто водоотдачей ледников в засушливые годы, когда снеговое и дождевое питание рек сокращается, но и усилением этой водоотдачи в периоды с

повышенной температурой воздуха. Дело в том, что повышенные годовые величины температуры воздуха и пониженные годовые количества осадков, как правило, наблюдаются одновременно (связь температуры и увлажненности, как показали О. А. Дроздов, А. С. Григорьева, — слабая отрицательная). Кроме того, в холодные и влажные периоды снег на поверхности ледника также сдерживает процесс таяния.

**Сезонное регулирование** также проявляется в усилении таяния ледников в теплый, засушливый период года, когда другие источники питания рек истощаются. Кроме того, сам ледник с находящимися в нем полостями, заполненными водой, а также его снежно-фирновая толща, содержащая гравитационную воду, является причиной регулирования стока и сдвига максимального стока по отношению к максимальной температуре воздуха. Поэтому на реках с ледниковым питанием максимум стока обычно смещается на вторую половину лета.

Замедленный сток талой воды внутри ледника объясняется малым коэффициентом фильтрации гравитационной воды внутри снежно-фирновой толщи. Этот коэффициент для типичных горных ледников не превышает 5—6 м/сут.

В многолетнем и особенно сезонном регулировании речного стока ледниками заключается большое практическое значение ледников. Так, ледники средней Азии дают повышенный сток рекам в конце июля — начале августа, когда питание рек талыми водами сезонных снегов уже окончилось, а дождевые осадки невелики. Именно в июле — августе на равнинных участках рек Средней Азии осуществляется основной забор воды на орошение. Поэтому сезонное регулирование стока ледниками благоприятно сказывается на сельском хозяйстве.

Практическое значение ледников, однако, не исчерпывается использованием ледниковых вод для орошения. Эти воды идут также на водоснабжение расположенных в горах и предгорьях городов и населенных пунктов. Использует сток ледниковых рек также гидроэнергетика.

## **12 - ЛЕКЦИЯ ГИДРОЛОГИЯ БОЛОТ**

- План: 1. Происхождение болот и их распространение на земном шаре.  
2. Типы болот.  
3. Строение, морфология и гидрография болот.  
4. Водный баланс и гидрологический режим болот.

### **Происхождение болот и их распространение на земном шаре**

Болото — это избыточно увлажненный с застойным водным режимом участок земли, на котором происходит накопление органического вещества в виде не разложившихся остатков растительности.

Болота возникают путем заболачивания суши (главный вид образования болот) и путем зарастания (заболачивания) водоемов. *Заболачивание суши свойственно многим природным зонам земного шара. Оно происходит при избыточном увлажнении и благоприятных геоморфологических условиях (понижения, впадины и др.), создающих предпосылки для застойного водного режима, накопления органического вещества и образования болот.*

Можно выделить два основных вида заболачивания суши: *затопление и подтопление территории*. Затопление территории может быть обусловлено двумя причинами. Во-первых, преобладанием осадков над испарением при отсутствии хорошего дренажа. Так образуются болота в тропических лесах, в тундре. Очень

часто в условиях избыточного или даже умеренного увлажнения болота возникают на плоских водораздельных пространствах при слабом оттоке вод. Во-вторых, затоплением территории поверхностными водами (водами рек, озер, морей) в условиях пониженного рельефа прилегающей местности. Так образуются болота на берегах рек и озер. Такого же происхождения болота на берегах приливных морей. Подтопление территории обычно связано с повышением уровня грунтовых вод, вызванного какими-либо искусственными мероприятиями: сооружением водохранилищ, избыточным орошением, сооружением нарушающих естественный сток грунтовых вод насыпей железных или шоссейных дорог и т. д.

*Заращение или заболачивание водоемов* свойственно в основном условиям умеренного и теплого климата. Оно обычно начинается с берегов. На дне водоема отлагаются глинистые частички, оседают остатки водных организмов (планктона и бентоса), постепенно превращающиеся в органический ил — *сапрпель*. Водоем мелеет, в нем поселяются высшие растения: сначала погруженные (рдест, роголистник), затем кувшинки с плавающими листьями, а позже тростник, камыш, рогоз. Неполное разложение растительных остатков приводит к образованию торфа. От водоема остаются небольшие «окна» воды, затем и они зарастают. Постепенно водоем превращается в болото. Часто из корневищ растений. В таком случае заращение водоема идет со всех сторон — со дна, с берегов и с поверхности.

*Болота распространены на Земле повсеместно: в разных климатических зонах и на большинстве континентов.* Общая площадь торфяных болот на земном шаре около 2,7 млн. км<sup>2</sup>, или около 2% площади суши. В них сосредоточено около 11,5 тыс. км<sup>2</sup> воды, или 0,03% пресных вод гидросферы. Общая площадь болот всех типов на Земле, по данным Е. Я. Каца, еще больше — до 3,5 млн. км<sup>2</sup>. Наиболее заболоченные континенты — Южная Америка и Евразия.

### Типы болот

*Следуя Н. Я. Кацу*, будем подразделять все болота на две большие группы — заболоченные земли (не имеющие хорошо выраженного слоя торфа) и собственно торфяные болота.

К заболоченным землям можно отнести многие типы болот: травяные болота арктической тундры, тростниковые и осоковые болота лесостепи, засоленные болота полупустыни и пустыни (солончаки), заболоченные тропические леса, пресноводные тропические травяные болота сезонного увлажнения, пресноводные и солоновато-водные приморские болота (марши), соленые мангровые болота и т. д.

По комплексу геоморфологических, гидрологических и геоботанических признаков *торфяные болота*, лучше изученные и приуроченные в основном к тундре, лесной зоне и лесостепи, *подразделяются, в свою очередь, на три типа: низинные, переходные и верховые* (рис. 12.1).

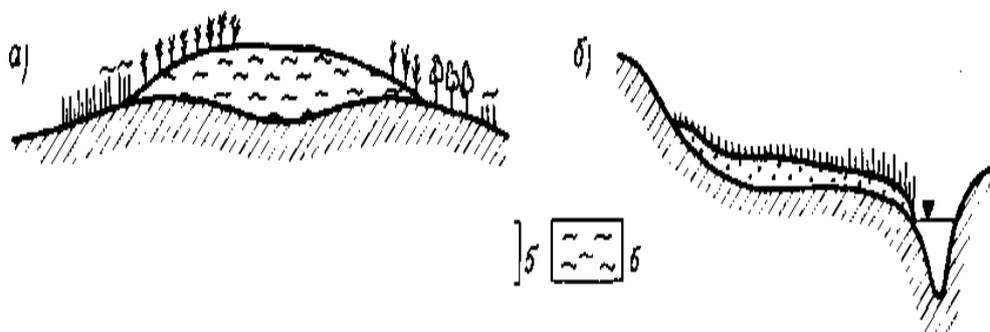


Рис. 12.1. Схема верхового (а) и низинного (б) торфяного болота:

*Низинные болота обычно имеют вогнутую или плоскую поверхность, способствующую застою водного режима.* Образуются они в низких местах — по берегам рек и озер. В последнее время такие болота стали появляться в зонах подтопления водохранилищами. К низинным болотам относятся также пойменные и притеррасные болота, болота в низовьях и дельтах рек (так называемые «плавни» с густыми зарослями тростника).

Важнейшие гидрологические особенности низменных болот — наличие близлежащего водоема или водотока, близость уровня грунтовых вод, преобладание в водном питании поверхностных и грунтовых вод — поставщиков минеральных биогенных веществ. Характерной чертой низинных болот являются евтрофные растения, требовательные к минеральным веществам. Среди таких растений — ольха, береза (иногда ель), осоки, тростник, рогоз.

*Верховые болота имеют мощный слой торфа и выпуклую поверхность.* Отличительная черта гидрологического режима верховых болот — преобладание в их водном питании атмосферных осадков, бедных минеральными биогенными веществами. Для верховых болот характерны олиготрофные растения, нетребовательные к минеральным веществам. Это прежде всего сосна, вереск, пушица, сфагновые мхи. Образуются верховые болота обычно на водоразделах, а также в других местах в результате эволюции низинных болот.

Верховые болота подразделяют на два подтипа — лесные, покрытые ковром сфагнового мха и сосной, а восточнее Енисея — лиственницей, и грядово-мочажинные, имеющие длинные гряды с кочками торфа и понижения-мочажины, покрытые сфагновым мхом и заросшие травянистой растительностью.

*Промежуточное положение занимают переходные болота с плоской или слабовыпуклой поверхностью и мезотрофной растительностью (умеренного минерального питания). Наиболее типичные растения таких болот — береза (иногда сосна), осоки, сфагновые мхи.*

Для каждого из трех типов торфяных болот характерны определенные сочетания видов растительности (биоценозов), в совокупности с геоморфологическими особенностями отдельных частей болот, создающие специфические болотные микроландшафты (см. рис. 9.1). Так, весьма типичными микроландшафтами (по К. И. Иванову) для низинных болот являются древесные (ольшаниковые, березовые и др.), древесно-осоковые, древесно-осоково-сфагновые, тростниковые, тростниково-осоковые и другие, для переходных болот — древесно-осоковые, сфагново-осоковые и другие, для верховых — сосно-вокустарничковые, сосново-сфагновые, сфагново-пушицевые и др. Свообразными болотными микроландшафтами являются комплексные грядово-мочажинные микроландшафты с различным характером растительности в зависимости от типа болот, а также грядово-озерковые, озерково-мочажинные микроландшафты и др.

### **Строение, морфология и гидрография болот**

Сформировавшееся верховое торфяное болото обычно имеет многослойное строение (рис. 12.2,а), отражающее процесс постепенного накопления торфа и повышения поверхности болота. Каждый слой имеет специфический состав торфа, отражающий изменение видового состава растительности на разных фазах развития болота.

Вся толща торфа в болоте называется *торфяной залежью*. В пределах торфяной залежи выделяют инертный и деятельный слои, уровень грунтовых вод (рис. 12.2,б)

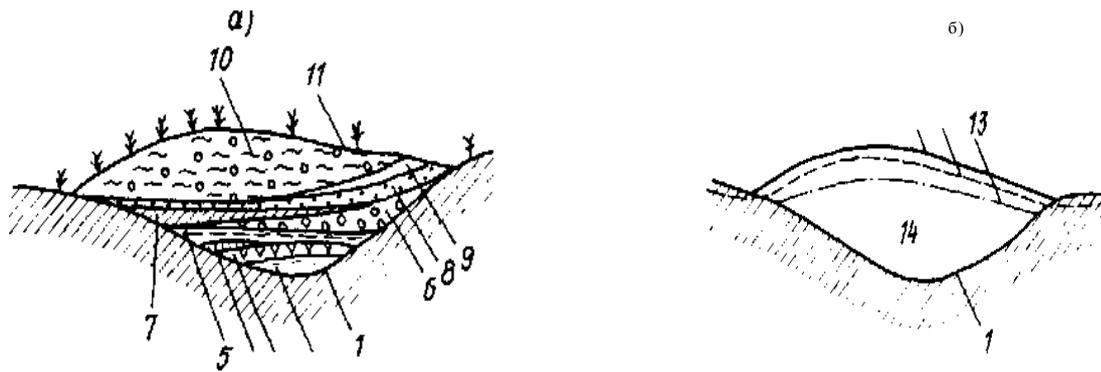


Рис. 12.2. Схема слоистого строения торфяной залежи (а) и деятельного и инертного слоев (б) верхового болота: 1 - ■ минеральное дно, 2 сапропель, 3 — тростниковый торф, 4 — хвощевый торф, 5 — осоковый торф, 6 — лесной торф, 7 — гипновый торф, 8 — шейхцериево-сфагновый торф, 9 — пушиново-сфагновый торф, 10 — сфагновый торф с пнями сосны, // — поверхность болота, 12 — уровень грунтовых вод, 13 — нижний горизонт деятельного слоя, 14 — инертный слой

*Инертный слой* лежит на минеральном дне и составляет основную толщу торфяной залежи. Инертный слой имеет очень слабый водообмен с выше расположенными слоями торфа и с окружающими болота землями, отличается постоянным или малоизменяющимся содержанием воды в торфе. Инертный слой отличают также очень малая водопроницаемость, отсутствие доступа кислорода в поры торфа, отсутствие аэробных бактерий и микроорганизмов. Толщина инертного слоя изменяется от нуля у границ болота до максимальных глубин торфяных отложений (иногда до 18—20 м).

В пределах *деятельного* (или *активного*) *слоя*, лежащего над инертным слоем, происходит некоторый влагообмен торфяной залежи с атмосферой и окружающими болото территориями, изменяется содержание влаги в торфе, происходят колебания уровня грунтовых вод. Деятельный слой отличают также повышенные водопроницаемость и водоотдача, периодическое поступление воздуха в поры торфа, освобождающиеся от воды при снижении уровня грунтовых вод, большое количество аэробных бактерий и микроорганизмов, способствующих разложению части отмирающего растительного покрова и превращению его в торф, наличие в верхней части живого растительного покрова. Нижний горизонт деятельного слоя приблизительно соответствует среднему многолетнему минимальному уровню болотных грунтовых вод.

Толщина деятельного слоя — от 40 (мохово-травянистые части болот) до 80—95 см (лесные низинные болота). Толщина деятельного слоя больше на повышенных и меньше на пониженных элементах рельефа болота.

Содержание воды в инертном слое торфяной залежи, т. е. ниже уровня грунтовых вод, обычно весьма велико — от 91 до 97% (по объему). Выше уровня грунтовых вод в деятельном слое содержание воды существенно меньше. Во всей торфяной залежи содержание воды увеличивается или уменьшается в зависимости от повышения или понижения уровня грунтовых вод.

Поверхность болота, как уже отмечалось, может быть вогнутая, плоская или выпуклая. Характерными элементами рельефа болота служат: положительные — гряды, кочки, бугры; отрицательные — мочажины, межкочечные и межбугровые понижения.

*Гряды* — это отдельные вытянутые в длину повышенные участки болота, отделенные друг от друга вытянутыми, сильно обводненными понижениями — *мочажинами*. Гряды и мочажины обычно вытянуты вдоль горизонталей и располагаются концентрически вокруг наиболее высоких точек болота. *Бугры*

сложены торфом и обычно связаны с явлением морозного выпучивания в условиях лесотундры; высота бугров до нескольких метров. *Кочки* также состоят из торфа и связаны с неравномерным распределением растительного покрова и накопления торфа.

Болота имеют специфическую гидрографическую сеть, включающую болотные водоемы, болотные водотоки и топи.

К *болотным водоемам* относятся болотные озера и озёрки. *Болотные озера* — это относительно крупные водоемы (с площадью до 10 км<sup>2</sup> и глубинами до 10 м), имеющие торфяные берега, иногда плавающие моховые сплавины. *Озёрки* — водоемы меньших размеров; они обычно приурочены к местам перегибов поверхности болота и, как правило, располагаются большими группами, включающими десятки, а иногда и сотни озёрков. Водоемы в болотах по своему происхождению бывают первичными, сохранившимися остатками тех водоемов, которые существовали еще до начала формирования болота, и вторичными, возникшими уже в процессе заболачивания суши и эволюции болота.

*Болотные водотоки (речки и ручьи)* представлены как заторфованными и зарастающими первичными водотоками, существовавшими еще до образования болота, так и вторичными водотоками, сформировавшимися в процессе болотообразования. И те и другие водотоки способствуют дренажу болот. Течение воды во вторичных водотоках обычно очень медленное, а расходы воды в них небольшие.

Своеобразные водные объекты болот — *топи*, т. е. сильно переувлажненные участки с разжиженной торфяной залежью. Здесь практически отсутствует деятельный слой, и уровень грунтовых вод стоит выше поверхности торфа.

### Водный баланс и гидрологический режим болот

**Водный баланс болота**, как и других водных объектов суши, складывается из приходной части, включающей атмосферные осадки  $x$ , приток поверхностных  $y_1$ , и подземных (грунтовых) вод и из расходной части, включающей испарение  $z$ , поверхностный  $y_2$  и подземный отток  $\omega_2$ . За интервал времени  $\Delta t$  в болоте может произойти накопление воды или ее сработка ( $\pm \Delta U$ ).

С учетом сказанного общее уравнение водного баланса болота выглядит следующим образом:

$$X + Y_1 + \omega_1 = Z + Y_2 + \omega_2 \pm \Delta U. \quad (9.2)$$

Для верхового болота члены  $y_1$  и  $\omega_1$  (болото питается лишь атмосферными осадками) равны нулю.

Изменение запаса воды в болоте  $\pm \Delta U$  « может быть представлено как изменение уровня грунтовых вод в торфяной залежи:

$$\Delta U = a \Delta H, \quad (9.3)$$

где  $a$  либо равно водоотдаче  $\mu$  (при снижении уровня грунтовых вод), либо дефициту влажности  $d$  (при повышении уровня). Значение  $a$  определяется точно так же, как для любого грунта, и выражается в долях единицы.

Поскольку  $\mu$  и  $d$  различных частях болота различны, суммарное изменение запаса влаги в деятельном слое болота определяется как средневзвешенная величина:

$$\Delta U = [ \sum (\alpha_i \Delta H_i F_i) ] \quad (9.4)$$

где  $F_i$ , — площадь каждого отдельного болотного микроландшафта,  $F$  — полная площадь болота.

Источниками питания болот служат, таким образом, атмосферные осадки, поверхностный и подземный сток из-за пределов болота. У верховых и низинных болот соотношение этих источников питания различное: *верховые болота питаются в основном атмосферными осадками, низинные — поверхностными и подземными (грунтовыми) водами.*

Главная статья расходования воды в болотах — это испарение с поверхности болота, включая транспирацию растительностью. Вклад испарения в расходование воды с болота достигает 100% для низинных бессточных болот котловинного залегания в аридной зоне и составляет около 50% для болот в северных районах избыточного увлажнения.

Величина испарения с болот зависит от климатических условий, в целом возрастая с уменьшением широты местности, от типа болота (евтрофные болота испаряют воды больше, чем олиготрофные), от высоты стояния уровня болотных грунтовых вод и содержания воды в болоте (при высоком влагосодержании величины испарения могут приближаться к величинам испаряемости).

Наибольшее количество воды испаряют болота в условиях сухого субтропического климата. С плавней в дельтах ряда рек испаряется в год до 1300 мм воды. Много воды испаряют заболоченные тропические леса. В условиях умеренного климата наибольшее количество воды испаряют сфагново-осоковые и лесные топи (до 600 мм за лето), наименьшее — сфагновые болота с кустарничками (до 300 мм за лето). Много испаряют лесные болотные микроландшафты, меньше — моховые. Косвенный показатель испарения — более низкий уровень грунтовых вод в летнее время в лесных болотах. Испарение с мочажин обычно на 40—60% превышает испарение с гряд. В целом в зоне избыточного увлажнения испарение с низинных болот превышает испарение с верховых болот на 10—15%.

Соотношение составляющих водного баланса болота изменяется во времени. Изменение условий питания и расходования влаги в болоте приводит, согласно уравнению водного баланса, к колебаниям уровня грунтовых вод, который обычно находится близко от поверхности болота и быстро реагирует на изменения составляющих водного баланса. Это и определяет **водный режим болот**.

Для торфяных болот в условиях умеренного климата (север и центр европейской территории СНГ) типичны следующие изменения составляющих водного баланса и сопутствующие изменения водного режима болот. В весеннее время идет пополнение запасов влаги в основном в результате снеготаяния. Уровень болотных грунтовых вод весной повышается, достигая максимальных значений обычно в апреле — мае. В летнее время происходит расходование влаги в основном путем испарения и частично стока. Минимальные уровни болотных грунтовых вод наблюдаются в июле — сентябре. Зимой происходит некоторое расходование запасов влаги, однако оно очень невелико (испарение практически отсутствует, сток снижается почти до нуля вследствие промерзания деятельного слоя на всю глубину или значительного снижения уровня грунтовых вод). Минимальные уровни болотных грунтовых вод наблюдаются в феврале — начале марта. Некоторое пополнение запасов влаги в болоте и сопутствующее повышение уровня грунтовых вод наблюдаются осенью в период дождей. Типичный график колебаний уровня грунтовых вод в болоте приведен на рис. 12.3.

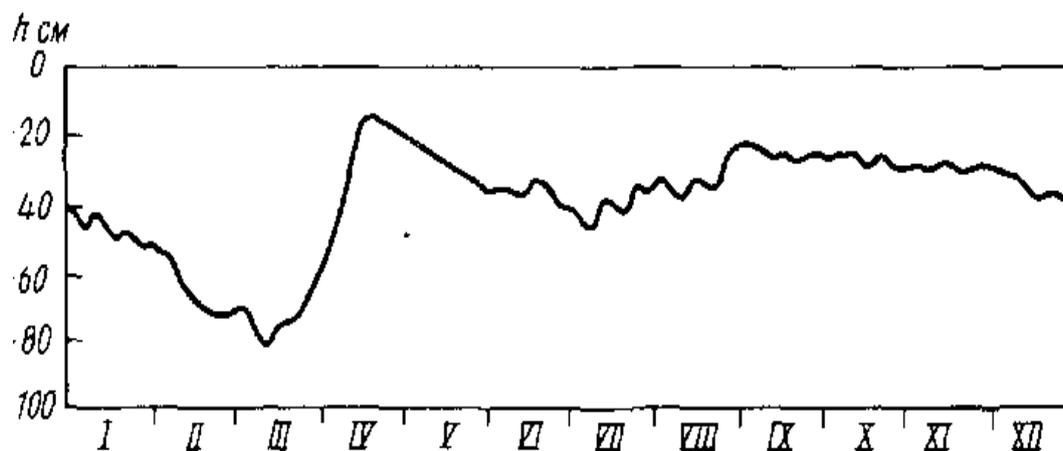


Рис. 12.3. Сезонные колебания уровня грунтовых вод относительно поверхности болота в условиях умеренного климата (по К. Е. Иванову)

Высота стояния уровня грунтовых вод и его колебания зависят от типа болотных микроландшафтов и рельефа поверхности болота. Наиболее низкий уровень грунтовых вод в лесных болотных микроландшафтах. Средний уровень грунтовых вод в пониженных элементах рельефа на 30—40 см ниже поверхности болота. Здесь же наблюдаются и наибольшие колебания уровня грунтовых вод в течение года (до 60—75 см при средней величине 45—55 см). С уменьшением высоты и густоты древостоя средний уровень грунтовых вод повышается, и амплитуда колебаний уменьшается.

На моховых болотах (без древесной растительности) уровень грунтовых вод наиболее высокий, а размах его колебаний в течение года наименьший.

**Тепловой режим торфяных болот** помимо климатических условий в значительной степени зависит от водно-тепловых свойств торфа и минеральных грунтов. Особенно важную роль играет теплоемкость и теплопроводность торфа, зависящие, в свою очередь, от соотношения объемов органического вещества, воды и воздуха в торфяной залежи. Чем больше содержание воды в торфе, тем больше его теплоемкость и тем медленнее он нагревается и остывает.

С глубиной колебания температуры торфяной залежи ослабевают. В условиях умеренного климата суточный ход температуры в деятельном слое торфяного болота заметен лишь до глубины 15—25 см, а сезонные колебания температуры — до глубины 3—3,5 м. На глубинах, превышающих 35—40 см и 4—5 м, соответственно суточные и сезонные изменения температуры обычно отсутствуют.

Величина и суточных и сезонных колебаний температуры в торфяном болоте меньше, чем в минеральном грунте, и уменьшается с увеличением влажности грунта. Непосредственно на поверхности болота суточные колебания температуры вследствие малой передачи тепла в глубь торфяной залежи могут быть очень велики, что способствует повышенному испарению в дневные часы и ранним осенним заморозкам в ночные часы.

Замерзание болот в условиях холодного и умеренного климата наступает через 15—17 дней после устойчивого перехода температуры воздуха через ноль, т. е. болота замерзают позже небольших озер и рек. Наиболее интенсивно торфяная толща промерзает при небольшой толщине снежного покрова. К концу зимы толщина мерзлого слоя торфа на грядах в среднем в 1,5 раза больше, чем на мочажинах. Максимальная толщина мерзлого слоя на крупно-бугристых торфяниках — до 60—65 см.

На европейской территории СНГ толщина мерзлого слоя торфа на болотах возрастает с запада на восток, что объясняется понижением температуры воздуха,

увеличением длительности зимнего периода и уменьшением толщины снежного покрова в этом направлении.

Оттаивание болот помимо климатических условий зависит от толщины мерзлого грунта, толщины снежного покрова и поэтому протекает различно в разных болотных микроландшафтах

## **13 - ЛЕКЦИЯ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**

- План:** 1. Понятие о водных ресурсах.  
2. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и охрана  
3. Природные и антропогенные факторы при использовании запасов воды.  
4. Охрана водных ресурсов от истощения и загрязнения.

### **Понятие о водных ресурсах. Водные ресурсы земного шара**

**Водные ресурсы** представляют собой весьма важную часть природных ресурсов земного шара, к которым относятся также растительный и животный мир, почвы, подземные ископаемые и т.д.

*Водные ресурсы в широком смысле* — это все природные воды Земли, представленные водами рек, озер, водохранилищ, болот, Ледников, водоносных горизонтов, океанов и морей. Водные ресурсы Земного шара в таком понимании были освещены в разд.

*Водные ресурсы в более узком смысле* — это природные воды, которые используются в хозяйственных нуждах в настоящее время и могут быть использованы в обозримой перспективе. В такой трактовке водные ресурсы — категория не только природная, но и соци- »|(1Ю11)-историческая.

Наиболее ценными водными ресурсами являются запасы пресных вод. Ресурсы пресных вод складываются из так называемых статических (или вековых) запасов воды и из непрерывно возобновляемых водных ресурсов.

*Статические (вековые) запасы пресных вод* представлены не подверженной ежегодным изменениям частью водных объемов озер, ледников, подземных вод. Измеряют эти запасы в объемных единицах ( $\text{м}^3$  или  $\text{км}^3$ ) (см. табл. 3.1).

*Возобновляемые водные ресурсы* - это те воды, которые ежегодно восстанавливаются в процессе круговорота воды на земном шаре. Этот вид водных ресурсов измеряют в единицах стока ( $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ ,  $\text{км}^3/\text{год}$ ) (см. табл. 3.3).

Возобновляемые водные ресурсы часто оценивают с [юмони-ю уравнения водного баланса. Так, в целом для суши атмосферные осадки, материковый сток и испарение составляют соответственно 119,47 и 72 тыс.  $\text{км}^2$  воды в год. Таким образом, в среднем для всей суши из всего объема атмосферных осадков 61% расходуется на испарение, а 39% поступает в Мировой океан. Материковый сток и составляет возобновляемые водные ресурсы земного шара. Чаще, однако, возобновляемыми водными ресурсами считают лишь часть материкового стока, представленную стоком рек (41,7  $\text{км}^3$  воды в год, или 35% атмосферных осадков на планете). Сток воды рек — действительно ежегодно возобновляемый природный ресурс, который можно (до некоторых пределов, конечно) изымать для хозяйственного использования. В противоположность ему статические (вековые) запасы вод в озерах, ледниках, водоносных горизонтах нельзя изъять на хозяйственные нужды без нанесения ущерба либо рассматриваемому водному объекту, либо связанным с ним рекам.

**Водные ресурсы континентов.** Запасы пресных вод всех континентов, за исключением Антарктиды, *составляют около 16 млн.  $\text{км}^3$* . Они сосредоточены прежде всего в верхнем слое земной коры, в крупных озерах и ледниках.

Распределены водные ресурсы между континентами неравномерно. Наибольшими статическими (вековыми) ресурсами пресных вод обладают Северная Америка и Азия, несколько в меньшей степени — Южная Америка и Африка. Наименее богаты данным видом ресурсов Европа и Австралия.

*Возобновляемые водные ресурсы — речной сток — также распределены по земному шару неравномерно.* Наибольшую величину стока имеют Азия (30% стока всех рек планеты) и Южная Америка (26%), наименьшую — Европа (7%) и Австралия с Океанией (5%). В наибольшей степени население обеспечено речной водой (в расчете на одного жителя) в Южной Америке и на островах Океании, в наименьшей — население Европы и Азии (здесь сосредоточены 77% населения планеты и лишь 37% мировых запасов ежегодно возобновляемых пресных вод).

Водообеспеченность и территории, и населения существенно изменяется в пределах отдельных континентов в зависимости от климатических условий и размещения населения. Например, в Азии есть районы как хорошо обеспеченные водой (Восточная Сибирь, Дальний Восток, Юго-Восточная Азия), так и ощущающие ее недостаток ((Средняя Азия, Казахстан, пустыня Гоби и др.).

Из стран мира наиболее обеспечены речными водными ресурсами Бразилия — 9230, СССР — 4740, США 2850, Китай — 2600 км<sup>3</sup> йоды в год.

### **Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и охрана**

Основными источниками поверхностного стока Республики Узбекистан являются бассейны рек Амударья и Сырдарья, суммарный средний многолетний сток которых 115,6 км<sup>3</sup>, в бассейне Амударья формируется 78,46 км<sup>3</sup>, Сырдарья 37,14 км<sup>3</sup>. Водные ресурсы Узбекистана являются только частью общих водных ресурсов, которыми располагает бассейн Аральского моря. К этому бассейну относятся крупнейшие реки Центральной Азии: Амударья и Сырдарья, являющиеся главными источниками поверхностного стока и непосредственно впадающие в Аральское море, а также реки, гидрографически тяготеющие к бассейну и расположенные в пределах Аральской впадины.

#### **Доля водных ресурсов Узбекистана по составляющим.** (в млн.м<sup>3</sup>)

Бассейны рек	Р е к и			Подземные воды	Рекомендуемый для использования КДС	Располагаемые водные ресурсы – всего
	Ствол	малые	всего			
р. Сырдарья	10490	9425	19915	1590	2600	24105
р. Амударья	22080	10413	32493	301	2310	35104
Всего по Узбекистану	32570	19838	52408	1891	4910	59209

Доля водных ресурсов, формирующихся непосредственно на территории Узбекистана, равна по бассейну Амударья –6%, по бассейну Сырдарья –16%, а в целом по республике около 8 % от их суммарного стока.

Водные ресурсы бассейна Аральского моря практически полностью используются. Коэффициент изъятия стока в маловодные годы в бассейне реки Сырдарья больше единицы, что говорит о повторном использовании дренажных и сбросных вод на орошение.

Острой проблемой, с точки зрения обеспечения экологической безопасности Республики Узбекистан, является дефицит и загрязненность водных ресурсов (поверхностных и подземных). Реки, каналы, водохранилища республики и даже подземные воды испытывают на себе разностороннее антропогенное воздействие.

С шестидесятых годов прошлого столетия, в связи с широкомасштабным освоением новых земель, экстенсивным развитием промышленности, животноводства, урбанизацией, строительством коллекторно-дренажных систем и забором речной воды для орошения, качество воды в речных бассейнах стало прогрессивно ухудшаться. Данное обстоятельство ухудшает эколого-гигиеническую и санитарно-эпидемиологическую обстановку, особенно в низовьях рек.

Зона формирования стока в Республике Узбекистан приходится на реки имеющие, в основном, горный тип питания. Значительное падение высоты в пределах горной зоны создает градиент экологических условий, что закономерно стимулирует более обильное развитие водной биоты в вегетационный период и повышение уровня трофности на ниже расположенных участках рек. Качественный состав воды рек, расположенных в зоне формирования стока, складывается из загрязнений от выноса горных пород, слагающих русла рек, и стоков, образующихся в результате хозяйственной деятельности человека.

Анализ имеющейся информации свидетельствует, что индекс загрязненности воды (ИЗВ) практически для всех рассматриваемых водотоков за последние 3 года практически не изменился и соответствует III классу (умеренно загрязненная) качества вод. Незначительное число водотоков относится ко II классу (чистая) загрязненности воды. К ним относятся реки Чаткал, Угам, Акташсай, Кызылча и др. Следует отметить, что качество воды реки Чимгансай в разные годы колеблется от II класса (чистая) до III класса (умеренно загрязненная), за счет большой антропогенной нагрузки в урочище Чимган.

Необходимо отметить особенность качественного состава воды р. Шерабад. На выходе в долину минерализация колеблется от 1,6 до 2,3 г/л, что происходит за счет растворения соледержащих пород слагающих русла реки и ее притоков.

В горной зоне явные источники загрязнения водотоков отсутствуют и все изменения физико-химических показателей воды, состава и структуры перифитона имеют естественную природу, обусловленную особенностями орографии и общей ландшафтной обстановкой по профилю.

Возрастающая антропогенная нагрузка на речные экосистемы ведет к глубоким изменениям в составе и структуре их водных сообществ. Водотоки, расположенные в зоне формирования стока Ферганской долины имеют общее развитие биопленок обрастаний умеренное или крайне слабое. Значение биотического перифитонного индекса на верхних участках рек равно 10 (слабый класс экологической нагрузки), а на нижних - 4 (повышенный класс экологической нагрузки).

В зависимости от участка реки, рассматриваемых водотоков Ташкентской и Джизакской областей, биотический перифитонный индекс также колеблется от 4 до 7-10.

В Республике Узбекистан подземные воды распространены на 95 месторождениях. Источниками питания подземных вод и формирования их ресурсов являются фильтрационные русловые потери из водотоков, инфильтрации оросительных вод и атмосферных осадков.

Ресурсы пресных вод сосредоточены, в основном, в Ферганской долине 34,5%, Ташкентской области 25,7%, Самаркандской области – 18%, Сурхандарьинской – 9%, Кашкадарьинской – 5,5%. Остальные области имеют ресурсы пресных вод около 7% от общих.

В результате воздействия техногенных факторов около 35-38 % разведанных ранее запасов пресных подземных вод стали не пригодными для питьевых целей и этот негативный процесс продолжает развиваться.

Линзы пресных подземных вод, сформировавшихся вдоль крупных водотоков (р. Амударья, оросительные каналы), используемые как основные источники водоснабжения Хорезмской области и Республики Каракалпакстан, за последние 10-15 лет в связи с ростом

минерализации и жесткости (последствия орошения земель) перестали отвечать требованиям O'zDST. Аналогичная ситуация в низовьях р. Заравшан.

Практически полностью лишились местных источников питьевого водоснабжения Республика Каракалпакстан, Хорезмская и Бухарская области. Под угрозой деградации находятся Заравшанское месторождение в Самаркандской области, Чирчикское и Ахангаранское месторождения в Ташкентской области, Сохское месторождение в Ферганской области.

При наличии острого дефицита в доброкачественной питьевой воде значительная часть пресных подземных вод используется на производственно-технические нужды, орошение земель.

Общий объем использования воды по Республике Узбекистан в среднем за 2002-2004 гг. составил порядка 55,1 км<sup>3</sup>, в том числе из поверхностных водных объектов – 53,7 км<sup>3</sup>, из подземных источников – 0,5 км<sup>3</sup>

### Современное использование водных ресурсов в Республике Узбекистан (среднее за 2002 - 2004 гг.)

Использовано водных ресурсов	км <sup>3</sup>	%
Всего:	55,1	100
в т.ч. Орошаемое земледелие	49,7	90,2
Неирригационные потребители	5,4	9,8
Из них: хозяйственно-питьевое и сельхозводоснабжение	3,4	6,1
Промышленность	1,2	2,2
Рыбное хозяйство	0,8	1,5

Как видно из приведенной выше таблицы, на орошение в Узбекистане расходуется 90 % располагаемых водных ресурсов. Преобладающая их часть (80-83 %) затрачивается в вегетационный период. В не вегетационный период вода используется на орошение озимых культур, запасные и влагозарядковые поливы и для промывки засоленных земель.

## 14- ЛЕКЦИЯ МИРОВОЙ ОКЕАН И ЕГО ЧАСТИ

- План:**
1. Мировой океан и его части. Классификация морей.
  2. Происхождение, строение и рельеф дна Мирового океана.
  3. Донные отложение.

### Мировой океан и его части. Классификация морей

Мировым океаном называется непрерывная водная оболочка земного шара, над которой выступают элементы суши — материка и острова и которая обладает единством, т. е. взаимосвязанностью частей и общностью солевого состава.

Мировой океан покрывает почти 3/4 поверхности Земли (361 млн. км<sup>2</sup>, или 71%) и содержит около 96,5% (1,34 млрд. км<sup>3</sup>) вод всей гидросферы.

Часть Мирового океана, расположенная между материками, обладающая большими размерами, самостоятельной системой циркуляции вод и атмосферы, существенными особенностями гидрологического режима, называется *океаном*. Иногда океан подразделяют на *океанические бассейны*, но общепринято в океане выделять *моря, тливы и проливы*.

*Море* — это сравнительно небольшая часть океана, вдающаяся 1) сушу или обособленная от других его частей берегами материков, полуостровов и островов. Море обладает геологическими, гидрологи- 'к'скими и другими Чертами, существенно отличающимися от соответствующих черт океана.

Из приведенных определений видно, что особенности гидрологического режима — это существенный квалификационный признак отдельных частей Мирового океана. Гидрологические процессы в океанах и морях, кроме того, — важнейшая часть природных процессов, происходящих в этих водных объектах, важное условие их хозяйственного использования.

Мировой океан подразделяется на океаны: Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. Самый большой по площади и объему вод (1 самый глубокий (и по средней, и по предельной глубине) — Тихий океан, который иногда называют «Великим» (табл. 14.1). Наибольшая его глубина (и в Мировом океане в целом) 11022 м; она измерена экспедицией на советском исследовательском судне «Витязь» в 1957 г. в Марианском желобе.

Т а б л и ц а - 14.1.

Основные морфометрические характеристики океанов\*

Характеристики	Океаны				
	Атланти- ческий	Индий- ский	Северный Ледо- витый	Тихий	Мировой
Площадь поверхности, млн. км	91,66	76,17	14,75	178,68	361,26
Объем, млн. км <sup>3</sup>	329,66	282,6	18,07	710,36	1340,74
Средняя глубина, м	3597	3711	1225	3976	3711
Наибольшая глубина, м	8742	7209	5527	11022	11022
%, от Мирового океана	25	21	4	50	100

Части океанов — моря — подразделяют по расположению относительно суши на *внутренние* (внутриматериковые и межматериковые), *окраинные* и *межостровные*.

*Внутренние моря* имеют затрудненную связь с океаном через сравнительно узкие проливы, поэтому их гидрологический режим существенно отличается от гидрологического режима прилегающих районов океана. Разделение внутренних морей на два типа ясно из самого их названия. *Межматериковые моря* расположены между различными материками. Пример такого моря — Средиземное. *Внутриматериковые моря* находятся внутри одного какого-нибудь материка. К морям этого типа относятся моря Азовское, Балтийское, Белое.

*Окраинные моря* отделяются от океана островами или вдаются в материк и имеют относительно свободную связь с океаном, поэтому гидрологический режим этих морей имеет большое сходство с режимом смежных районов открытого океана. К числу окраинных морей относятся моря Баренцево, Чукотское и др.

*Межостровные моря*, расположены среди крупных островов или архипелагов, например море Фиджи или Банда.

Выделение морей, их границ, размеров и даже названий не совсем еще установилось; даже число морей по данным разных ученых сильно различается: от 17 (Маркус, 1930) до 84 (Вюст, 1936). По подразделению, принятому Международным гидрографическим бюро (МГБ) и Межправительственной

океанографической комиссией (МОК) ЮНЕСКО в целях упорядочения международного обмена океанографическими материалами, насчитывается 59 морей. Для многих из них в табл. 14.2 приведены основные морфометрические характеристики.

Т а б л и ц а 14.2.

Основные морфометрические характеристики некоторых морей мира

Море	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Объем воды. тыс. км <sup>3</sup>	Средняя глубина, м	Наибольшая глубина,
Тихий океан				
Берингово	2315	3796	1640	4097
Охотское	1603	1316	821	3251
Японское	1062	1631	1536	3699
Желтое	416	16	38	106
Восточно-Китайское	836	258	309	2719
Южно-Китайское	3537	3623	1024	5560
Банда	714	1954	2737	7440
Коралловое	4068	10 038	2468	9174
Тасманово	3336	10 960	3285	5466
Атлантический океан				
Карибское	2777	6745	2429	7090
Мексиканский залив	1555	2366	1522	3822
Северное	565	49	87	725
Балтийское	419	21	50	470
Средиземное	2505	3603	1438	5121
Черное	422	555	1315	2210
Азовское	39	0,3	7	13
Индийский океан				
Красное	460	201	437	3039
Аравийское	4832	14 523	3006	5803
Арафурское	1017	189	186	3680
Северный Ледовитый океан				
Гренландское	1195	1961	■ 1641	5527
Норвежское	1340	2325	1735	3970
Белое	90	6	67	350
Баренцево	1424	316	222	600
Карское	883	98	111	600
Лаптевых	662	353	533	3385
Восточно-Сибирское	913	49	54	915
Чукотское	595	42	71	1256
Гаффина	530	426	- 804	2414

В океанах и морях выделяются также отдельные их части и районы, отличающиеся очертаниями, морфологией дна и гидрологическим режимом. Это заливы, бухты, лиманы, лагуны, фиорды, проливы.

*Залив* — часть океана или моря, вдающаяся в сушу и слабо обособленная от открытого океана или моря. Вследствие этого залив по режиму мало отличается от

прилегающего района океана или моря. В виде примеров можно назвать заливы Бискайский и Гвинейский в Атлантическом океане, Аляска в Тихом океане. Бенгальский в Индийском океане.

Вследствие упомянутой выше нечеткости терминологии на карте можно заметить некоторые противоречия. Так, например, заливы Персидский, Гудзонов следует отнести к морям, море Бофорта правильнее считать заливом. Но традиционные названия очень прочно укрепились и в науке, и в практике.

*Бухта* — небольшой залив, сильно отчлененный мысами или островами от основного водоема (т. е. океана или моря), обычно хорошо защищенный от ветров и часто используемый для устройства портов. Каждая бухта обладает особым гидрологическим режимом. Примерами таких водных объектов могут служить Цемеская бухта в Черном море (Новороссийский порт). Золотой Рог в Японском море (Владивостокский порт), Находка (в том же районе).

*Лиман* — залив, отделенный от моря песчаной косой (пересыпью), в которой есть узкий пролив, соединяющий лиман с морем. Обычно лиман — это затопленная часть ближайшего к морю участка речной долины (например, Днепровский, Днестровский лиманы на побережье Черного моря). На гидрологический режим лиманов может сильно влиять впадающая в него река. Эти водные объекты иногда относят к озерам, чаще, что, по-видимому, наиболее правильно, к устьевым областям рек (разд. 6.14).

*Губа* — распространенное на севере нашей страны название залива, глубоко вдающегося в сушу, а также обширного залива, в который впадает река (Чёшская в Баренцевом море. Обская в Карском). Эти акватории также целесообразно относить к устьевым областям рек.

Узкий и глубокий морской залив с высокими берегами (обычно ложе древнего ледника) называется *фиордом* (например, Согне-фиорд в Норвежском море).

*Пролив* — водное пространство, которое разделяет два участка суши и соединяет отдельные океаны и моря или их части. Например: Берингов пролив, соединяющий Тихий и Северный Ледовитый океаны (и разделяющий Азию и Америку), Гибралтарский, соединяющий Средиземное море с Атлантическим океаном (и разделяющий Европу и Африку), Лаперуза между островами Сахалин и Хоккайдо, соединяющий Охотское и Японское моря. Шириной пролива считают расстояние между разделенными водой участка^и суши, длиной пролива — расстояние между основными водными объектами (между входным и выходным створами). Проливы бывают весьма разнообразными, они играют очень важную роль в формировании гидрологического режима в соединяемых ими водоемах и сами по себе представляют важный объект изучения. В океанологии сформировалось особое направление — *учение о проливах*.

### **Происхождение, строение и рельеф дна Мирового океана**

Долгие споры ученых о происхождении вод океана прекратились. Установлено, что главный источник всей воды на Земле — *дегазация вещества мантии Земли*. Однако вопрос о происхождении ложа океана до сих пор не решен. Существует несколько гипотез, которые относятся к проблемам геотектоники.

Все гипотезы происхождения океанов пытаются объяснить весьма *различные свойства земной коры под океанами и под материками*. Под материками земная кора имеет большую толщину — до 100—120 км, а в среднем 30—40 км. Под океанами земная кора значительно тоньше (5—10 км), и ее подошва лежит выше, чем под материками.

Земная кора может включать несколько слоев (сверху вниз): *осадочный, кристаллический (гранитный), магматический (базальтовый)*. Под континентами толща осадочного слоя достигает в среднем 5 км, «гранитного» — 10—15,

«базальтового» - 15 км. Под крупными горными системами толщина слоев возрастает.

На дне океанов осадочная толща значительно меньше — всего 100—1000 м. Гранитный слой отсутствует, а ложе океанов, подстилающее осадочную толщу, сложено только базальтами особого, океанского типа. Общая толщина земной коры под океаном несколько больше 6 км, т. е. раз в пять меньше, чем под материками.

В первых представлениях ученых о характере рельефа дна океана ложе океана, в противоположность рельефу суши, рисовалось как ровная, плоская поверхность, не имеющая ни гор, ни впадин. С развитием исследований океана, а в особенности с широким использованием эхолота в середине нашего столетия взгляды коренным образом изменились. В настоящее время рельеф дна океана изучен довольно подробно и предстает перед нами не менее сложным, чем рельеф суши.

Общее, осредненное понятие о распределении на Земле высот на континентах и глубин дна океана дает *гипсографическая кривая* (для дна океана — *батиграфическая кривая*).

На гипсографической кривой хорошо выделяются: на суше — высокие горы, занимающие малую площадь, и равнины, площадь которых на суше преобладает; в океане — прилегающая к берегу моря небольшая по площади мелководная часть, обширное ложе океана со средними глубинами и очень малые по площади участки очень больших глубин. С помощью батиграфической кривой можно выделить главные элементы рельефа дна океана.

1) подводная окраина материков (22% площади дна), включающая шельф, или материковую отмель (0—200 м), материковый склон (200—2000 м) и материковое подножие (2000—2500 м);

2) ложе океана (2500—6000 м), занимающее почти всю остальную площадь дна, за исключением особого вида рельефа — *океанических желобов*,

3) *океанические желоба* (глубже 6000 м), занимающие всего лишь 1,3% площади дна.

*Материковая отмель (шельф)* — верхняя мелководная часть подводной окраины материков (с глубинами в среднем до 200 м, иногда до 400 м). Шельф окаймляет материки и острова. Наибольшая ширина шельфа вдоль северных берегов Евразии, где его внешняя граница уходит в Северный Ледовитый океан на сотни километров. Велика его ширина и в Атлантическом океане вдоль берегов Европы и Северной Америки, а также у берегов Патагонии. Наименьшая ширина шельфа в Тихом океане вдоль западных берегов Северной и Южной Америки. Шельф занимает около 40% площади подводных окраин материков. Остальную, большую часть составляют материковый склон и материковое подножие.

*Материковый склон* распространяется от внешней границы шельфа и иногда до глубин 3,5 км. Это как бы боковая грань материковой глыбы. Материковый склон имеет большие уклоны (в среднем 4—7°, иногда до 30°). На некоторых участках океана материковый склон прорезан глубокими *подводными каньонами*. Полагают, что часть каньонов — результат тектонических процессов, большинство — следствие воздействия так называемых «мутьевых», или суспензионных потоков, как бы «пропиливающих» склон. Некоторые каньоны представляют собой затопленные долины и русла крупных рек.

*Материковое подножие* занимает пространство с глубинами кое-где до 4000 м. Здесь встречаются конусы выноса упомянутых выше каньонов (их называют «*глубоководными конусами выноса*»), а в целом это как бы шлейф осадков, накопленных у материкового склона, подобный шлейфам, образующимся у подножия гор на континентах.

За подножием в сторону океана (на глубинах более 4000— 4500 м) располагается *ложе океана*, которое по рельефу весьма неоднородно. На ложе океана выделяются как положительные, так и отрицательные формы рельефа.

К положительным формам относятся: *срединно-океанические хребты, подводные плато, отдельные подводные горы* — гайоты (в том числе подводные вулканы).

Срединно-океанические хребты, как и ложе океана, имеют тот же таксономический ранг, что и материковые структуры — шельф, склон и материковое подножие, но занимают вдвое большую площадь. В каждом океане существует хребет меридионального направления. Южные оконечности хребтов смыкаются с широтным подводным хребтом, расположенным между Антарктидой и материками Южной Америки, Африки и Австралии. Это величайшая горная система Земли, поэтому ее называют *планетарной системой срединно-океанических хребтов*. Общая протяженность системы более 60 000 км. Она занимает более 15% поверхности дна Мирового океана, имеет очень сложную геологическую структуру. Вдоль гребня хребта проходит рифтовая долина, хребет пересекают многочисленные поперечные разломы. Наиболее отчетливо на дне Мирового океана выражен Срединно-Атлантический хребет, который и изучен лучше других.

К отрицательным формам рельефа дна океана относятся *котловины, ложбины и океанические желоба* (глубиной более 6000 м).

*Океанические глубоководные желоба* — узкие и длинные, в плане обычно дугообразные депрессии, располагающиеся вдоль внешнего края островных дуг, а также некоторых материков. Ширина желобов от 1—3 км до нескольких десятков километров, а длина — сотни километров. Хотя океанические желоба и занимают очень малую долю площади дна в океане, они представляют собой очень своеобразный объект дна, привлекающий внимание не только геологов, но и гидрологов, так как в этих желобах создаются совершенно особые условия для развития гидрологических и биологических процессов.

На дне океана выделяют также *рифтовые долины, трансформные разломы* и другие элементы геотектонической структуры земной коры. К подобным образованиям относятся также *островные дуги*, как, например. Курильская, Марианская, Малая Антильская и др.

Как уже говорилось, в морской воде находится много примесей: растворенных веществ, коллоидов, взвесей, живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Эти примеси в океане, как в гигантском отстойнике, постепенно осаждаются на дно и формируют *донные отложения*, или *донные осадки*. Самый верхний слой этих осадков образует грунт дна, поверхностный слой литосферы под океаном.

В соответствии с характером исходного материала, из которого образуются донные отложения, они подразделяются на два основных типа: *терригенные* и *органогенные*, или *биогенные*. Такое деление в большой степени условно, так как в природе отложения обоих типов не локализованы строго и отнесение грунта к одному или другому типу определяется степенью преобладания органогенных или терригенных осадков.

К терригенным отложениям относятся продукты размыва суши — взвешенные наносы, выносимые реками, а также продукты разрушения берегов океана (абразии). Эти отложения занимают ближайшие к суше пространства дна — приблизительно одну четверть всей площади дна.

Органогенные отложения формируются из остатков отмерших планктонных организмов, живущих в воде (скелеты, раковинки, створки клеток фитопланктона).

В состав донных отложений входят также (в небольших количествах) *эоловые* (приносимые ветрами с суши), *пирокластические* (вулканогенные), *хемогенные* (различные конкреции) и *космические* материалы, попадающие в океан из космического пространства в виде пыли и магнитных шариков.

Ежегодно реки приносят в Мировой океан около 16 млрд. т осадков; ветры, как и вулканы, около 2 млрд. т, абразия берегов, как и айсберги, около 1 млрд. т, космический материал составляет всего 10 млн. т в год. Всего же, если учесть еще и биогенный и хемогенный сток рек, в донные отложения Мирового океана ежегодно поступает более 25 млрд. т разных осадков. Скорость осадкообразования в океанах очень мала, она измеряется миллиметрами за 1000 лет и весьма разнообразна: для красной глины— 1—5 мм/1000 лет, органогенного ила — до 60 мм/ 1000 лет. Скорость накопления осадков в морях на одина порядка выше, чем в океанах.

Поступая в океаны и моря, терригенные наносы движениями воды сортируются по крупности. Вблизи берега отлагаются наиболее крупные фракции (валуны, галька, гравий, песок). Более мелкие фракции — песок, ил (алеврит) и глина (пелит) -течениями могут быть вынесены на большие глубины.

Основная масса *терригенных отложений* в Мировом океане представлена илами. На дне океана формируются илы особого химического состава и цвета. Так, в высоких широтах встречается голубой ил, в Тихом и Индийском океанах — синий, у берегов Южной Америки— красный (определяется цветом выносимых реками наносов), в Черном море — черный (влияние H<sub>2</sub>S), в других районах океана — серый, белый, коричневый ил. Часто и название илу на океанском дне дают по его цвету.

*Органогенные отложения* на дне океана представлены остатками различных организмов. Наиболее широко распространены органогенные отложения — *известковые* и *кремниевые*. Первые представлены двумя разновидностями: *глобигериновыми* (покрывают около 3% ложа Мирового океана) и *птероподовыми илами*, вторые — *диатомовыми* илами, свойственными умеренным и полярным широтам, и *ра-диоляриевыми*, приуроченными к экваториальным широтам.

*Вулканогенные отложения* связаны с извержениями и поступлением в океан лавы, пепла, вулканической пыли как из вулканов на дне океана, так и из вулканов на суше.

*Хемогенные отложения* на дне океана — это результат биохимических процессов на дне и в придонных водах океана. Среди них *железомарганцевые конкреции*-, биохимические процессы, участвующие в их образовании, еще недостаточно изучены. Железомарганцевые конкреции представляют большой экономический интерес как концентраты полиметаллической руды. Уже ведутся исследования по разработке технологии их добычи. На дне океана встречаются и *фосфоритные конкреции*.

В некоторых, районах в прибрежных пляжевых песках формируются *россыпные ценных минералов*. В небольших прибрежных морских акваториях в условиях засушливого климата иногда выпадают *самосадочные соли*, например глауберова и поваренная.

*Космогенные отложения* на дне океана представлены в основном космической пылью, «космическими шариками», метеоритами.

Разные по происхождению отложения на дне океана формируются одновременно, поэтому они имеют сложный состав. Примером морских отложений смешанного состава является так называемая *глубоководная красная глина*, состоящая из частиц вулканического и космического происхождения, а также из алюмосиликатов органического происхождения и занимающая более 25% площади ложа океана.

Изучение донных грунтов необходимо для решения многих как научных, так и прикладных вопросов. Для морской биологии это биотоп, место обитания донных организмов (бентоса), для морской и не только морской геологии это начало образования горных пород (процессы диагенеза), геологическая хронология, изучаемая по стратификации донных отложений. Тесно связана с характером грунта геоморфология дна. Огромное значение имеет изучение грунта для морского и промыслового флота (в связи с тралением по дну, с постановкой судна на якорь, с возможностью его посадки на грунт и т. д.), для добычи полезных ископаемых со дна океана.

## 15 - ЛЕКЦИЯ СОЛЕВОЙ СОСТАВ И СОЛЕННОСТЬ ВОД ОКЕАНА

- План:** 1. Солевой состав океана.  
2. Соленость морской воды и ее распределение.  
3. Распределение солености.

### Солевой состав океана

Вода — активный растворитель, поэтому в морской воде присутствуют почти все известные на Земле элементы. Все растворенные вещества разделяются на четыре группы: группа, определяющая соленость воды, группа микроэлементов, точнее «рассеянных» элементов, группа биогенных веществ и группа растворенных газов.

Вещества первой группы содержатся в воде в наибольших количествах, измеряемых в граммах на килограмм, т. е. в тысячных долях, в промилле (‰). Они определяют *соленость воды*. Соленость, обозначаемая знаком  $S$  ‰,— характеристика, обуславливающая физические свойства морской воды: плотность, температуру замерзания, скорость звука и т. д. Ее значение зависит также от физических процессов — испарения, притока пресных вод, таяния льда, замерзания воды и т. д. *Соленость — важнейшая характеристика морской воды.*

Вторая группа примесей — элементы, содержащиеся в воде в ничтожных количествах в единице массы ( $10^{-3}$  —  $10^{-6}\%$ ), но в общей сумме их содержание в Мировом океане измеряется миллионами тонн (медь, уран, золото и др.).

К третьей группе веществ относятся соединения азота, фосфора, кремния и других элементов, участвующих в процессе жизнедеятельности организмов, поэтому они и названы *биогенными веществами*. Их содержание измеряется в миллиграммах на кубический метр, т. е. единицами, в миллион раз более дробными, чем измеряется соленость. Эти вещества не влияют на физические свойства воды, а их количество и соотношение определяются биохимическими процессами жизнедеятельности.

Четвертая группа веществ — *газы*, содержащиеся в количествах, измеряемых миллиграммами на литр воды. Это кислород, азот, сероводород и другие газы, количество которых связано как с физическими факторами (температура, давление, соленость), так и с биологическими.

Кроме того, в морской воде присутствуют растворенное органическое вещество в виде коллоида, механические примеси (взвесь) в виде материала, снесенного с суши, или остатков отмерших организмов, и наконец, в виде живых организмов от бактерий до рыб и млекопитающих.

*Еще в начале XIX в. было замечено, что количество растворенных в водах океана солей может сильно различаться, но солевой состав, соотношение разущных солей, определяющих соленость вод, во всех районах Мирового океана*

одинаковы. Эта закономерность формулируется как свойство постоянства солевого состава морских вод. Это свойство вод Мирового океана было обнаружено в результате изучения химических анализов проб воды, полученных во время кругосветной экспедиции «Челленджера» В. Дитмаром, и с тех пор никогда не опровергалось.

Было показано, что как в опресненном Балтийском море, так и в сильно осолоненном Красном море солевой состав вод одинаков. Исключение составляют лишь сильно опресненные воды прибрежных районов со значительным речным стоком. Ниже приведены солевой состав морской воды и концентрация различных ионов в воде средней солености (35,16 ‰) по О. А. Алекину и Ю. И. Ляхину (1984):

Содержание солей, % от массы солей

Хлориды (галоиды)	88,7
Сульфаты	10,8
Карбонаты	0,3
Прочие	0,2
<b>Всего</b>	<b>100 %</b>

Анионы, ‰	Катионы, ‰
Cl <sup>-</sup> 19.35	Na <sup>+</sup> 10.76
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 2.70	Mg <sup>2+</sup> 1.30
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.14	Ca <sup>2+</sup> 0.41
Br <sup>-</sup> 0.07	K <sup>+</sup> 0.39
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.03	Sr <sup>2+</sup> 0.01
Сумма 22,29	Сумма 12,97

**Всего 35,16**

Как видно из приведенных данных, воды океанов и морей могут быть отнесены к хлоридному классу и натриевой группе. Этим морские воды существенно отличаются от речных. Всего лишь восемь ионов дают более 99,9% общей массы солей в морской воде. На оставшиеся 0,1% приходятся практически все другие элементы Периодической таблицы Менделеева.

### Соленость морской воды и ее распределение

Соленость морской воды — это содержание в граммах всех минеральных веществ, растворенных в 1 кг морской воды, при условии, что бром и иод замещены эквивалентным количеством хлора, все углекислые соли переведены в оксиды, а все органические вещества сожжены при температуре 480° С. Соленость воды выражается в г/кг, т. е. в тысячных долях — промилле и, как было сказано, обозначается S ‰.

Соленость морской воды близка к понятию минерализации (М, мг/л). При солености до 50 ‰ S ‰ ~ М •

Соленость морской воды определяют по содержанию хлора или по электропроводности воды, так как морская вода — это электролит: чем больше солей в воде, тем больше ее электропроводность, т. е. меньше сопротивление; измеряя последнее, можно по таблицам пересчитать его в соленость. Можно использовать измерения угла преломления света в воде, так как этот угол зависит от солености. Можно получить соленость и по измерениям плотности воды. Наиболее точен полный химический анализ, однако этот способ слишком трудоемкий.

Очень прост способ прямого измерения плотности при помощи ареометра. Прибор позволяет легко определить плотность воды, а затем при помощи таблиц

получить значения солености. Этот способ, однако, слишком груб. Он дает точность только до 0,05 ‰.

Практически больше всего используется способ определения солености по концентрации хлора, а точнее по *хлорности* (*хлорностью называется суммарное содержание в граммах на 1 кг морской воды галогенов — хлора, брома, фтора и иода при пересчете на эквивалентное содержание хлора*). Этот способ при оптимальных возможностях позволяет определять соленость с точностью до 0,01‰. М. Кнудсен еще в 1902 г. получил формулу

$$S\text{‰} = 0,030 + 1,805 C1\text{‰},$$

где C1 — хлорность воды.

В 1967 г. международным соглашением вместо формулы Кнудсе на была принята более простая, но немногим менее точная формула:

$$S\text{‰} = 180655 C1\text{‰}.$$

Эта формула получила название «международной».

Так как солевой состав окраинных и средиземных морей несколько отличается от среднего солевого состава океанских вод, существуют и специальные формулы аналогичной структуры для отдельных морей. Так, для вод Черного моря используют формулу

$$S = 1,1856 + 1,7950 C1, \text{ Балтийского — } S = 0,115 + 1,805 C1, \text{ Азовского — } S = 0,21 + 1,794 C1 \text{ (S и C1 - в ‰)}.$$

По той же схеме рассчитаны формулы и для многих озер с соленой и солоноватой водой. Так, для вод Каспийского моря используется формула  $S = 0,140 + 2,360 C1$ .

**Распределение солености воды на поверхности океана.** В целом оно находится в полном согласии с распределением составляющих водного баланса океана — с осадками и испарением (см. рис. 15.1, рис. 15.2).

Зональные закономерности в распределении солености на поверхности океана показывают средние годовые карты изогалин. По картам видна общая картина уменьшения солености в направлении к высоким широтам, связанного с увеличением в этом направлении разницы  $x - z$  и материкового стока, и понижение солености воды (до 34—35‰) непосредственно в экваториальной зоне, обусловленное резким повышением количества осадков и несколько пониженными значениями испарения (зона штилей и повышенной влажности воздуха). Выделяются зоны повышенной солености в тропических районах по обе стороны экватора, связанные с пониженным количеством осадков и повышенным испарением в районах сильных пассатных ветров.

Широтное (зональное) распределение солености воды на поверхности Мирового океана нарушают три фактора: течения, реки и льды.

Течения в океанах в средних широтах (около 40°) у западных берегов направлены на север и юг от пассатов. Они переносят более соленые (и теплые) воды в направлении высоких широт. С севера и юга из умеренных широт, вдоль восточных берегов океанов течения направлены к пассатным течениям. Они несут менее соленые воды.



Рис. 15.1. Соленость (‰) на поверхности Мирового океана (средняя годовая).

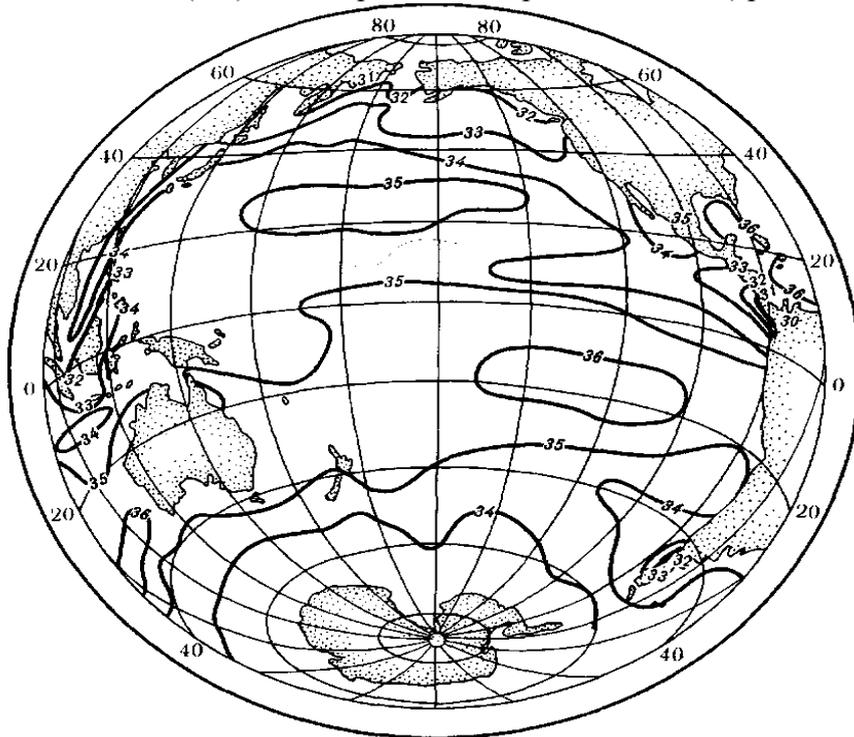


Рис. 15.2. (Продолжение)

Оба эти элемента общей циркуляции вод нарушают зональное распределение солености, и у западных и восточных берегов океанов наблюдается даже почти меридиональное направление изогалин.

Реки опресняют приустьевые районы океанов и особенно морей. Очень велико влияние Ганга, Нигера, Конго (Заир) и, конечно, Амазонки, опресняющее

влияние которой ощущается в океане на расстоянии 500—1000 км от устья реки. Существенно опресняют арктические моря Обь, Енисей, Лена.

Роль сезонных льдов еще недостаточно оценена. Зимой, в стадии замерзания, они приводят к осолонению воды, а весной — наоборот, таяние льда приводит к заметному уменьшению солености воды. Помимо общего уменьшения солености к высоким широтам, связанного с таянием льдов, существенное опресняющее влияние имеют льды, тающие в заливах, особенно весной.

Из общей схемы распределения солености воды на поверхности океана, представленной картами (рис. 10.3), выпадают внутренние моря, где опресняющее влияние рек часто очень велико. Так, соленость воды Балтийского моря (10—12‰, в заливах 2—6‰), Белого (24—30‰), Черного (16—18‰), Азовского (10—12‰) заметно меньше солености вод океана. Но бывает и наоборот — существенное увеличение солености в некоторых внутренних морях. Например, если пресная составляющая водного баланса невелика, а испарение воды значительно, соленость вод может достигать 38—39‰ (Средиземное море, Персидский залив) и даже 40—42‰ (Красное море).

К более соленым относятся поверхностные воды Атлантического океана (в среднем 35,4‰). Менее соленая вода в Тихом (34,9‰) и Индийском (34,8‰) океанах. Значительно опреснена вода верхних слоев в Северном Ледовитом океане (29—32‰, у берегов — 10‰).

**Распределение солености в толще вод океана.** На поверхности океана величина солености определяется процессами, формирующими водный баланс: соленость выше там, где пресная составляющая мала, ниже — на участках, где ее значение больше. С поверхности в глубь океана соли распространяются процессами перемешивания, глубина которого ограничена некоторыми пределами значений плотности. Обычно это десятки или немногие сотни метров. В основной же массе вод океана распределение солености так же, как и других океанологических характеристик, связано с горизонтальным переносом, т. е. с течениями, с адвекцией. Поэтому вертикальная структура вод океана весьма неоднородна, в океане существует много «инородных» прослоек, выявляющихся в виде *глубинных экстремумов* этих характеристик. Преобладает общая закономерность роста солености вниз, в толщу воды, потому что это обеспечивает возможность вертикального равновесия слоев воды: чем больше соленость, тем больше ее плотность. Но из-за того что плотность зависит еще и от температуры, это равновесие возможно и при уменьшении солености, если низкая температура компенсирует уменьшение плотности из-за солености. *Таким образом высокая температура воды может «снять» большую плотность из-за высокой солености.* Поэтому в океане существует очень сложная картина вертикального распределения океанологических характеристик, отмечается много «промежуточных слоев», в частности и по солености. Можно привести некоторые схемы, но давать их полно — значит выйти за рамки «Общей гидрологии», так как это уже сфера специальной науки — *океанологии*. Общую закономерность хорошо показывают разрезы вдоль меридианов для трех океанов.

На разрезах видно и подтверждение зональности распределения солености в поверхностных водах, и общая закономерность роста солености с глубиной, с постоянно выравнивающейся (почти до полной однородности) соленостью нижних вод; видны и промежуточные слои с существенно разнящейся соленостью, вызванной, как было сказано, адвекцией, горизонтальным переносом вод.

## 16-ЛЕКЦИЯ МОРСКИЕ ТЕЧЕНИЯ

- План:** 1. Классификация морских течений.  
2. Теория ветровых течений.  
3. Уровень океанов и морей.  
3.1. Кратковременные колебания уровня.  
3.2. Сезонные колебания уровня.  
3.4. Долговременные изменения уровня.

### Классификация морских течений

Течения в океане возбуждаются и существуют под действием двух сил: трения и силы тяжести, соответственно и течения разделяются на фрикционные и гравитационные.

Причин же, порождающих течения, может быть несколько: ветер, разность плотностей, разность уровней, созданная атмосферным давлением или притоком воды из рек, и др. Эти факторы приводят в движение воду, моря, которое приобретает поступательный характер. Если причины, вызывающие поступательное движение воды, действуют кратковременно, то перенос невелик, и течения имеют эпизодический, кратковременный срок существования — это *случайное течение*. Если же определяющий фактор действует длительно, устойчиво, то образуется так называемое *постоянное течение*, линейный масштаб которого порядка 1000 км. Именно такие течения обеспечивают обмен вод между различными частями океана, именно они переносят тепло и соли, т. е. осуществляют единство Мирового океана.

На течения влияют не только силы, вызвавшие их, но и силы вторичные, проявляющиеся вместе с возникновением течения: сила внутреннего трения (вязкость) и сила Кориолиса. Эти силы сами течения не вызывают, но они влияют на существующее течение. Сила трения на границах течения тормозит его, поглощая часть кинетической энергии потока, а сила Кориолиса вынуждает поток отклоняться от своего направления в северном полушарии вправо, в южном — влево.

Лучше всего разработаны две теории течений: теория Экмана, связанная с фрикционными течениями, и теория Бьеркнеса, связанная с илотностными течениями.

### Теория ветровых течений

В основе любой теории течений лежат уравнения гидродинамики, которые в каждом конкретном случае упрощаются в соответствии с задачей. В. Экман оставил из всей системы два уравнения, учитывающие только две силы, уравновешивающие одна другую: трения и Кориолиса:

$$\begin{aligned}\mu/\rho \cdot \partial^2 u / \partial z^2 &= -2 \omega v \sin \psi, \\ \mu/\rho \cdot \partial^2 v / \partial z^2 &= 2 \omega u \sin \psi,\end{aligned}$$

где  $\mu$  - динамический коэффициент вязкости,  $\rho$  — плотность воды,  $u$  и  $v$  - компоненты скорости по осям координат  $x$  и  $y$ , ось  $z$  — направлена вниз,  $\omega$  — угловая скорость вращения Земли. Уравнения В. Экман составил по условиям задачи, сформулированной Ф. Нансеном на основе выводов из анализа дрейфа «Фрама» в Северном Ледовитом океане (см. 10.7.3): предполагается плоский, безграничный, бесконечно глубокий океан, однородный по плотности и вязкости. Ветер тоже безграничен и постоянен, движение установившееся (стационарное). В этих сильно упрощенных условиях и решение получилось очень простым;

$$u = V_0 e^{-az} \cdot \cos(\pi/4 - az)$$

$$v = V_0 e^{-az} \cdot \sin(\pi/4 - az)$$

где  $V_0$  — скорость течения на поверхности океана, а  $a = \sqrt{\rho} \omega \sin \psi / \mu$ .

Уравнения показывают, что течение на поверхности отклоняется от направления ветра (оно принято вдоль оси ординат), т. е. в направлении компоненты  $v$ , на  $45^\circ$  вправо в северном полушарии и влево — в южном. Под поверхностью течение с глубиной уменьшается по абсолютной величине по экспоненциальному закону и продолжает отклоняться вправо в северном полушарии, влево — в южном. Проекция на поверхность океана пространственной кривой, проходящей через концы векторов скорости (огibaющая), выразится логарифмической спиралью — спиралью Экмана (рис. 16.1)

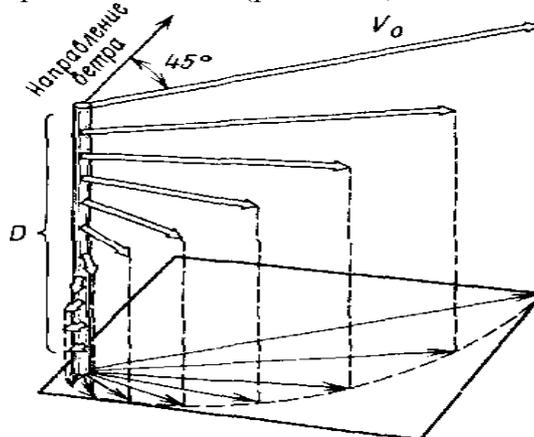


Рис. 16. Схема структуры ветрового течения (по В. Экману).

На горизонте  $z = l/a$  течение имеет направление, противоположное поверхностному, а скорость равна  $1/23$  (около 4%) поверхностной, т. е. скорость практически затухает (следует вспомнить такую же закономерность и в волнении). Этот горизонт  $Z = D$ , называемый *глубиной трения*, вычисляют по формуле

$$D = l/a = l \sqrt{\mu/\rho} \omega \sin \psi$$

*a* весь слой называется *экмановским или слоем, трения*.

Глубина трения, таким образом, зависит от широты. Она изменяется от минимального значения на полюсе до максимального (бесконечности) на экваторе, где синус широты равен нулю. Это значит, что по теории ветровое течение на экваторе должно распространяться до дна, чего в природе нет. Толщина слоя ветрового течения практически ограничивается несколькими десятками метров.

### Уровень океанов и морей

Свободная поверхность Мирового океана должна бы иметь форму *геоида* — фигуры, слегка отличающейся от правильного эллипсоида вращения, который создается силами тяготения и центробежной из-за суточного вращения Земли. Отличие геоида от правильной геометрической фигуры обусловлено прежде всего неоднородным распределением масс в теле Земли; земная кора под океаном и материками к тому же сложены породами различной плотности и различного объема. На форму геоида влияют и различия среднего атмосферного давления. Невозмущенная поверхность океана принимается в качестве основной, «нулевой»

для отсчета высот суши и глубин океана. Реальная поверхность океана, как это видно из предыдущего материала, постоянно испытывает возмущения, вызываемые волнением, приливами, течениями, различием плотностей, изменением объема и массы воды в океане. Возмущения обладают разными периодами и амплитудами, что создает огромные трудности в определении положения уровенной поверхности. За последние годы получают развитие спутниковые альтиметрические измерения, которые уже позволили обнаружить отклонения реальной поверхности океана от теоретического *референц-геоида* на десятки метров в обе стороны. Тем не менее *геоид остается эквипотенциальной поверхностью, на которой сохраняется одинаковое значение потенциала силы тяжести.*

Все деформации уровня происходят около положения равновесия, поэтому периодические и случайные отклонения могут быть исключены путем осреднения. Тогда останется только влияние постоянных факторов. Именно такой рельеф поверхности океана показывает динамическая карта (см. рис. 10.19). В Мировом океане разности отклонений уровня, как показывают расчеты, могут достигать 2—3 м на расстояниях в тысячи километров только из-за течений.

Высота фактической уровенной поверхности моря над некоторой отсчетной поверхностью называется *уровнем моря* и измеряется в сантиметрах. Рассматривается несколько характеристик уровня: *мгновенный*, существующий в данный момент, *средний*, *наивысший* и *наинизший* за различные интервалы времени — *суточный*, *декадный*, *месячный*, *годовой*, *многолетний* и т. д. *За нуль отсчета тоже принимаются разные поверхности:* наинизшая сизигийная малая вода, средняя сизигийная малая вода для морей с приливами, средний многолетний уровень для морей без приливов. Отсчетные поверхности принимаются за *нуль глубин* — уровень, к которому приведены все глубины, показанные на карте, так как измерения глубин могли производиться при разном стоянии уровня. Для каждого уровенного поста, на котором производятся наблюдения, может существовать свой *нуль поста*, и положение его привязывается нивелировкой к государственной системе высот; в нашей стране это Балтийская система.

**Кратковременные колебания уровня.** Выше были рассмотрены кратковременные, продолжительностью в часах и в сутках, периодические колебания уровня: приливы, сейши. Но могут происходить и непериодические колебания, вызываемые синоптическими процессами в атмосфере, влиянием давления и ветра, поэтому иногда они называются *анемобарическими колебаниями уровня*. Атмосферные процессы вызывают в море прибрежную циркуляцию и приводят к повышениям (нагон) или к понижениям (сгон) уровня у берега. Эти колебания называются *сгонно-нагонными*.

Размах колебаний бывает меньше у приглубых берегов и больше у отмелей. В бухтах и в заливах у мелководных берегов нагоны поднимают уровень до 3—4 м, как это наблюдается в Невской губе, в вершине Таганрогского залива; при весьма пологом побережье большие сгонно-нагонные колебания уровня сопровождаются перемещениями уреза воды на сотни метров и километры: то заливается суша, то обнажается дно моря. Катастрофические масштабы сгонно-нагонные колебания уровня принимают при прохождении тайфунов.

Сгонно-нагонные колебания уровня — явление очень сложное, для его понимания необходимо учитывать характер синоптического процесса, очертания берега и рельефа дна моря, динамику вод, включая течения, приливные и сейшевые колебания. Изучение сгонно-нагонных колебаний уровня показало, например, что в катастрофических ленинградских наводнениях играет роль характер циклонов и их прохождения по Балтийскому морю, длинная волна сейшевого типа в открытой части моря, наконец, резонанс волн приливного периода в Невской губе.

Для каждого участка берега можно выделить сгонные, нагонные и нейтральные ветры. При этом направления эти могут быть различными для разной силы ветра и связаны с размерами акватории, над которой дует ветер.

К сгонно-нагонным колебаниям уровня можно отнести и муссонные колебания, отличающиеся правильной сезонной периодичностью. Они заметны на всех побережьях муссонных районов Мирового океана.

Все виды сгонно-нагонных колебаний уровня связаны лишь с перемещением масс воды, и всякий нагон в одном участке моря связан со сгоном в другом, и средний уровень моря при этом не изменяется.

**Сезонные колебания уровня.** Для выяснения *сезонных (внутригодовых) колебаний уровня* используются величины среднего месячного уровня. Такое осреднение «снимает» влияние случайных и короткопериодных, вплоть до приливных колебаний. Колебания определяются изменением объема воды в бассейне, что, в свою очередь, может быть вызвано изменением массы воды (водным балансом) или изменением плотности воды, т. е. ее температуры и солености без изменения массы воды. К этому следует прибавить еще влияние сезонных колебаний атмосферного давления и ветров, что также дает свой вклад в закономерность хода уровня.

Внутригодовые колебания уровня моря невелики и изменяются в пределах 20—30 см. Наиболее высокое положение уровня обычно приходится на лето, когда все факторы ведут к его росту: меньшее атмосферное давление, слабые ветры, высокие температуры, сток рек весеннего половодья. Зимой все факторы направлены в сторону понижения уровня. При этом замечена еще разница в характере климатического типа атмосферной циркуляции. Указанные выше сезоны повышенного и пониженного стояния уровня относятся к муссонному типу циркуляции, при зональном типе картина обратная: повышенный уровень приходится на зимнее время, а пониженный — на летнее.

Иногда сезонные колебания уровня оказываются более сложными, как, например, в Балтийском море, где наблюдаются два максимума: летний и осенний. Первый определяется обычным годовым ходом гидрометеорологических характеристик, второй, осенний, связан с осенним максимумом атмосферных осадков в бассейне моря и увеличением материкового стока. Последний оказывает очень сильное влияние на сезонный ход уровня в арктических морях.

**Долгопериодные изменения уровня.** Из средних месячных уровней можно получить средний годовой уровень для каждого отдельного года. Они оказываются различными, что показывает на существование *многолетних* или *межгодовых колебаний*. Колебания отражают изменчивость такого же характера в атмосфере, а их природа еще не выяснена, так же, как и природа длительных климатических изменений. В наше время размах межгодовых колебаний уровня укладывается в 20—30 см. Хотя закономерность колебаний выяснить еще не удалось, но есть попытки обнаружить какую-то их периодичность. Так, американский ученый Х. Мармер, изучая многолетний ход уровня у берегов Северной Америки, пришел к выводу, что периодичность колебаний уровня на Атлантическом побережье 9 лет, на Тихоокеанском — 4—5 лет.

Существуют и еще более длительные колебания — *вековые*, измеряемые периодами в несколько десятилетий и сотен лет. Они изучены еще меньше.

Существуют, наконец, и еще более длительные периоды колебания уровня, *периоды геологического масштаба* — тысячелетия и миллионы лет. Они связаны как с изменением массы воды в океане — *эвстатические колебания уровня*, так и с *медленными, эпейрогвническими движениями земной коры*. Первые связаны главным образом с изменением объема материковых ледников, вторые — с тектоническими процессами и изменением формы и размеров океанов. Последнее обстоятельство создает огромные трудности в определении абсолютного положения уровня. Как было сказано, он определяется по отношению к некоторому

«нулю высот», в СССР — к Балтийской системе. Но если суша не неподвижна, то и нуль не абсолютен. Для Балтийской системы действительно замечено закономерное поднятие Фенноскандии со скоростью до 1 см/год. Его связывают с таянием ледникового щита и восстановлением изостазии.

Следовательно, необходимо тщательное изучение уровня Мирового океана, так как он может служить опорой отчета высот и глубин только тогда, когда хорошо известна изменчивость его колебаний.

Изучение уровня Мирового океана необходимо для удовлетворения чрезвычайно большого круга интересов — от чисто прикладных, частных, как составление навигационных карт, и крупных, как изучение климата, и до глобальных научных проблем геологического, геофизического и геодезического характера.

## **17-ЛЕКЦИЯ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ**

- План:**
1. Теория и гипотезы образования подземных вод.
  2. Классификация подземных вод по условиям их происхождения.
  3. Движение подземных вод.
  4. Режим подземных вод.
  5. Роль подземных вод в питание рек.

Подземными водами будем называть содержащиеся в земной коре воды, находящиеся в активном взаимодействии с атмосферой и поверхностными водами (океанами и морями, реками, озерами и болотами) и участвующие в круговороте воды на земном шаре. Подземные воды в таком понимании представлены в основном капиллярной и свободной (гравитационной) водой, а также перемещающимся в порах грунта водяным паром.

Но современным представлениям подземные воды по происхождению могут быть как *экзогенными* (их источник — водные объекты на поверхности суши и влага атмосферы), так и *эндогенными* (их источник — сама литосфера).

*Экзогенные подземные воды* попадают в горные породы либо при процессах инфильтрации и конденсации, либо в результате седиментации (осадконакопления). Эти воды называют соответственно *инфильтрационными*, *конденсационными* и *седиментационными*.

*Инфильтрационные подземные воды* проникают в горные породы путем инфильтрации атмосферных, речных, морских и озерных вод. Основную роль при этом играет проникновение в грунт через поры и трещины практически пресной атмосферной воды. *Конденсационные подземные воды* образуются при конденсации в порах грунта водяного пара, перемещающегося в грунте под влиянием разности его упругости. Считают, что вклад этого вида питания подземных вод невелик, однако в некоторых физико-географических условиях, например в пустынях, может иметь существенное значение. *Седиментационные подземные воды* образуются из вод того водного объекта, где происходил процесс седиментации, т.е. отложения ила. Воды такого типа распространены в ложах океанов и морей, где образуют так называемые «иловые растворы».

*Эндогенные подземные воды* образуются в горных породах в результате дегидратации минералов (такие воды называют *дегидратационными* или «*возрожденными*») или поступают из магматических очагов, в частности в районах современного вулканизма (их называют «*ювенильными*» водами).

Инфильтрационные, конденсационные, седиментационные, дегидратационные и «ювенильные» воды при своем перемещении в горных породах смешиваются, образуя *смешанные* по происхождению воды.

## Классификации подземных вод

Подземные воды классифицируют по происхождению, физическому состоянию, а также по характеру вмещающих их грунтов, гидравлическим условиям, температуре, минерализации и химическому составу, характеру залегания.

По **характеру вмещающих воду грунтов подземные воды** подразделяют на *паровые*, залегающие в рыхлых пористых грунтах; *пластовые*, залегающие в пластах осадочных горных пород; *трещинные*, отлагающиеся в плотных, но трещиноватых осадочных, магматических и метаморфических горных породах; *трещинно-жилльные*, залегающие в отдельных тектонических трещинах.

По **гидравлическим условиям подземные воды** подразделяют на *напорные* (артезианские и глубинные) и *безнапорные* (грунтовые).

По **температуре подземные воды** делятся на *исключительно холодные* (ниже  $0^{\circ}\text{C}$ ), *весьма холодные* ( $4\text{--}20^{\circ}\text{C}$ ), *теплые* ( $20\text{--}117^{\circ}\text{C}$ ), *горячие* ( $37\text{--}42^{\circ}\text{C}$ ), *весьма горячие* ( $42\text{--}100^{\circ}\text{C}$ ), *исключительно горячие* (более  $100^{\circ}\text{C}$ ). К так называемым *термальным водам* (Плюют воды с температурой более  $20^{\circ}\text{C}$ . Если такие воды имеют **Лечебное** значение (обычно это воды и специфического химического состава), их называют «*термами*». Они встречаются, например, на Камчатке и на Камчатке.

По **минерализации подземные воды**, как и все природные воды. Делят на *пресные* (до 1‰), *солончатые* ( $1\text{--}25\%$ ) и *рассолы* (более 50‰). Состав пресных подземных вод часто близок к составу связанных с ними поверхностных вод (преобладают ионы  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ; реже  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ). Солончатые подземные воды могут относиться к любому классу, но чаще — к гидрокарбонатному или сульфатному. Преобладают катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Солёные подземные воды и рассолы могут быть связаны с современными или древними морскими бассейнами, а также образоваться при выщелачивании легкорастворимых солей  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  и др. Преобладают ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ .

Подземные воды, оказывающие бальнеологическое воздействие на организм человека, называют *минеральными*. Они подразделяются на *углекислые* (например, северокавказские минеральные воды — Боржоми, Нарзан); *сульфидные*, или *сероводородные* (например, воды Мацесты); *железистые и мышьяковистые* (минеральные воды Кавказа, Закарпатья, Урала и др.), а также *бромистые* и *иодистые воды*; *воды с большим содержанием органических веществ* (воды в районе Трускавца); *родановые воды* (Цхалтубо, Пятигорск) и др.

Наиболее важна в научном и практическом отношении классификация подземных вод по **характеру залегания**, использующая и некоторые другие классификации.

Классификации по характеру залегания подземных вод (их иногда называют «общими») разрабатывали такие известные гидрогеологи, как Ф. П. Саваренский, А. М. Овчинников, Е. В. Пинеккер и др. Ниже приведена классификация, в основном базирующаяся на предложениях А. М. Овчинникова и Е. В. Пинеккера.

Подземные воды на Земле, находясь в жидком состоянии, могут быть прежде всего подразделены на две большие группы: *подземные воды суши* и *подземные воды под океанами и морями*. До настоящего времени гидрогеология занималась по существу лишь подземными водами суши. Подземные воды под океанами и морями изучены еще очень слабо.

Подземные воды суши можно подразделить на *подземные воды зоны аэрации* и *зоны насыщения*. Зона аэрации охватывает верхние не насыщенные водой слои грунтов, включая почву от дневной поверхности до уровня грунтовых вод. Через эту зону осуществляется связь подземных вод с атмосферой. Зона насыщения

характеризуются тем, что поры и пустоты в ее пределах полностью заполнены (насыщены) жидкой водой. Сверху эта зона ограничена зоной аэрации или зоной многолетнемерзлых грунтов, снизу — глубиной критических температур, при которых существование жидкой воды невозможно, в зоне насыщения на континентах находятся подземные воды трех типов: *безнапорные грунтовые, напорные артезианские и глубинные.*

Под океанами и морями зона аэрации отсутствует, а в зоне насыщения отсутствуют *напорные воды*, гидравлически как связанные с подземными водами континентов, так и не связанные с ними.

Воды зоны аэрации и грунтовые воды имеют свободную связь с атмосферой и формируются под непосредственным влиянием физико-географических условий. Грунтовые воды, кроме того, связаны с поверхностными водами (реками, озерами и др.) и играют поэтому важную роль в питании этих водных объектов. Подземные воды участвуют в круговороте воды на земном шаре в основном согласно двум схемам: грунтовые воды зоны аэрации атмосфера и грунтовые воды поверхностные воды.

Зона аэрации занимает верхний слой почвенно-грунтовой толщи: от земной поверхности до уровня грунтовых вод.

Через зону аэрации осуществляется взаимосвязь атмосферы и грунтовых вод (рис. 17.1 а). В этой зоне происходят: инфильтрация дождевых и талых вод, формирование почвенной воды и верховодки, фильтрация гравитационной воды и десукция влаги растениями с последующей ее транспирацией.

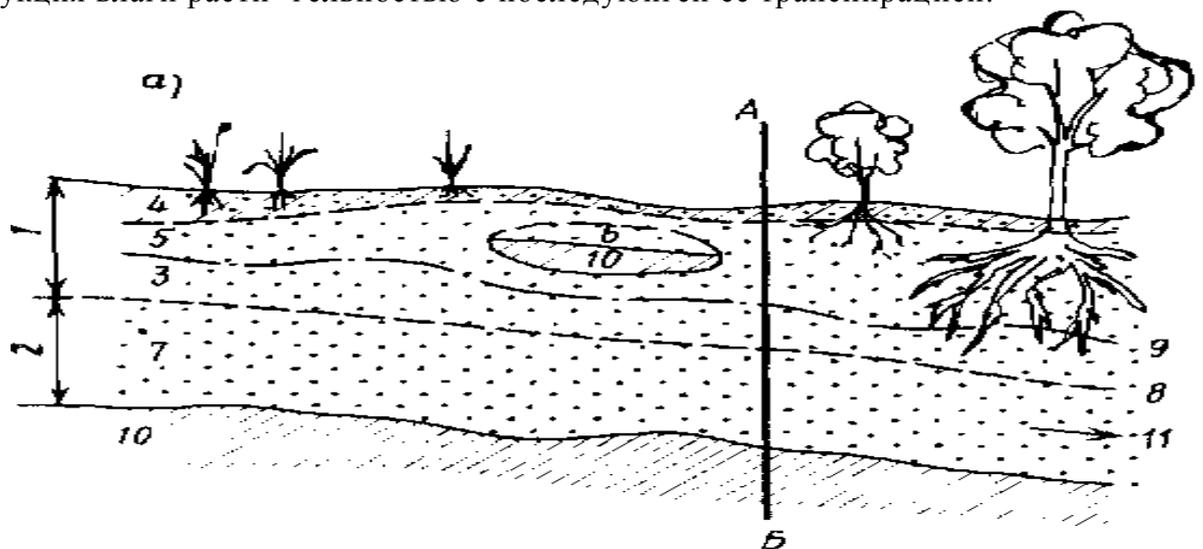


Рис. Схема залегания вод зоны аэрации и грунтовых вод а) и вертикального распределения влажности грунта по разрезу А — Б после обильного увлажнения

При полном насыщении грунта могут сформироваться как безнапорные (грунтовые), так и напорные (артезианские) воды. Влажность грунта в обоих случаях достигает полной влагоемкости.

*Грунтовые воды* — это подземные воды первого от поверхности! постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном по площади водоупорном пласте (см. рис. 17.1). Эти безнапорные гравитационные воды имеют свободную поверхность, называемую *уровнем*, или *зеркалом грунтовых вод*. Грунтовые воды питаются путем инфильтрации через зону аэрации атмосферных осадков, фильтрации вод водотоков и водоемов (рек, каналов, озер, водохранилищ и т.д.) и конденсации водяного пара. Иногда в питании грунтовых вод участвуют и более глубокие водоносные напорные горизонты. Грунтовые воды распространены почти повсеместно, тяготеют к

рыхлым четвертичным отложениям (ледниковым, речным, озерным и морским, современным аллювиальным, коре выветривания), участвуют в питании поверхностных вод, легко доступны для практического использования.

Грунтовые воды обладают изменчивым режимом, связанным с режимом питания и разгрузки. Области их питания и распространения обычно совпадают или расположены близко друг от друга.

Расстояние от земной поверхности до уровня (зеркала) грунтовых вод называют *глубиной залегания грунтовых вод*. Она колеблется практически от нуля в зоне избыточного увлажнения до десятков метров в зоне недостаточного увлажнения. Уровень грунтовых вод испытывает сезонные и многолетние колебания.

Расстояние от кровли водоупорного пласта до уровня грунтовых вод называют *мощностью водоносного горизонта*. Ее величина изменяется вместе с изменением уровня грунтовых вод. Лежащая выше уровня грунтовых вод капиллярная зона испытывает колебания вслед за колебаниями уровня грунтовых вод.

Минерализация грунтовых вод может быть самой различной: от свойственной пресным водам до характерной для соленых или даже соленых вод. Грунтовые воды наиболее подвержены загрязнению.

Артезианские воды — это напорные подземные воды, залегающие в водоносных горизонтах между водоупорными пластами (рис. 5.3).

Артезианские воды залегают глубже горизонта грунтовых вод и имеют более стабильный режим. Области питания и распространения артезианских вод обычно не совпадают.

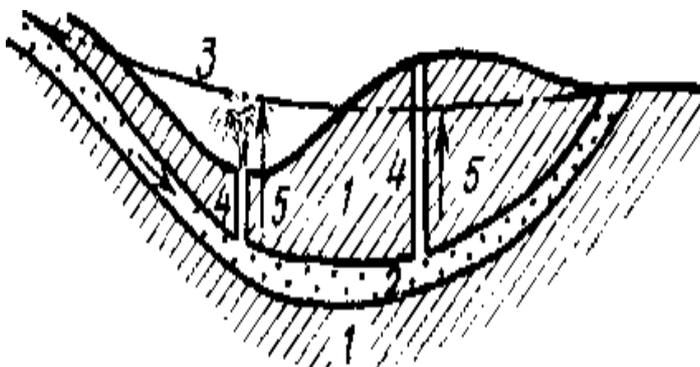


Рис. 17.2. Схема размещения артезианских вод:

1 — водоупорный пласт, 2 — артезианский водоносный горизонт, 3 — линия напора (пьезометрическая линия), 4 — скважины, 5 — высота подъема артезианских вод через скважины

#### Движение подземных вод

Под влиянием капиллярных сил, силы тяжести и гидростатического давления подземные воды приходят в движение. Движение подземных вод в зонах аэрации и насыщения существенно различается

**В зоне аэрации** происходит проникновение атмосферных осадков и поверхностных вод в грунт, называемое *инфильтрацией*. Различают *свободное просачивание* и *нормальную инфильтрацию*. В первом случае движение воды в грунте вертикально вниз происходит под действием силы тяжести и капиллярных сил в виде изолированных струек по капиллярным порам и отдельным канальцам; при этом пористое пространство грунта остается не насыщенным водой, в нем

сохраняется движение атмосферного воздуха, что исключает влияние гидростатического давления на движение воды. Во втором случае движение воды происходит сплошным потоком под действием силы тяжести, гидростатического давления и капиллярных сил; поры (аполнены водой полностью. Инфильтрационная вода может либо достичь уровня грунтовых вод и вызвать его повышение, либо остаться в зоне аэрации в виде подвешенной воды.

В зоне насыщения под действием силы тяжести и гидростатического давления свободная (гравитационная) вода по порам и трещинам грунта перемещается в сторону уклона поверхности водоносного горизонта или в сторону уменьшения напора. Это движение называется *фильтрацией*.

### Режим подземных вод

**Режим грунтовых вод.** Под *режимом грунтовых вод* понимаются закономерные пространственно-временные изменения их ресурсов и характеристик, включая изменения уровня, температуры и химического состава.

На режим грунтовых вод влияют прежде всего климатические факторы, определяющие питание грунтовых вод дождевыми и талыми водами. На питание грунтовых вод в разных природных условиях идет от 5 до 35% атмосферных осадков. Режим грунтовых вод зависит и от гидрологических факторов — режима связанных с грунтовыми водами водотоков и водоемов. Важную роль играют геологические условия и воднофизические свойства грунтов.

**Режим уровня грунтовых вод** определяется в конечном счете изменением составляющих уравнения водного баланса грунтовых вод. Изменение запасов грунтовых вод  $\pm \Delta u_{гр.в.}$  выразим через изменение их уровня  $\pm \Delta H$ . Сток грунтовых вод  $u_{гр.в.}$  представим как разность расходов притока и оттока грунтовых вод (соответственно  $Q_{пр}$  и  $Q_{отт}$ ), отнесенных к площади водоносного горизонта  $F$  (в  $m^2$ ). Тогда для интервала времени  $\Delta t$  уравнение водного баланса или уравнение для расчета изменения уровня грунтовых вод (5.13) будет выглядеть (в величинах слоя) следующим образом:

$$a/\Delta H = (Q_{пр} - Q_{отт}) \Delta t / F + u_{пит.гр.в} + Z_{гр.в} \pm U_{гл},$$

где  $u_{пит.гр.в.}$  - питание грунтовых вод из зоны аэрации,  $a$  — величина, характеризующая водоотдачу грунта — при снижении уровня грунтовых вод ( $a = \mu$ ), либо дефицит влажности (дефицит насыщения) — при повышении уровня грунтовых вод и аккумуляции вод в грунте ( $a = d$ ); при этом  $\mu$  и  $d$  должны быть выражены не в %, а в долях единицы.

Из уравнения следует, что уровень грунтовых вод должен реагировать прежде всего на изменение их питания, т.е. поступления под из зоны аэрации, и изменение режима притока — оттока грунтовых вод, часто связанного с режимом поверхностных вод (рек и озер). Среди факторов расходования грунтовых вод необходимо отметить испарение  $Z_{рп.в.}$ , а также искусственное дренирование (отпечку), в уравнении (5.18) не учтенное.

Поскольку упомянутые выше основные определяющие природные факторы испытывают многолетние, сезонные и суточные колебания, соответствующие изменения имеет и уровень грунтовых вод.

Многолетние колебания уровня грунтовых вод в основном обусловлены колебаниями атмосферных осадков и испарения. Наиболее важны сезонные колебания уровни грунтовых вод. Они имеют четко выраженный зональный характер, что объясняется особенностями питания и расходования грунтовых вод в различных географических зонах.

**Режим температуры грунтовых вод** формируется под влиянием ряда факторов, из которых главные — это колебания температуры воздуха и температуры инфильтрующих вод.

С глубиной многолетние, сезонные и суточные колебания температуры грунтовых вод быстро затухают. Положение зоны с постоянной температурой грунтовых вод наиболее высоко у экватора (всего несколько метров), что объясняется небольшой величиной сезонных колебаний температуры воздуха на поверхности земли (до 10—15°C); наиболее глубоко (до 41 м) зона постоянной температуры расположена в условиях резко континентального климата.

Температура воды в верхней части упомянутой зоны в пределах СНГ изменяется в меридиональном направлении (с севера на юг) от нуля до 20° С и примерно соответствует средней многолетней температуре воздуха на поверхности земли, обычно превышая ее всего на 1—3° С. На больших глубинах температура постепенно увеличивается с глубиной в соответствии с характерным для данного района так называемым *геотермическим градиентом*.

В провинции кратковременного летнего питания в многомерзлотных грунтах температура грунтовых вод даже в летние месяцы редко достигает 8—10° С. Зимой грунтовые воды деятельного слоя промерзают. В провинции сезонного питания четко выражен и сезонный ход температуры грунтовых вод, осложненный ее понижением в периоды инфильтрации талых вод. Колебания температуры грунтовых вод и этой провинции чаще всего наблюдаются в пределах от 2—5 до 10—12° С, реже — до 16—20° С. В провинции круглогодичного питания температура грунтовых вод обычно колеблется в пределах (от 10 до 20—25° С, а в наиболее теплых районах, как, например, в Таджикистане — от 15—16 до 33—36° С).

**Гидрохимический режим грунтовых вод** (изменение их минерализации и химического состава) также связан с водным режимом и характером питания и разгрузки грунтовых вод. Наиболее важное значение имеют разбавление грунтовых вод пресными дождевыми и талыми водами и интенсивность испарения воды.

В провинции кратковременного летнего питания минимальная минерализация грунтовых вод, иногда 5—30 мг/л, отмечается в весеннее и летнее время в результате разбавления грунтовых вод талыми водами. Максимальная концентрация солей (до 1 г/л и более) в грунтовых водах (там, где они не промерзают) наблюдается в предвесеннее время. Наиболее характерные ионы в грунтовых водах  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$ .

В провинциях сезонного и круглогодичного питания наблюдаются два типа гидрохимического режима подземных вод. Первый из них характеризуется весенним разбавлением грунтовых вод талыми и дождевыми водами. Минимальная минерализация грунтовых вод (соответствует с максимальными уровнями). Максимальная минерализация в провинции сезонного питания наблюдается в предвесеннее и летнее время, в провинции круглогодичного питания — в летне-осеннее время и, как правило, совпадает с минимальными уровнями грунтовых вод. В северных районах РСФСР и в Прибалтике в условиях избыточного увлажнения минерализация грунтовых вод колеблется в течение года в среднем от 10 до 400 мг/л.

В пределах средней полосы европейской территории СНГ в условиях умеренного и недостаточного увлажнения сезонные колебания минерализации возрастают по направлению на юг от 20 до 1000 мг/л и иногда до 2 г/л. В южных районах страны сезонные колебания минерализации могут быть еще больше (в Прикаспии от 0,2 до 11 г/л, в Средней Азии от 0,1 до 6 г/л). По направлению с севера на юг содержание ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Na}^+$  в солевом составе грунтовых вод постепенно возрастает.

Второй тип гидрохимического режима грунтовых вод характеризуется преобладанием испарения над питанием грунтовых вод, их выпариванием и снижением уровня. Эти процессы сопровождаются накоплением солей в зоне аэрации и увеличением минерализации грунтовых вод. В периоды зимнего или весеннего питания грунтовых вод инфильтрующиеся воды частично растворяют эти соли и еще более увеличивают минерализацию грунтовых вод. В отличие от предыдущего типа в данном случае максимальная минерализация! грунтовых вод наблюдается при максимальных уровнях, а минимальная минерализация — при минимальных уровнях грунтовых вод. В солевом составе преобладают ионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ .

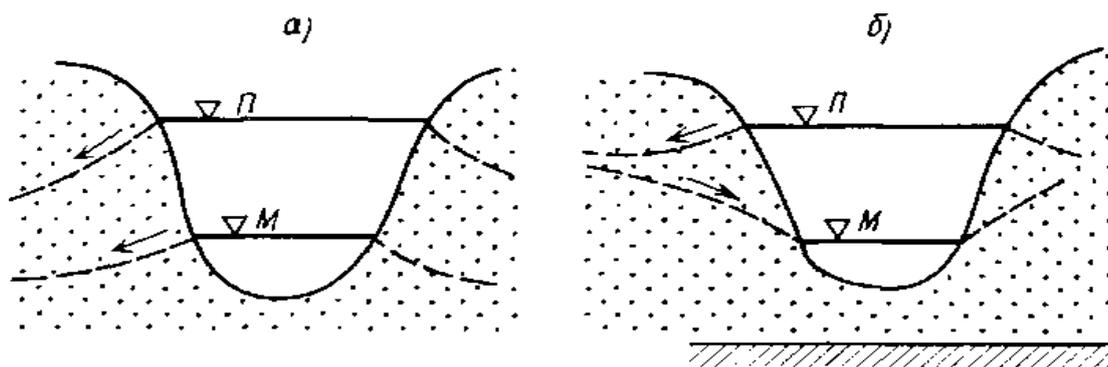
Наконец, при больших глубинах залегания уровня (более 10 м) отмечается особый тип гидрохимического режима грунтовых вод, характеризующийся ничтожными сезонными колебаниями минерализации.

Во всех провинциях с глубиной сезонные изменения минерализации и солевого состава грунтовых вод затухают.

Специфические колебания уровня, температуры и химического состава испытывают грунтовые воды, находящиеся вблизи рек, озер и водохранилищ и связанные с ними гидравлически, для режима уровня грунтовых вод в этих случаях характерны, например, колебания, следующие за колебаниями уровня воды в водотоке или водоеме.

#### Роль подземных вод в питании рек

Обмен подземных вод и вод океанов и морей изучен еще очень слабо. Известны лишь приближенные цифры поступления в океан подземных вод и растворенных в них солей. В среднем в океан ежегодно поступает 2,2 тыс. км<sup>3</sup> не дренируемых реками подземных вод. Лучше изучено взаимодействие подземных вод и водных объектов суши (работы Б. И. Куделина, О. В. Попова и др.). Рассмотрим это взаимодействие на примере речных и грунтовых вод (рис. 5.8). Закономерности такого взаимодействия справедливы и для других водных объектов суши, например озер и водохранилищ.



Выделяют три типа взаимодействия речных и грунтовых вод: наличие постоянной гидравлической связи, наличие временной гидравлической связи и отсутствие гидравлической связи. Первый тип включает два подтипа: наличие односторонней и двусторонней постоянной гидравлической связи. Характер связи речных и грунтовых вод зависит от соотношения высоты стояния уровня в реке в

половодье и межень, с одной стороны, и положения кровли водоупорного пласта (водоупора) и уровня находящихся над ним грунтовых вод — с другой.

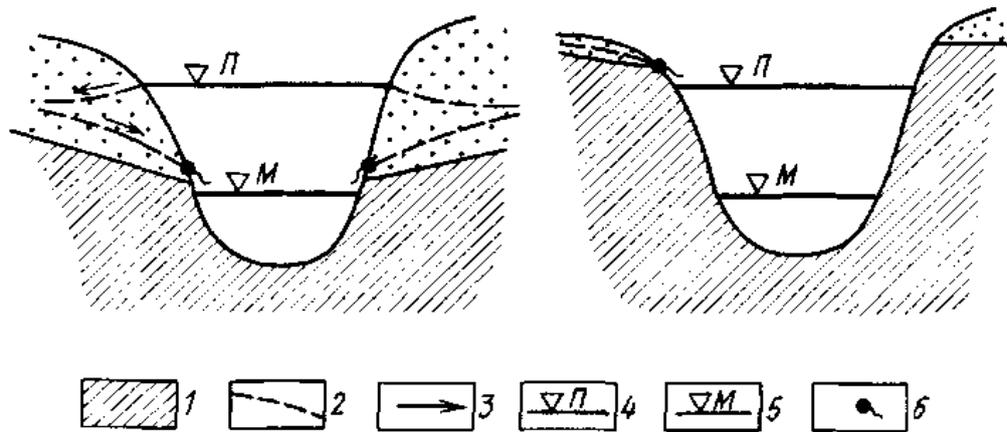


Рис. 5.8. Схема взаимодействия речных и грунтовых вод: а — постоянная односторонняя гидравлическая связь (река в течение всего года питает грунтовые воды); б — постоянная двусторонняя гидравлическая связь (река питает грунтовые воды в половодье и дренирует их в межень); в — временная гидравлическая связь; г — отсутствие гидравлической связи; 1 — водоупорный пласт, 2 — уровень грунтовых вод, 3 — направление движения грунтовых вод, 4 — уровень воды в реке в половодье, 5 — уровень воды в реке в межень, 6 — источники (родники)

## 18-ЛЕКЦИЯ

### КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИЗЫСКАНИЙ

**План** 1. Классификация водных исследований и изысканий.

2. Виды и этапы работ.

3. Связь водных исследований и изысканий с проектированием и строительством.

#### Классификация водных исследований и изысканий

Комплексные исследования и изысканий проводятся с учетом потребностей всех заинтересованных в использовании водного объекта отраслей народного хозяйства. Изыскания *некомплексного* характера проводятся для какой-либо одной отрасли, например для:

- 1) гидроэнергетического строительства;
- 2) водного транспорта;
- 3) лесосплава;
- 4) водных мелиораций – орошения, обводнения, осушения;
- 5) водоснабжения населенных пунктов, промышленных предприятий, тепловых и атомных электростанций;
- 6) строительства переход через реки линий электропередач, магистральных трубопроводов, шоссейных и железных дорог;
- 7) рыбного хозяйства;
- 8) создания зон отдыха, водного спорта и туризма.

Изыскания для гидроэнергетического строительства проводится в большинстве случаев комплексно – с учетом запросов других отраслей народного хозяйства; ГЭС на больших реках проектируют, как правило, в составе комплексных гидроузлов, предназначенных для решения ряда других задач: судоходства, рыбного хозяйства, орошения, водоснабжения и др.

Применяют классификацию водных исследований по характеру водного объекта; в этом смысле различают: исследования рек, исследования озер, исследования водохранилищ комплексного назначения и водохранилищ – охладителей тепловых электростанций, исследования каналов – судоходных, оросительных, обводнительных, осушительных и прю, а также других водных объектов.

### **Виды и этапы работ**

Проведение исследований и изысканий для комплексного исследования рек и водоемов сводится к выполнению определенных видов работ: геодезических и топографических, гидрологических, метеорологических, геологических и гидрогеологических, гидрохимических, гидробиологических, ихтиологических, санитарно-гигиенических, почвенных, геоботанических, а также экономических.

Все исследования и изыскания на водных объектах проводятся в определенной последовательности. Различаются три этапа: 1) подготовительные работы; 2) полевые работы; 3) окончательные камеральные работы.

*Подготовительные работы* включают в себя **организационные и предварительные** камеральные работы. **Организационные** работы включают определение объема исследований и изысканий, составление программы и календарного плана, сметы, инструкции по выполнению отдельных видов работ и по технике безопасности, подготовку прибороб и оборудования, подбор специалистов и обслуживающего персонала. **Предварительные** камеральные работы являются весьма важным этапом изысканий и исследований. Они включают в себя сбор, систематизацию, изучение и анализ уже имеющихся материалов по объекту исследований. Сюда относятся литературные и архивные материалы, топографические карты, аэрофотоснимки, отчеты экспедиций прошлых лет.

*Полевые работы* – это работы, выполняемые непосредственно на местности, на реке, озере, водохранилище. Состав и объем их бывают, различны для каждого объекта. В прцессе полевых работ в обязательном порядке производится первичная обработка материалов наблюдений; это имеет важное значение для обнаружения возможных ошибок и их своевременного устранения путем повторных наблюдений и измерений.

*Камеральные работы* являются завершающим этапом изысканий и исследований. Они включают в себя обработку всех материалов, их оформление, составление отчета.

### **Связь водных исследований и изысканий с проектированием и строительством**

Каждой стадии проектных разработок соответствует определенная стадия изысканий, пизванная обеспечить проектировщиков всеми необходимыми материалами.

При разработке крупных водохозяйственных проблем, самой начальной разработкой является составление *технико-экономического обоснования* (ТЭО) или *технико-экономического доклада* (ТЭД).

Для составления ТЭО проводят исследования и изыскания, которые часто называют проблемными. В задачи этих исследований входит изучение имеющихся материалов по району или бассейну реки для всестороннего освещения природных и экономических условий, а также рекогносцировочные обследования на местности для получения необходимых сведений, которые не могли быть почерпнуты из литературных и архивных источнтков. Для экономического обоснования водохозяйственных мероприятий проводят экономические исследования и изыскания.

На основании составленного технико-экономического обоснования производится проектирование сооружений. Оно включает две стадии: 1) **технический проект**; 2) **рабочие чертежи**.

*Технический проект.* На этой стадии выявляются технические возможности и экономическая целесообразность намечаемого в данном месте строительства,

разрабатываются основные технические решения проектируемых сооружений, выбирается лучший вариант и определяется стоимость.

**Рабочие чертежи** являются завершающей стадией проектирования. В задачу их входит увязка строительных конструкций с оборудованием, разработка конструкций оснований и фундаментов, проектирование вспомогательных сооружений. По рабочим чертежам осуществляются строительные и монтажные работы.

## **19-ЛЕКЦИЯ**

### **КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК И ВОДОЕМОВ**

- План 1.** Характеристика водохозяйственных объектов комплексного назначения.  
2. Основные задачи комплексных исследований и изысканий.

#### **Характеристика водохозяйственных объектов комплексного назначения**

Комплексные исследования и изыскания рек и водоемов производятся с целью получения исчерпывающих материалов для составления проектов водохозяйственных систем и отдельных комплексных гидроузлов. Под водохозяйственной системой будем понимать комплекс, состоящий из гидротехнических сооружений, искусственных и естественных водоемов и участков рек но объединенных общей целью.

Комплексный гидроузел – это комплекс гидротехнических сооружений, выполняющих различные функции, объединенных единой компоновкой и расположенных, как правило, в одном створе реки.

Комплексные гидроузлы состоят из гидротехнических сооружений различного назначения, а также вспомогательных сооружений и устройств. Состав и конструкция сооружений гидроузла зависят от того, какие отрасли народного хозяйства участвуют в комплексе. Основным сооружениям гидроузла является плотина, создающая напор воды и образующая водохранилища. Для выполнения функций, связанных с обслуживанием водохозяйственного комплекса, в состав гидроузла могут входить : 1) гидроэлектростанция для выработки электроэнергии; 2) судоходные шлюзы или судоподъемки для судоходства; 3) рыбопропускные сооружения для обеспечения миграции проходных и полупроходных рыб; 4) плотоходы и бревноспуски для лесосплава; 5) водозаборные сооружения для орошения, обводнения или водоснабжения, и другие сооружения.

#### **Основные задачи комплексных исследований и изысканий**

Содержание программы исследований и изысканий объем работ зависят от состава и размера проектируемого гидроузла и от физико-географических условий месторасположения намечаемых сооружений. Чем сложнее и крупнее проектируемый гидроузел, тем подробнее обширнее проводимые исследования и изыскания.

Основные задачи комплексных исследований и изысканий следующие:

- 1) обеспечение всеми необходимыми материалами для разработки проектов сооружений, входящих в гидроузел;
- 2) обеспечение данными для оценки влияния проектируемого гидроузла на природные и экономические условия прилегающего района;
- 3) обеспечение данными для обоснования проекта эксплуатации проектируемого гидроузла.

В результате исследований и изысканий должны быть получены необходимые данные, в частности, для разбивки реки на ступени путем создания каскада водохранилищ, определение отметок нормального подпорного уровня (НПУ) каждого гидроузла, выбор створов гидроузлов; гидрологические данные о расходах воды для расчета водосборных отверстий, для определения расчетных расходов допустимых нагрузок на оснований сооружений.

Для оценки влияния проектируемого комплекса на экономику района необходимо проведение экономических исследований. На основании изучения производительных сил района, транспортных связей, энергетических и сырьевых ресурсов, а также перспективных планов развития хозяйства делаются выводы об экономической эффективности намечаемых водохозяйственных мероприятий.

## **ЛЕКЦИЯ-20**

### **ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И СОСТАВ ДРУГИХ ВИДОВ РАБОТ ПРИ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РЕК**

- План:** 1. Инженерно-геологические изыскания.  
2. Гидрохимические наблюдения и исследования.  
3. Экономические исследования.

*Инженерно-геологические изыскания* при комплексных исследованиях рек проводится на всем исследуемом участке реки и ее притоках в пределах распространения подпора от намечаемых гидроузлов. В наиболее полном объеме эти работы проводятся на участках размещения основных сооружений гидроузлов – плотин, зданий гидроэлектростанций, шлюзов, а также по трассам каналов и тоннелей.

В задачи инженерно-геологических работ входит комплексное изучение геологических, сейсмотектонических, гидрогеологических и геоморфологических условий района сооружений, фильтрационных и физико-механических свойств горных пород, а также и прогноз изменений этих условий под влиянием проектируемых водохозяйственных мероприятий с оценкой возможных отрицательных последствий.

Для проведения работ организуют специальные подразделения - инженерно-геологические экспедиции, а в составе комплексных экспедиций инженерно-геологические партии. В их задачи входит выполнение всего комплекса инженерно-геологических изысканий. Объем и состав работ в каждом случае определяется программой и зависят от изученности района, физико-географических особенностей бассейна реки и ее долин. При сложных геологических условиях – наличии карста, трещиноватых известняков, оползней и т.п. – объем работ может значительно возрасти. Кроме того, объем и состав работ зависят от стадии проектирования, а также от объема и значимости намечаемых водохозяйственных мероприятий.

При комплексных исследованиях водных объектов всегда предусматривается проведение *гидрохимических* работ. В задачи их входит определение общей минерализации, химического состава воды, изучение гидрохимического режима водного объекта в современном его состоянии, а также составление прогноза будущих изменений в связи с осуществлением намечаемых водохозяйственных мероприятий. На основе изучения химического состава воды, гидрохимического режима и связанных с ними природных процессов и явлений, а также гидробиологических исследований может быть составлен прогноз состава и качества воды проектируемого водоема. Это необходимо для планирования использования водных ресурсов различными отраслями водного хозяйства, в первую очередь хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Эти отрасли, как известно, предъявляют наиболее высокие требования к качеству воды. Высокие требования к химическому составу воды предъявляют орошение, рыбоводство. Данные о химическом составе воды и гидрохимическом режиме водного объекта имеют большое значение для гидротехнических исследований. При проектировании гидротехнических сооружений учитывают агрессивное воздействие воды на бетон и металлические конструкции.

Для достаточно полной характеристики химического состава воды, гидрохимического режима водного объекта и прогнозирования будущих их изменений

необходим довольно большой объем работ и исследований, как правило, связанных с производством многолетних полевых наблюдений.

В составе гидрохимических работ в первую очередь входит сбор, изучение и анализ уже имеющихся материалов. Используются данные гидрохимических наблюдений в пунктах государственной гидрологической сети, публикуемые в гидрологических ежегодниках, кроме того, монографии и другие литературные и архивные материалы. Однако объект исследований, как правило, не может быть в достаточной мере охарактеризован на основании имеющихся материалов. Для мало изученных районов необходимые материалы могут вообще отсутствовать. В таких случаях организуют гидрохимические наблюдения. В настоящее время в связи с антропогенным воздействием на реки и водоемы наблюдается существенное изменение естественного гидрохимического режима. Это обстоятельство должно учитываться при составлении программы и методики гидрохимических исследований.

При составлении схемы комплексного использования реки или ТЭО в задачи *экономических исследований* входит определение оптимального народнохозяйственного использования водных ресурсов реки. Для этой цели проводят целый ряд работ, в основном камерального характера, важными из которых являются следующие:

1) выявление объектов, попадающих в зону воздействий водохранилищ при различных вариантах расположения гидроузлов и отметок НПУ; учитывают объекты, попадающие в зону затопления и ориентировочно в зону подтопления, а также объекты, попадающие в зону изменившихся условий в нижних бьефах гидроузлов;

2) выявление изменений, которые будут внесены намечаемыми водохозяйственными мероприятиями (при различных вариантах) в сложившиеся условия использования водных ресурсов реки для отраслей народного хозяйства – водного транспорта, водоснабжения, орошения, рыбного хозяйства и др.;

3) определение ориентировочных объемов работ по переустройству народнохозяйственных объектов и по устранению или уменьшению отрицательных последствий от воздействия намечаемых водохозяйственных мероприятий.

Перечисленные работы выполняются на основе имеющихся литературных, архивных и картографических материалов. Для уточнения отдельных вопросов, например связанных с затоплением, при надобности проводят технико-экономические обследования на местах.

По получению ориентировочным объемам работ производят вычисление затрат, пользуясь для этого укрупненными показателями, а также аналогами. В результате получают экономические показатели различных вариантов.

## **ЛЕКЦИЯ-21** **ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ**

- План:** 1. Общие сведения.  
2. Орошение.  
3. Обводнение и водоснабжение.  
4. Осушение.  
5. Специальные исследования.

Одной из существенных задач нашего времени является обеспечение водой непрерывно развивающегося народного хозяйства. По приблизительным расчетам, во всех отраслях хозяйства используется свыше 300 км<sup>3</sup> воды в год. Выращивание сельскохозяйственных культур требует громадного количества воды, часть воды при этом расходуется безвозвратно. Безвозвратные потери влаги происходит, в частности, в

оросительных системах. Фильтрация воды в свою очередь вызывает подъем грунтовых вод, засоление почв, ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель.

Задачи изысканий систематически расширяются, так как постоянно увеличиваются число разнообразных водных объектов, используемых как источники орошения и водоснабжения, зачатую малоизученных, в отдаленных или вновь осваиваемых районах.

Все виды мелиораций представляют собой совокупность инженерных мероприятий и сооружений для коренного или действующего в течение длительного периода времени улучшения природных свойств территории для развития сельского хозяйства, а также для общего оздоровления местности. К мелиорации, в частности относится: введение воды в почву и искусственное удаление избытка воды из почвы.

Пректирование, строительство и правильная эксплуатация оросительных или осушительных систем требуют соответствующих материалов инженерных изысканий и исследований.

**Орошение** - это искусственное введение в почву воды для правильного регулирования водного, теплового и питательного режимов почв сельскохозяйственных угодий, страдающих постоянно или периодически от недостатка влаги.

Объем и состав комплекса инженерных изысканий для проектов орошения зависят от стадии проектирования, размера орошаемой территории, природных условий, а также вида орошения и его способа.

Существуют следующие **виды орошения**:

- **увлажнительное**, наиболее распространенно, состоящее в создании в почве оптимального режима влажности;

- **удобрительное**, когда в почву вводятся удобрения и вода является транспортным средством;

- **теплительное**, когда температура почвы регулируется введением в нее относительно теплых вод.

По способам орошения оно разделяется на:

- **поверхностное** – вода подается на поля по оросительным канавкам (бороздам), напуском тонким слоем по поверхности почвы или затоплением небольших участков (чеков);

- **дождевание** – вода разбрызгивается дождевальными механизмами;

- **подпочвенное** - вода поступает к корневой системе растений по трубам, уложенным под поверхность почвы.

Каждый вид и способ орошения представляют свои требования и изысканиям. Изыскания для орошения принято делить на рекогносцировочные и специальные.

**Под обводнением** понимается использование местного стока и подземных вод в маловодных районах для водоснабжения или использование воды, доставляемой по каналам из более богатых водой районов.

При обводнении устраиваются незначительные пруды-водохранилища, колодцы, копань, каналы и т.п.

Водоснабжение разделяется на коммунальное, промышленное, железнодорожное, сельскохозяйственное и др. Каждый вид водоснабжения представляет определенные требования к источникам водоснабжения, к качеству воды и характеризуется нормами водопотребления.

Различаются следующие системы водоснабжения:

- оборотная, когда отработанная вода не удаляется в водоемы, а подвергается охлаждению и очистке и вновь вовлекается в промышленный кругооборот;

- прямоточная, когда вода после использования сбрасывается в водоисточник. Применяется при сравнительно небольшом водопотреблении и наличии мощного водоисточника.

Основной объем изыскательских работ сосредоточивается в месте водозабора; эта работы должны дать материалы для определения типа водозабонных устройств и высотного размещения головных сооружений.

**Осушение**, т.е. мелиорация, направленная на удаление избыточной влаги, может осуществляться для нужд сельского хозяйства, коммунальных, промышленного строительства, оздоровительных мероприятий на заболоченных территориях и др.

Каждый из этих видов осушения имеет свои специфические особенности, предъявляет в той или иной мере локальные требования к инженерным изысканиям. Состав и объем каждого вида изысканий определяется величиной осушаемой территории, целевым назначением, причиной заболачивания, комплексном намеченных мелиоративных мероприятий и гидротехнических сооружений.

Одной из особенностей изысканий для осушения является тщательное исследование речной сети осушаемой территории для выяснения возможности ее использования в качестве водопремника.

В настоящее время на ряде обширных заболоченных территорий проводятся весьма объема **специальные изыскания и следования**, целью которых является определение рациональных путей использования водных ресурсов и заболоченных территорий, а также установление основных водохозяйственных мероприятий, которые следует планировать на этой территории в связи с осушением и использованием болот.

Все исследования и изыскания выполняются в основном экспедиционным путем и состоят из:

- изучения водного баланса отдельных типичных болотных массивов и заболоченных речных водосборов;
- изучения гидрометеорологического режима болот и заболоченных земель (режима уровней грунтовых вод, теплового режима, режима промерзания);
- изучения взаимосвязи болотных вод с уровнем режимом рек и режимом грунтовых вод на незаболоченных территориях;
- уточнения типологических характеристик и строения болот;
- исследования влияния подтоплений и водно-воздушного режима, химического состава вод на условия роста и заболачивания лесов, а также лугово-пастбищных угодий.

Все работы производятся как экспедиционно, главным образом маршрутными исследованиями, по всем комплексу необходимых характеристик, так и стационарно.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ГИДРОЛОГИЯ СУШИ

«УТВЕРЖДАЮ»

декан \_\_\_\_\_  
Географического факультета  
доц. Махамадалиев Р.Ю.  
«29» август 2011 год

ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ ПО ПРЕДМЕТУ «ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ»  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ 3-КУРС А ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
5440600-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

ТАШКЕНТ-2011

**Что изучает «Общая гидрология»?**

- А. Процессы, происходящие в гидросфере и их связь с окружающей средой
- Б. Общие характеристики гидросферы и ее составляющих, их связь с окружающей средой и процессы, происходящие в ней
- В. Общие характеристики гидросферы и ее составляющих (рек и озер), их связь с окружающей средой и процессы происходящие в них
- Г. Влияние водных объектов на окружающую среду и влияние среды на водные объекты

**Методы исследования в гидрологии:**

- А. Экспериментальные, стационарные и моделирование
- Б. Стационарные, экспедиционные и лабораторные
- В. Лабораторные, статистические и стационарные
- Г. Стационарные, экспедиционные и теоретический анализ

**Общий объем воды на Земном шаре:**

- А. 1386 млн км<sup>3</sup>
- Б. 1,38 млн км<sup>3</sup>
- В. 1,58 млн км<sup>3</sup>
- Г. 1,68 млн км<sup>3</sup>

**Что такое малый круговорот воды в природе?**

- А. Выпадение сконденсированной влаги на поверхность материков
- Б. Выпадение атмосферных осадков на поверхность морей и океанов, образованных за счет испарения воды с океанов и морей
- В. Выпадение вновь на поверхность материков осадков, образованных за счет испарения с материков
- Г. Выпадение в виде осадков воды на поверхность суши испарившихся с этой поверхности водных масс

**Водный баланс Земного шара:**

- А.  $Z_{з.ш.} = X_{з.ш.}$
- Б.  $Y_{з.ш.} = X_{з.ш.}$
- В.  $Y_{з.ш.} = Z_{з.ш.}$
- Г.  $Y_{з.ш.} = Z_{ок}$

**Что такое гидрологический год?**

- А. Интервал времени, совпадающий с календарным годом
- Б. Интервал времени, включающий периоды накопления и расходования влаги в речном бассейне
- В. Интервал времени включающий период максимальных запасов влаги в речном бассейне и переходящий из предыдущего года на следующий
- Г. Интервал времени не соответствующий календарному году

**Уравнение водного баланса для гидрологического года:**

- А.  $X = Y + E + Y_{подз}$
- Б.  $X_0 = Y_0 + E_0$
- В.  $X_0 = Y_0 + Z_0$
- Г.  $X_0 = Y_0 - E_0$

**Уравнение водного баланса речного бассейна за год:**

- А.  $Y = X + Z \pm \Delta U$
- Б.  $Y = X - Z$
- В.  $Y = X + Z + \Delta U$
- Г.  $Y = X + Z - \Delta U$

**Уравнение водного баланса Мирового океана:**

- А.  $Z_0 = X_0 + Y$
- Б.  $Z_0 = X_0 - Y$
- В.  $Z_0 = X_0$
- Г.  $Z_0 = X_0 \pm Y$

**Рекой называют:**

- А. Скопление на суше снеговых, ледниковых и дождевых вод
- Б. Протекающие по руслу временные проточные воды

- В. Протекающие по руслу постоянные и проточные воды
- Г. Водная масса, питающаяся атмосферными осадками, подземными и поверхностными водами и стекающая по руслу

**Основными гидрографическими характеристиками речного бассейна являются:**

- А. Площадь, длина, средняя высота, коэффициенты густоты речной сети и асимметрии
- Б. Гипсографическая кривая, площадь, длина, средняя высота, максимальная ширина, уклон, коэффициенты асимметрии и развитости водораздельной линии
- В. Гипсометрическая кривая, средняя высота, средняя и максимальная ширина, глубина и коэффициент асимметрии
- Г. Гипсометрическая кривая, средняя высота, средняя и максимальная ширина, глубина и коэффициент асимметрии

**Физико-географические характеристики речного бассейна:**

- А. Климатические условия, почва, гидрография, ледники, болота
- Б. Геологическое строение, климат, почва, растительный покров, высота, озерность
- В. Географическое положение, климат, рельеф, геологическое строение, растительный и почвенный покров
- Г. Географическое положение, климат, рельеф, геологическое строение, почвенный покров

**Основными элементами речного русла являются:**

- А. Площадь водного сечения, смоченный периметр, гидравлический радиус, средняя и максимальная ширина, средняя и максимальная глубина
- Б. Площадь водного сечения, средняя глубина, длина, гидравлический радиус, уклон
- В. Площадь водного сечения, максимальная и средняя глубина, ширина, продольный и поперечный профили
- Г. Площадь живого сечения, максимальная и средняя глубина, ширина, продольный и поперечный профили

**Что выражает гипсографическая кривая речного бассейна?**

- А. Кривая распределения площади водосбора по длине реки
- Б. График распределения площади водосбора по высотным зонам речного бассейна
- В. Кривая распределения площади водосбора по ширине реки
- Г. Кривая распределения площади водосбора по уклону реки

**Методы определения среднего слоя осадков на речном бассейне:**

- А. Изогьет, математический и метод суммирования
- Б. Среднеарифметический, квадратов, изогьет
- В. Треугольника, изобат и геометрический
- Г. Четырехугольника, изобат и геометрический способ

**Источники питания рек:**

- А. Атмосферные осадки, подземные и поверхностные воды
- Б. Дождевые, снеговые, ледниковые и подземные воды
- В. воды океанов, ледниковые воды, ювенильные воды
- Г. снеговые воды, ледниковые воды, ювенильные воды

**Критерии классификации рек по В.Л.Шульцу**

- А.  $\delta$ ,  $W_{VII-IX}$  и месяц с максимальным стоком
- Б.  $\delta$ ,  $W_{III-VI}$  и месяц с минимальным стоком
- В.  $\delta$ ,  $W_{X-II}$  и месяц со средним стоком
- Г.  $\delta$ ,  $W_{X-II}$  и месяц с большим стоком

**Элементы водного режима рек:**

- А. Расход, уровень воды, минерализация, температура, изменение расходов с изменением уровня воды
- Б. Расход воды, уровень, уклон и изменение скорости
- В. Расход воды, уровень, глубина. Объем воды и скорость течения
- Г. Расход воды количество стока, глубина, объем воды и скорость течения

**Фазы водного режима рек:**

- А. Половодье, паводок, межень
- Б. Половодье, летний паводок и межень
- В. Базисный сток, осенняя, летняя и зимняя межень
- Г. Базисный сток, летняя и зимняя межень

**Основные характеристики речного стока**

- А. Расход воды, скорость течения, коэффициент и модуль стока.
- Б. Расход воды, объем стока, модуль стока, слой стока и коэффициент стока.
- В. Расход воды, объем стока, модульный коэффициент и среднегодовалый расход воды.
- Г. Расход воды, объем стока, модульный коэффициент и среднегодовалый расход.

**Что такое гидрограф стока?**

- А. Хронологический график колебания уровней воды во времени.
- Б. Хронологический график колебания расходов воды в течение года.
- В. График связи расходов с уровнями воды.
- Г. График связи площади с уровнями воды.

**Что такое норма стока?**

- А. Количество стока за достаточно длительный ряд наблюдений рассчитанный по среднегодовым расходом лет входящих в этот период.
- Б. Средняя арифметическая величина стока, рассчитанная по среднегодовым расходом периода лет охватывающих хотя один полный цикл колебаний.
- В. Средняя арифметическая величина стока, рассчитанная по среднегодовому стоку случайно выбранных ряда лет.
- Г. Средняя арифметическая величина стока, рассчитанная по среднегодовым расходом определенного ряда лет.

**Сформулируйте определение «речного бассейна»:**

- А. Часть горной территории с речной сетью, ограниченной водоразделом
- Б. Часть поверхности суши с речной системой, ограниченной водоразделом
- В. Часть равнинной территории, где расположена речная система, ограниченная водоразделом
- Г. Часть земной поверхности, где расположена речная и озерная системы, ограниченная водоразделом

**Площадь водосбора реки называется:**

- А. Площадь с которой собирает воду речная система
- Б. Озера, которые питают речную систему
- В. Площадь, занятая ледниками, питающими речную систему
- Г. Площадь, на которой расходуется воды речной системы

**Назовите основные факторы, определяющие климатические условия речного бассейна.**

- А. Географическое положение, рельеф, геологическое строение, осадки
- Б. Географическое положение, рельеф, геологическое строение, температура воздуха
- В. Географическое положение, рельеф, геологическое строение, температура воздуха
- Г. Географическое положение, растительность, геологическое строение, осадки

**Какие методы определения средневзвешенной высоты водосбора Вы знаете?**

- А. По расчетным формулам
- Б. По специальным измерениям
- В. По гипсографической кривой бассейна
- Г. По специальным картам

**Что отражает гипсографическая кривая речного бассейна?**

- А. Распределение площади водосбора по высоте
- Б. Распределение длины реки по высоте
- В. Распределение уклона реки по высоте
- Г. Распределение ширины бассейна по высоте

**Что понимается под руслом реки?**

- А. Поверхность суши, занятая водотоком
- Б. Долина реки, занятая водотоком
- В. Дно долины
- Г. Часть долины реки, занятая водой

**Поперечное сечение русла это:**

- А. Сечение русла параллельное потоку
- Б. Сечение русла, расположенное под углом к потоку
- В. Сечение русла, перпендикулярное направлению потока
- Г. Сечение русла противоположное направлению потока

**Назовите основные характеристики водного режима рек.**

- А. Уровень, расход температура, минерализация воды, скорость течения
- Б. Глубина, температура, минерализация воды, скорость течения, уклон
- В. Уровень, расход, температура воды, скорость течения, ширина
- Г. Уровень, расход, минерализация воды, скорость течения, уклон

**С какой целью измеряется уровень воды в реках?**

- А. Для определения скорости течения
- Б. Для восстановления расходов воды
- В. Для определения количества воды
- Г. Для определения объема стока

**Сколько принято сроков определения уровней воды на реках?**

- А – 1
- Б. – 2
- В. – 3
- Г. – 4

**На какие периоды разделяют годовой сток рек?**

- А. Половодье, межень, селевые паводки
- Б. Максимальные расходы воды, маловодный период, паводки
- В. Половодье, межень, паводки
- Г. Половодье и период самых маленьких расходов воды

**Половодье это:**

- А. Ежегодно повторяющееся примерно в одно время длительное (2-3 месяца) уменьшение расходов воды
- Б. Ежегодно повторяющееся примерно в одно время краткосрочное (2-3 месяца) увеличение расходов воды
- В. Ежегодно повторяющееся примерно в одно время длительное (2-8 месяца) увеличение расходов воды
- Г. Ежегодно повторяющееся примерно в одно время длительное (2-6 месяца) увеличение расходов воды

**Какие классификации по водному режиму рек Вы знаете?**

- А. Б.Д.Зайкова
- Б. М.И.Львовича
- В. В.Л.Шульца
- Г. О.П.Щегловой

**По классификации Б.Д.Зайкова на сколько групп делятся реки?**

- А. на 2
- Б. на 3
- В. на 5
- Г. на 4

**Расход воды это:**

- А. Количество воды, проходящее в русле реки в единицу времени
- Б. Количество воды, проходящее через поперечное сечение русла реки в единицу времени
- В. Количество воды, проходящее в русле реки в единицу времени по ее длине
- Г. Количество воды, проходящее в русле реки в произвольный отрезок времени

**Единицы измерения расхода воды:**

- А. л, м<sup>3</sup>/с
- Б. л/с, м<sup>3</sup>/с
- В. л, м<sup>3</sup>
- Г. л/с, м<sup>3</sup>

**Какие данные используются при построении графика связи расходов воды?**

- А. Уровни, расходы воды, скорости и площади поперечного сечения
- Б. Объем стока, скорости, площади поперечного сечения
- В. Уровни, расходы воды, уклоны водной поверхности, площади поперечных сечений
- Г. Уровни, расходы воды, скорости течения, длина реки

**С какой целью строится кривая расходов воды?**

- А. Для вычисления ежедневных объемов воды

- Б. Для вычисления ежедневных расходов воды
- В. Для вычисления ежедневных объемов стока
- Г. Для определения скоростей течения

**На основании чего составляется таблица ежедневных расходов воды «Гидрологического ежегодника»?**

- А. На основании измеренных расходов воды
- Б. На основании ежедневных уровней вод
- В. На основании измеренных скоростей потока
- Г. На основании ежедневных уровней воды и кривых расходов воды

**Кто предложил климатическую классификацию рек?**

- А. В.Л.Шульц
- Б. Н.С.Кузин
- В. А.И.Воейков
- Г. А.М.Мухамедов

**В климатической классификации рек сколько выделяется групп?**

- А. 2
- Б. 5
- В. 3
- Г. 4

**Какие способы оценки источников питания рек Вы знаете?**

- А. По гидрографу стока
- Б. С помощью вертикального расчленения гидрографа стока
- В. С помощью вычисления месячного стока
- Г. С помощью расчленения гидрографа на основные составляющие стока рек

**Что такое водный режим?**

- А. Изменение во времени расходов воды, уровней и скоростей течения воды.
- Б. Совместное изменение расходов, уровней, уклонов и скоростей течения воды.
- В. Изменение расходов, уклонов в течение времени.
- Г. Изменение уровней, уклонов в течение времени.

**Согласно классификации В.Л.Шульца реки Средней Азии делятся на следующие типы.**

- А. Реки питающиеся подземными водами, дождевыми и снеговыми водами, тальми и ледниковыми водами.
- Б. Реки питающиеся ледниково-снеговыми водами, снегово-ледниковыми, тальми (снеговыми) и снегово-дождевыми водами.
- В. Реки питаются ледниковым, снеговыми, дождевыми и подземными водами.
- Реки питаются ледниковыми, дождевыми и подземными водами.

**Какие реки согласно классификации Б.Д.Зайкова разделены на следующие три основные группы?**

- А. Реки с весенним половодьем, реки с половодьем в теплую часть года: реки с паводочным режимом:
- Б. Реки с летним половодьем, реки с половодьем в теплую часть года, реки с меженным периодом.
- В. Реки с осенним половодьем, с половодьем в теплую часть года, реки с паводочным периодом.
- Г. Реки с ранним весенним половодьем, реки с половодьем в теплую часть года, реки с паводочным периодом.

**Как влияет рельеф на формирование стока горных рек?**

- А. Изменение стока по ширине горных хребтов
- Б. Изменение стока рек по их длине
- В. Изменение качества воды по высоте
- Г. Изменение количества воды по высоте местности

**Когда начинается гидрологический год?**

- А. 1 марта
- Б. 1 апреля
- В. 1 января
- Г. 1 октября

**Что такое норма стока?**

- А. Средняя арифметическая величина стока, включая многоводные, маловодные и средние по водности периоды
- Б. Средняя арифметическая величина стока, включающая периоды маловодные и многоводные
- В. Средняя арифметическая величина стока, включающая многоводные периоды
- Г. Средняя арифметическая величина стока, включающая маловодные периоды

**По какому выражению определяется энергия реки?**

- А.  $E=100QH$
- Б.  $E=1000Q \cdot H$
- В.  $E=10QH$
- Г.  $E=9,81QH$

**В каких единицах измеряется мощность реки?**

- А.  $m^3$
- Б.  $m^3/c$
- В. кг-м
- Г. кВт

**Кто положил начало изучению твердого стока рек Средней Азии?**

- А. В.Л.Шульц
- Б. А.Р.Расулов
- В. В.Г.Глушков
- Г. О.П.Щеглова

**Твердый сток это:**

- А. Твердые частицы, перемещающиеся вместе с водным потоком и формирующие русловые отложения
- Б. Твердые частицы, перемещающиеся вместе с водным потоком и формирующие пойменные отложения
- В. Твердые частицы, перемещающиеся вместе с водным потоком и формирующие русловые и пойменные отложения
- Г. Твердые частицы перемещающиеся вместе с водным потоком

**Модуль смыва это:**

- А. Количество наносов, смываемых с поверхности речного бассейна в течение года
- Б. Смыв наносов за многолетие с  $1 \text{ км}^2$  площади бассейна реки
- В. Количество наносов смываемых с  $1 \text{ км}^2$  с площади бассейна за год
- Г. Смыв наносов смываемых с  $1 \text{ км}^2$  за половодье

**Расход наносов это:**

- А. Количество наносов протекающих через поперечное сечение реки за единицу времени
- Б. Количество наносов протекающих через поперечное сечение реки за год
- В. Количество наносов протекающих через поперечное сечение реки за одни сутки
- Г. Количество наносов в реке

**По какой формуле рассчитывается объем наносов?**

- А.  $W_R=T \cdot R$
- Б.  $W_R=T \cdot R \cdot Q$
- В.  $W_R=T \cdot R \cdot \rho$
- Г.  $W_R=T/R$

**Мутность воды это:**

- А. Количество веществ в единице объема воды
- Б. Количество осадков в единице объема воды
- В. Количество наносов в океанской воде
- Г. Количество наносов в единице объема воды

**Какая применяется формула для вычисления среднего диаметра наносов реки?**

А.  $d_{cp} = \frac{\sum d_i \cdot p_i \cdot \rho}{100}$

$$\text{Б. } d_{cp} = \frac{\sum d_i + p_i}{100}$$

$$\text{В. } d_{cp} = \frac{\sum d_i \cdot p_i}{100}$$

$$\text{Г. } d_{cp} = \frac{\sum d_i / p_i}{100}$$

**Перечислите основные анионы, определяющие гидрохимический режим реки.**

А. Cl; CO<sub>3</sub>; SO<sub>4</sub>; HCO<sub>3</sub>

Б. Na, Ca, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>

В. Cl, CO<sub>3</sub>, Mg, K

Г. Na, CA, Mg, K

**Перечислите основные катионы, определяющие гидрохимический режим реки.**

А. CL, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>

Б. Na, Ca, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>

В. Cl, CO<sub>3</sub>, Mg, K

Г. Na, CA, Mg, K

**Минерализация речной воды характеризуется:**

А. Количеством растворенных веществ в граммах или миллиграммах в одном кубическом метре воды

Б. Количеством растворенных веществ в граммах или миллиграммах в одном литре воды

В. Количеством растворенных веществ в граммах или миллиграммах в речной воде

Г. Количеством растворенных веществ в килограммах или тоннах в одном кубическом метре воды

**На сколько классов делятся природные воды по классификации О.А.Алехина?**

А. на 2

Б. на 4

В. на 3

Г. на 5

**На сколько групп делятся природные воды по классификации О.А.Алехина?**

А. на 2

Б. на 3

В. на 4

Г. на 6

**Как рассчитывается ионный сток реки?**

А.  $W_{\Sigma u} = W_Q \cdot \Sigma u$

Б.  $W_{\Sigma u} = Q \cdot \Sigma u$

В.  $W_{\Sigma u} = W_Q \cdot \Sigma u + N$

Г.  $W_{\Sigma u} = Q \cdot \Sigma u \cdot R$

**Что представляет собой модуль ионного стока?**

А. Отношение ионного стока к площади бассейна

Б. Количество ионного стока образуемого в бассейне

В. Отношение количества наносов к площади бассейна

Г. Количество ионного стока, стекающего за год с бассейна

**Как определяется модуль ионного стока?**

А.  $M_{\Sigma u} = W_{\Sigma u} / F$

Б.  $M_{\Sigma u} = W_{\Sigma u} + F$

В.  $M_{\Sigma u} = W_{\Sigma u} \cdot F$

Г.  $M_{\Sigma u} = W_{\Sigma u} - F$

**Озерами называются:**

А. Котловины или впадины земной поверхности, заполненные водой и не имеющие прямого соединения с морем

- Б. Впадины земной поверхности, заполненные водой с постоянным оттоком воды
- В. Впадины земной поверхности, заполненные водой с интенсивным водообменом.
- Г. Впадины земной поверхности, заполненные водой с замедленным водообменом.

**Как образуются дрейфовые течения?**

- А. Под влиянием ветра
- Б. Под влиянием силы тяжести
- В. Под влиянием землетрясений
- Г. Под влиянием кругового движения Земли

**Как образуются гравитационные и градиентные течения?**

- А. Под влиянием ветра
- Б. Под влиянием силы тяжести
- В. В результате землетрясений
- Г. Под влиянием кругового движения Земли

**Под влиянием, каких факторов образуются сгонно-нагонные явления?**

- А. Влияние ветра
- Б. Влияние силы тяжести
- В. Влияние землетрясений
- Г. Кругового движения Земли

**Как образуются сейши?**

- А. Влияние ветра
- Б. В связи с разностью атмосферного давления
- В. Сейсмическими колебаниями земной коры
- Г. Влиянием теплых течений

**Какие теории Вы знаете по формированию подземных вод?**

- А. Ювенильная теория Э.Зюсса
- Б. Конденсационная теория А.Ф.Лебедева
- В. Инфильтрационная теория
- Г. Теория реликтовых подземных вод

**Объясните сущность ювенильной теории образования подземных вод.**

- А. Охлаждение и конденсация паров выходящих из магмы
- Б. Конденсация водяных паров, поступающих из воздуха
- В. Фильтрация поверхностных вод
- Г. Остаточные воды в порах горных пород

**На какие группы делятся подземные воды по генезису?**

- А. Вадозные подземные воды
- Б. Ювенильные подземные воды
- В. Седиментационные подземные воды
- Г. Инфильтрационные подземные воды

**Что такое снеговая линия?**

- А. Уровень, ограничивающий накопление снега
- Б. Уровень ограничивающий расходование снега
- В. Уровень равновесия между накоплением и расходованием снега
- Г. Уровень, где возможен снежный покров

**Лавинами или снежными обвалами называются:**

- А. Снежные массы сдуваемые ветром по наклонной плоскости горных склонов
- Б. Снежные массы, соскальзывающие с горных склонов
- В. Разгрузка накопившихся запасов снега на горных склонах
- Г. Снежные массы, переносимые ветром

**Какое влияние оказывает ледник в бассейне реки на сток ее?**

- А. Увеличивает сток реки
- Б. Уменьшает сток реки
- В. Питает реку
- Г. Не влияет на сток реки

**Когда наблюдается половодье на реках питающихся ледниковыми водами?**

- А. Весной
- Б. Летом
- В. Осенью
- Г. Ранней весной

**В пределах каких речных бассейнов Узбекистана расположены ледники?**

- А. р. Чирчик
- Б. р. Кашкадарья
- В. р. Сурхандарья
- Г. р. Амударья

**Водными ресурсами являются:**

- А. Источники природных подземных вод (пресных и минерализованных), которые использует человек и могут быть использованы в будущем
- Б. Источники всех природных вод (пресных и минерализованных), которые использует человек и могут быть использованы в будущем
- В. Источники природных поверхностных вод, которые использует человек и могут быть использованы в будущем
- Г. Воды океанов и морей, которые использует человек и которые могут быть использованы в будущем

**Как называется региональное распределение водных ресурсов?**

- А. Глобальные водные ресурсы
- Б. Региональные водные ресурсы
- В. Местные водные ресурсы
- Г. Водные ресурсы Мирового океана

**Как называют водные ресурсы по международным соглашениям?**

- А. Национальные водные ресурсы
- Б. Межгосударственные водные ресурсы
- В. Общечеловеческие водные ресурсы
- Г. Международные водные ресурсы

«УТВЕРЖДАЮ»

декан \_\_\_\_\_  
Географического факультета  
доц. Махамдалиев Р.Ю.  
«29» август 2011 год

Перечень общих вопросов  
по предмету «**Общая гидрология**» для студентов III курса  
направления «Гидрометеорология»

1. Цель и задачи курса Гидрология суши.
2. Деление гидрологии на части.
3. Краткие исторические сведения о развитии гидрологической науки.
4. Распределение воды на Земном шаре.
5. Основные физические и химические свойства воды.
6. Круговорот воды в природе.
7. Периферийные и бессточные части территории Земного шара.
8. Основные элементы уравнения водного баланса.
9. Уравнение водного баланса для замкнутых бассейнов.
10. Уравнение водного баланса для среднемноголетнего периода.
11. Уравнение водного баланса бессточных территорий.
12. Что такой гидрологический год?
13. Атмосферные осадки.
14. Влияние рельефа на величину осадков.
15. Закономерности изменения количества осадков с высотой местности.
16. Изменение различных видов осадков и их распределение внутри года.
17. Связь количества выпадающих осадков с высотой местности для территории Средней Азии.
18. Ливневые осадки.
19. Испарение. Физическая сущность испарения.
20. Методы определения величины испарения.
21. Величина испарения для различных территорий.
22. Испарение с водной поверхности.
23. Испарение с поверхности почвы и транспирация растений.
24. Суммарное испарение для речного бассейна и его определяющие факторы.
25. Снег и его свойства.
26. Плотность, теплота плавления, радиационные свойства, водность.
27. Методы изучения снежного покрова.
28. Измерение снежного покрова методом снегомерных съемок.
29. Определение средних величин осадков для площадей водосборов.
30. Способ средней арифметической, способ Гесса, метод квадратов, способ изогипет.
31. Речная система. Исток, верхнее, среднее и нижнее течение, устье.
32. Водораздел, речной бассейн, водосбор реки.
33. Физико-географические характеристики речных бассейнов.
34. Основные морфометрические характеристики речных бассейнов и русел рек.
35. Основные виды рек и речных долин, их размеры.
36. Гидрографическая схема бассейна реки.
37. Густота речной сети и её коэффициент.
38. Гипсографическая кривая бассейна, средняя высота бассейна.
39. Речная долина. Русло реки.
40. Поперечный профиль водной поверхности реки.
41. Водный режим рек.

42. Фазы водного режима.
43. Классификация рек Б.Д. Зайкова по характеру водного режима.
45. Источники питания.
46. Количественная характеристика роли отдельных источников питания и их определение.
47. Элементы водного режима.
48. Климатическая классификация А. И. Войкова.
49. Классификация рек В.Л. Шульца по источникам питания рек Средней Азии.
50. Количественная оценка доли различных источников питания рек.
51. Формирование речного стока.
52. Формирование стока рек и влияние на сток различных факторов.
53. Влияние на сток климатические факторы.
54. Влияние на сток рельеф бассейна реки.
55. Влияние на сток почвы и растительность.
56. Влияние на сток геологическое строение.
57. Влияние на сток хозяйственная деятельность человека.
58. Характеристики стока.
59. Норма стока.
60. Изменчивость стока рек.
61. Колебания годового стока и его распределение внутри года.
62. Основные природные и антропогенные факторы, влияющие на речные наносы.
63. Энергия и работа рек.
64. Методы деления речных наносов по фракциям.
65. Взвешивание частиц в потоке и распределение мутности по живому сечению.
66. Русловые процессы.
67. Типы русловых процессов.
68. Колебания годового стока наносов и его распределение внутри года.
69. Образование и строение ледников.
70. Типы ледников и их распространение.
71. Гидрологическое значение ледников.
72. Происхождение болот и их распространение на земном шаре.
73. Типы болот.
74. Строение, морфология и гидрография болот.
75. Водный баланс и гидрологический режим болот.
76. Понятие о водных ресурсах.
77. Охрана водных ресурсов от истощения и загрязнения.
78. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и охрана.
79. Мировой океан и его части.
80. Происхождение, строение и рельеф дна Мирового океана.
81. Солевой состав океана.
82. Соленость морской воды и ее распределение.
83. Морские течения.
84. Силы, формирующие течения.
85. Классификация морских течений.
86. Подземные воды.
87. Классификация подземных вод по условиям их происхождения.
88. Классификация водных исследований и изысканий.
89. Выди и этапы работ.
90. Связь водных исследований и изысканий с проектированием и строительством.
91. Организация изысканий.
92. Изыскания для водных мелиораций
93. Техника безопасности при производстве водно – технических работ.

«УТВЕРЖДАЮ»  
декан \_\_\_\_\_  
Географического факультета  
доц. Махаматалиев Р.Ю.  
«29» август 2011 год

Перечень вопросов по 1-му промежуточному контролю  
по предмету «**Общая гидрология**» для студентов III курса направления «Гидрометеорология»

1. Цель и задачи курса Гидрология суши.
2. Деление гидрологии на части.
3. Краткие исторические сведения о развитии гидрологической науки.
4. Распределение воды на Земном шаре.
5. Основные физические и химические свойства воды.
6. Круговорот воды в природе.
7. Периферийные и бессточные части территории Земного шара.
8. Основные элементы уравнения водного баланса.
9. Уравнение водного баланса для замкнутых бассейнов.
10. Уравнение водного баланса для среднесуточного периода.
11. Уравнение водного баланса бессточных территорий.
12. Что такой гидрологический год?
13. Атмосферные осадки.
14. Влияние рельефа на величину осадков.
15. Закономерности изменения количества осадков с высотой местности.
16. Изменение различных видов осадков и их распределение внутри года.
17. Связь количества выпадающих осадков с высотой местности для территории Средней Азии.
18. Ливневые осадки.
19. Испарение. Физическая сущность испарения.
20. Методы определения величины испарения.
21. Величина испарения для различных территорий.
22. Испарение с водной поверхности.
23. Испарение с поверхности почвы и транспирация растений.
24. Суммарное испарение для речного бассейна и его определяющие факторы.
25. Снег и его свойства.
26. Плотность, теплота плавления, радиационные свойства, водность.
27. Методы изучения снежного покрова.
28. Измерение снежного покрова методом снегомерных съемок.
29. Определение средних величин осадков для площадей водосборов.
30. Способ средней арифметической, способ Гесса, метод квадратов, способ изогийет.
31. Речная система. Исток, верхнее, среднее и нижнее течение, устье.
32. Водораздел, речной бассейн, водосбор реки.
33. Физико-географические характеристики речных бассейнов.
34. Основные морфометрические характеристики речных бассейнов и русел рек.
35. Основные виды рек и речных долин, их размеры.
36. Гидрографическая схема бассейна реки.
37. Густота речной сети и её коэффициент.
38. Гипсографическая кривая бассейна, средняя высота бассейна.
39. Речная долина. Русло реки.
40. Поперечный профиль водной поверхности реки.
41. Водный режим рек.
42. Фазы водного режима.
43. Классификация рек Б.Д. Зайкова по характеру водного режима.
44. Источники питания.
45. Количественная характеристика роли отдельных источников питания и их определение.
46. Элементы водного режима.
47. Климатическая классификация А. И. Войкова.
48. Классификация рек В.Л. Шульца по источникам питания рек Средней Азии.
49. Количественная оценка доли различных источников питания рек.

«УТВЕРЖДАЮ»  
декан \_\_\_\_\_  
Географического факультета  
доц. Махамдалиев Р.Ю.  
«29» август 2011 год

Перечень вопросов по 2-му промежуточному контролю  
по предмету «**Общая гидрология**» для студентов III курса  
направления «Гидрометеорология»

1. Формирование речного стока.
2. Формирование стока рек и влияние на сток различных факторов.
3. Влияние на сток климатические факторы.
4. Влияние на сток рельеф бассейна реки.
5. Влияние на сток почвы и растительность.
6. Влияние на сток геологическое строение.
7. Влияние на сток хозяйственная деятельность человека.
8. Характеристики стока.
9. Норма стока.
10. Изменчивость стока рек.
11. Колебания годового стока и его распределение внутри года.
12. Основные природные и антропогенные факторы, влияющие на речные наносы.
13. Энергия и работа рек.
14. Методы деления речных наносов по фракциям.
15. Взвешивание частиц в потоке и распределение мутности по живому сечению.
16. Русловые процессы.
17. Типы русловых процессов.
18. Колебания годового стока наносов и его распределение внутри года.
19. Образование и строение ледников.
19. Типы ледников и их распространение.
20. Гидрологическое значение ледников.
21. Происхождение болот и их распространение на земном шаре.
22. Типы болот.
23. Строение, морфология и гидрография болот.
24. Водный баланс и гидрологический режим болот.
25. Понятие о водных ресурсах.
26. Охрана водных ресурсов от истощения и загрязнения.
27. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и охрана.
28. Мировой океан и его части.
29. Происхождение, строение и рельеф дна Мирового океана.
30. Солевой состав океана.
31. Соленость морской воды и ее распределение.
32. Морские течения.
33. Силы, формирующие течения.
34. Классификация морских течений.
35. Подземные воды.
36. Классификация подземных вод по условиям их происхождения.
37. Классификация водных исследований и изысканий.
38. Выды и этапы работ.
39. Связь водных исследований и изысканий с проектированием и строительством.
40. Организация изысканий.
41. Изыскания для водных мелиораций

Темы рефератов по курсу «Общая гидрология» для студентов 3 курса  
по направлению 5440600 – Гидрометеорология

1. Исторические сведения о развитии гидрологической науки в Средней Азии.
2. Круговорот воды в природе.
3. Основные элементы уравнения водного баланса.
4. Уравнение водного баланса для замкнутых бассейнов.
5. Уравнение водного баланса для среднемноголетнего периода.
6. Испарение.
7. Методы определения величины испарения.
8. Величина испарения для различных территорий.
9. Атмосферные осадки.
10. Влияние рельефа на величину осадков.
11. Закономерности изменения количества осадков с высотой местности.
12. Изменение различных видов осадков и их распределение внутри года.
13. Связь количества выпадающих осадков с высотой местности для территории Средней Азии.
14. Физико-географические характеристики речных бассейнов.
15. Основные морфометрические характеристики речных бассейнов и русел рек.
16. Основные виды рек и речных долин, их размеры.
17. Водный режим рек.
18. Фазы водного режима.
19. Источники питания.
20. Количественная характеристика роли отдельных источников питания и их определение
21. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и вопросы охраны.

Темы курсовых работ  
по курсу «Общая гидрология» для студентов 3 курса  
по направлению 5440600 – Гидрометеорология

1. История развития гидрологии в Средней Азии.
2. Круговорот воды в природе. Водный баланс Земного шара.
3. Испарение.
4. Атмосферные осадки.
5. Снежный покров и его гидрологическое значение.
6. Водный режим рек.
7. Источники питания рек.
8. Влияние природных факторов на речной сток.
9. Колебания годового стока рек и его изменчивость.
10. Работа и энергия рек.
11. Взвешенные наносы рек.
12. Сток растворенных веществ рек.
13. Озера и их гидрологический режим.
14. Водохранилища и их гидрологический режим.
15. Ледники и их гидрологическое значение.
16. Подземные воды и их гидрологические значения.
17. О водных ресурсах.
18. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и вопросы охраны.
19. Значение гидрологии в народном хозяйстве.
20. Пути дальнейшего развития науки гидрологии.

## Темы выпускная квалификационная работа

1. Морфометрической модель малого речного бассейна (на примере рек бассейна Угам).
2. Водный баланс Чарвакского водохранилища.
3. Внутригодového изменение твердого стока горных рек.
4. Расчет эмпирической обеспеченности средне суточных расходов воды (на примере рек бассейна Чирчик).
5. Минимальный сток малых низкогорных рек Кашкадарьи и его изменение в последние годы.
6. Гидрологический режим Айдар-Арнасайских озер.
7. Внутригодového распределение стока малых низкогорных рек бассейна Чирчик и его изменение в последние годы.
8. Изменение климата городов Узбекистана.
9. Водный режим малых низкогорных рек и водные ресурсы нижней части зоны формирования стока в бассейне р.Сурхандарьи.
10. Гидрологический режим реки Шеробод.
11. Гидрологический и гидрохимический режим реки Ахангаран.
12. Оценка водных ресурсов бассейна реки Кашкадарьи.
13. Гидрологический режим и водообеспеченность низовьев реки Амударьи.
14. Исследование динамики поступления речных вод в дельту Амударьи.
15. Изменение стока Амударьи под влиянием водохозяйственного строительства в ее бассейне.
16. Минимальный сток малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран
17. Водные ресурсы рек низкогорий бассейна р. Чирчик и их изменения в последние годы.

Самостоятельная работа по курсу «Общая гидрология» для студентов 3  
курса

по направлению 5440600 – Гидрометеорология

1. Исторические сведения о развитии гидрологической науки в Средней Азии.
2. Круговорот воды в природе.
3. Основные элементы уравнения водного баланса.
4. Уравнение водного баланса для замкнутых бассейнов.
5. Уравнение водного баланса для среднемноголетнего периода.
6. Испарение.
7. Методы определения величины испарения.
8. Величина испарения для различных территорий.
9. Атмосферные осадки.
10. Влияние рельефа на величину осадков.
11. Закономерности изменения количества осадков с высотой местности.
12. Изменение различных видов осадков и их распределение внутри года.
13. Связь количества выпадающих осадков с высотой местности для территории Средней Азии.
14. Физико-географические характеристики речных бассейнов.
15. Основные морфометрические характеристики речных бассейнов и русел рек.
16. Основные виды рек и речных долин, их размеры.
17. Водный режим рек.
18. Фазы водного режима.
19. Источники питания.
20. Количественная характеристика роли отдельных источников питания и их определение
21. Водные ресурсы Узбекистана, их рациональное использование и вопросы охраны.

## ГЛОССАРИЙ

по предмету «Общая гидрология»

**1. Гидросфера** – это водная оболочка земного шара, расположенную на поверхности земной коры и в ее толще, представляющую совокупность океанов, морей и водных объектов (рек, озер, болот, подземных вод), включая снежный покров и ледники.

**2. Испарение** – это процесс перехода вещества из жидкого или твердого состояния в газообразование.

**3. Дефицит влажности** – это разность между количеством водяного пара, насыщающим воздух при данной температуре, и количеством водяного пара, фактически находящимся в воздухе.

**4. Река** - это водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное сформированное самим потоком русло.

**5. Водосбор реки** - это часть земной поверхности и толщи почв и грунтов, откуда данная река получает свое питание.

**6. Гидрографическая сеть бассейна** – это совокупность водотоков (рек, ручьев, временных водотоков, каналов), водоемов (озер, водохранилищ) и особых водных объектов (болот, ледников) в пределах речного бассейна.

**7. Длина реки** — это расстояние вдоль русла, между истоком и устьем реки.

**8. Исток** — мест, начала реки (выход из озера, болота, ледника, родника и т.д.).

**9. Устье** — место непосредственного впадения реки в приемный водоем (океан, море, озеро) или другую реку.

**10. Коэффициент извилистости реки** - отношение длины участка реки, к длине прямой, соединяющей концы этого участка.

**11. Продольный профиль реки** — это график изменения отметок дна и водной поверхности вдоль русла.

**12. Половодье** — это фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон и характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и продолжительным подъемом уровня воды.

**13. Паводок** — это фаза водного режима, которая может многократно повторяться в различные сезоны года и характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей.

**14. Межень** — это фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня и возникающая вследствие уменьшения питания реки.

**15. Типовой гидрограф реки** - отражает наиболее общие черты внутригодового распределения расходов воды в реке.

**16. Объем стока воды** — это объем воды, прошедшей через данное поперечное сечение речного потока за какой-либо интервал времени.

**17. Слой стока** — это количество воды, стекающее с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади водосбора.

**18. Модуль стока воды** — это количество воды, стекающее с единицы площади водосбора в единицу времени.

**19. Ледник** — это масса фирна и льда, образовавшаяся путем длительного накопления и преобразования твердых атмосферных осадков и обладающая собственным движением.

**20. Болото** — это избыточно увлажненный с застойным водным режимом участок земли, на котором происходит накопление органического вещества в виде не разложившихся остатков растительности.

**21. Гряды** — это отдельные вытянутые в длину повышенные участки болота,

отделенные друг от друга вытянутыми, сильно обводненными понижениями.

**22. Болотные озера** — это относительно крупные водоемы (с площадью до 10 км<sup>2</sup> и глубинами до 10 м), имеющие торфяные берега, иногда плавающие моховые сплавины.

**23. Водные ресурсы** — это все природные воды, представленные водами рек, озер, водохранилищ, болот, ледников, водоносных горизонтов.

**24. Возобновляемые водные ресурсы** - это те воды, которые ежегодно восстанавливаются в процессе круговорота воды на земном шаре.

**25. Море** — это сравнительно небольшая часть океана, вдающаяся сушу или обособленная от других его частей берегами материков, полуостровов и островов.

**26. Залив** — часть океана или моря, вдающаяся в сушу и слабо обособленная от открытого океана или моря.

**27. Бухта** — небольшой залив, сильно отчлененный мысами или островами от основного водоема (т. е. океана или моря), обычно хорошо защищенный от ветров и часто используемый для устройства портов.

**28. Лиман** — залив, отделенный от моря песчаной косой (пересыпью), в которой есть узкий пролив, соединяющий лиман с морем.

**29. Пролив** — водное пространство, которое разделяет два участка суши и соединяет отдельные океаны и моря или их части.

**30. Грунтовые воды** — это подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном по площади водоупорном пласте

Руководитель:  
проф. Г.Н.  
Трофимов

# Выпускная квалификационная работа

## Минимальный сток малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран

Выполнил: Липяеский Д.А.  
I курс, гидролог

### Цель работы:

- Оценка некоторых гидрологических характеристик минимального стока малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран
- Выявление изменений минимального стока малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран за период 1980 -2009гг..

### Задачи:

- Выявление репрезентативности рядов данных;
- Восстановление и удлинение рядов данных;
- Подсчет характеристик минимального стока малых рек;
- Выявление изменений отдельных характеристик минимального стока малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран за период 1980 -2009гг..

### Район исследований:



### Гидрологическая изученность района

- На рассматриваемом участке бассейна в различное время действовало 22 гидрометрических поста;
- Эти посты контролируют водосборы с площадью от 8,70 км<sup>2</sup> до 1110 км<sup>2</sup>;
- Их средняя высота – от 1,45 км до 2,50 км;
- Длительность наблюдений колеблется от 4 лет до 62 лет;

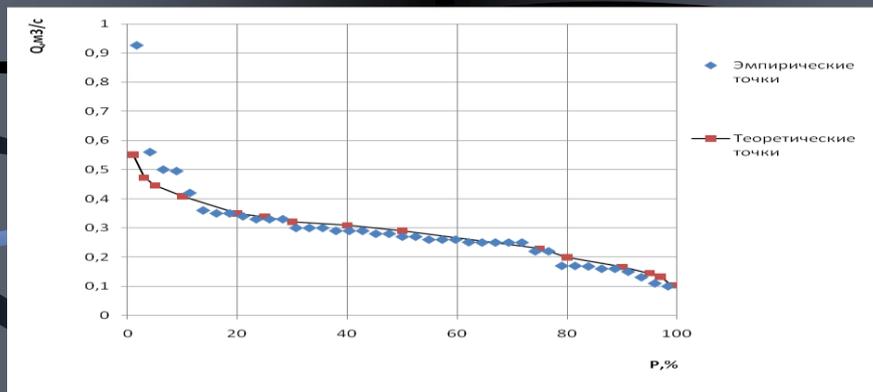
### Гидрологические характеристики 11 рек бассейна р.Ахангаран

№ п/п	Река – пост	Н, км	F, км <sup>2</sup>	Q <sub>мн. ср. год.</sub> , М <sup>3</sup> /с	Модуль стока, л/с·км <sup>2</sup>	Период наблюдений
1	Ахангаран – устье р.Иерташ	2,50	1100	2,31	2,08	1971-2009
2	Ахангаран - н.б. Ахангаранской плотины	2,00	4640	2,76	0,60	1974-2009
3	Джиблан – кишл. Жиблан	1,96	19	0,22	2,08	1981-2009
4	Наугарзан – с.Турк	1,85	92,8	0,07	0,79	1960–1970
5	Нишбаш – кишл. Нишбаш	2,05	141	0,29	11,66	1951-2009
6	Дукантсай – п.Дукант	2,21	201	0,66	2,06	1971-2009
7	Карабау – с.Самарчук	2,03	166	0,61	3,25	1948-2009
8	Абдязсай – кишл. Абдяз	1,59	70,5	0,14	3,66	1978-2009
9	Акча – кишл. Акча	1,56	125	0,15	1,19	1951-1980
10	Шаугаз – уроч. Караташ	1,66	65,8	0,12	2,04	1951-2009
11	Кызылча- кишл. Иерташ	2,34	51,6	0,49	9,35	1951–2009

Средние месячные минимальные расходы малых низкогорных рек ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) различной обеспеченности с длинными рядами наблюдений.

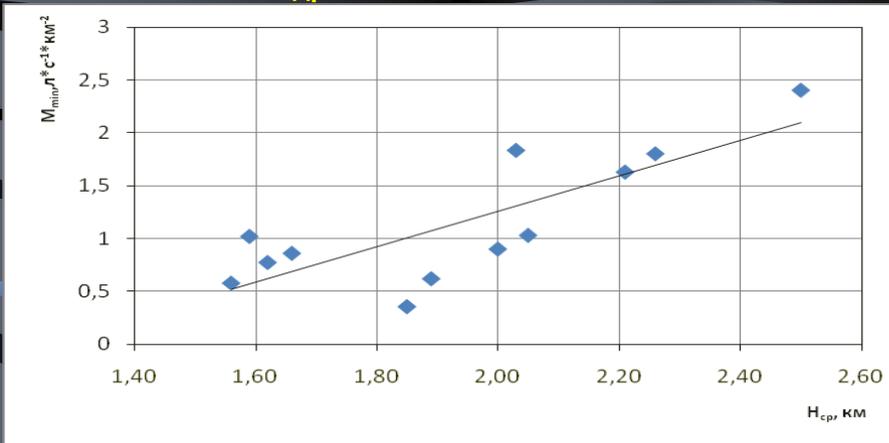
Река-пост	ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ, %						
	50	75	80	90	95	97	99
1. Ахангаран – устье р. Иерташ	2,30	1,81	1,81	1,31	0,91	0,58	0,36
2. Ахангаран – н.б. Ахангаранской плотины	2,90	2,38	2,26	1,99	1,78	1,66	1,46
3. Нишбаш -кишл. Нишбаш	0,29	0,23	0,20	0,17	0,14	0,13	0,10
4. Дукантсай - п. Дукант	0,61	0,44	0,40	0,32	0,26	0,22	0,17
5. Карабау –с. Самарчук	0,61	0,48	0,48	0,41	0,36	0,34	0,28
6. Шаугаз – уроч. Караташ	0,10	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01

Пример теоретической и эмпирической кривой обеспеченности среднемесячных минимальных расходов малых низкогорных рек с длинными рядами наблюдений.



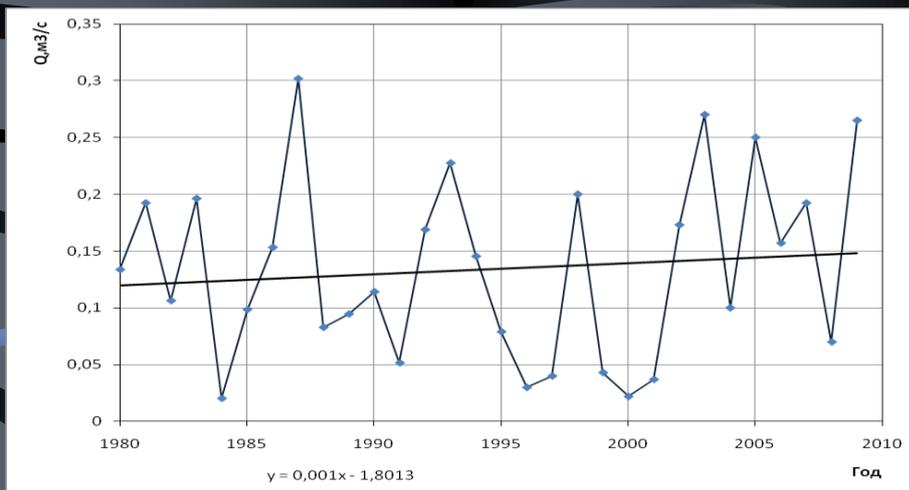
Нишбаш -кишл. Нишбаш

Оценка минимального стока рек, не изученных в гидрологическом отношении.



Зависимости  $M_{\min} = f(H_{\text{ср}})$  для малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран.

### Изменения минимального стока за последние десятилетия



Хронологический график изменений минимальных среднегодовых расходов воды по р. Карабау - Самарчук и линейный тренд.

### Тренды средних многолетних минимальных годовых расходов воды по рекам бассейна р. Ахангаран.

Река - пост	Н, км	F, км <sup>2</sup>	M <sub>г</sub> , л/(с*км <sup>2</sup> )	Тренд м3/с в год	Тренд %/год
Кызылча - Иергаш	2,34	51,6	9,35	-0,004	-0,80
Ахангаран - Иергаш	2,50	1110	2,08	-0,050	-2,82
Джиблан - Джиблан	1,96	19,0	11,66	0,003	1,40
Нишбаш - Нишбаш	2,05	141	2,06	0,006	2,26
Дукант - Дукант	2,21	201	3,25	0,020	3,60
Карабау - Самарчук	2,03	166	3,66	0,003	0,83
Абджазсай - кишл. Абджаз	1,59	70,5	2,04	0,002	1,23

### Выводы:

- Рассчитаны основные характеристики гидрологического режима по 15 исследуемым водотокам;
- Оценена репрезентативность рядов наблюдений за минимальным стоком. В результате оказалось, что 6 рек с короткими рядами, 6 рек с длинными рядами наблюдений;
- Для них построены теоретические и эмпирические кривые обеспеченности и рассчитаны расходы различной обеспеченности;
- Оценка минимального стока рек, не изученных в гидрологическом отношении производилась путём построения зависимостей  $M = f(N_{cp})$ , а затем  $M_{мин\ сут} = f(M_{мин\ мес})$ ;
- На примере малых низкогорных рек бассейна р. Ахангаран исследована и оценена динамика изменений отдельных характеристик минимального стока. В результате выявлено тенденции изменений характеристик минимального стока, в основном, положительные, но зависимости трендов от высоты не явные;

## Литература

1. Богословский Б.Б. Основы гидрологии суши.-Минск: БГУ, 1974.
  2. Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г. Общая гидрология. - Л.: Гидрометеиздат, 1973.
  3. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д. Общая гидрология - М.: Высшая школа, 1991.
  4. Чеботарев А. И. Общая гидрология. - Л.: ГМИЗ, 1975.
  5. Шульц В. Л. Реки Средней Азии- Л.: Гидрометеиздат, 1965.
  6. Архипкин В.С., Добролюбов С.А. Океанология. –М.: МАКС ПРЕСС, 2005.
  7. Виссмен У., Харбаф Т., Кнэпп Д. Введение в гидрологию. Перевод с английского. –Л.: Гидрометеиздат, 1979.
  8. Гляциологический словарь. –Л.: Гидрометеиздат, 1984.
  9. Грани гидрологии. Перевод с английского. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
  10. Достайулы Ж. Жалпы гидрология. –Алматы: Білім, 1996.
  11. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек. – М.: Изд-во МГУ, 1998.
  12. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. –М.: Высшая школа, 1991.
  13. Снег. Справочник. –Л.: Гидрометеиздат, 1986.
  14. Трофимов Г.Н., Исакова А.Я., Пирназаров Р.Т. Сел тошқинларини ўрганиш. Ушлубий қўлланма. –Тошкент: 2009.
  15. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. -Л.: Гидрометеиздат, 1975.
  16. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. - Л.: Гидрометеиздат, 1970.
  17. Чуб В.Е. Изменение климата и оценка природно-ресурсного потенциала Узбекистана. –Ташкент: НИГМИ, 2000.
  18. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. –Ташкент: НИГМИ, 2007.
  19. Электронные варианты конспектов лекций по курсу (авторы: доц. Ф. Хикматов, ст. преп. Д.П. Айтбоев).
  20. Основы гидрологии // Электронный вариант учебника (авторы: доц. Ф. Хикматов, ст. преп. Д.П. Айтбоев).
  21. International Association of Hydrological Sciences. Hydrological Sciences Journal.
- Сайт:** <http://www.cig.ensmp.fr/~iahs>.
22. [www.undp.uz](http://www.undp.uz) (Бирлашган Миллатлар Ташкилоти Тараққиёт Дастур Веб-сайти)
  23. [www.gwpcacena.org](http://www.gwpcacena.org)
  24. [www.Ziyo.net](http://www.Ziyo.net)