

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

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА**

Географический факультет  
Кафедра гидрологии суши

5440600 – НАПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

**УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО КУРСУ  
ГИДРОМЕХАНИКА И ДИНАМИКА  
РУСЛОВЫХ ПОТОКОВ**

Тошкент-2011

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Программа курса.....	3
2. Рабочая программа курса .....	12
3. Календарный рабочий план.....	16
4. Рейтинг оценок и распределение баллов.....	17
5. Педагогические технологии.....	19
6. Тезисы лекций.....	21
7. Тестовые задания.....	
8. Контрольные вопросы и билеты.....	55
9. Темы рефератов.....	69
10. Темы курсовых работ.....	70
11. Темы выпускных квалификационных работ.....	71
12. Вопросы для самостоятельной работы.....	73
13. Глоссарий.....	75
15. Литература.....	85

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

Руйхатга олинди

№ \_\_\_\_\_

2008 йил “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_

Ўзбекистон Республикаси  
Олий ва ўрта махсус таълим  
вазирлигининг 2008 йил “ \_\_\_\_ ”  
\_\_\_\_\_даги “ \_\_\_\_ ”-сонли  
буйруғи билан тасдиқланган

**ГИДРОМЕХАНИКА ВА ЎЗАН ОҚИМИ ДИНАМИКАСИ**  
фанининг**ЎҚУВ ДАСТУРИ**

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

Фаннинг ўқув дастури Олий ва ўрта махсус, касб-ҳунар таълими ўқув-методик бирлашмалари фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашнинг 2008 йил “\_\_\_” \_\_\_\_\_даги “\_\_\_”- сон мажлис баёни билан маъқулланган.

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

### **Тузувчилар:**

Исанов Ш.Р. – ЎзМУ “Назарий ва тадбиқий механика” кафедраси  
доценти, ф.-м.ф.н.

Ҳикматов Ф.Ҳ. - ЎзМУ “Қуруқлик гидрологияси” кафедраси мудир,

г.ф.д.

### **Такризчилар:**

Якубов М.О. – Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Сув муаммолари институти “Гидрология ва гидротехника” лабораторияси мудир, т.ф.д., профессор.

**Трофимов Г.Н. – Ўзбекистон Миллий университети  
Қуруқлик**

гидрологияси кафедраси профессори, г.ф.д.

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

## Кириш

Олий таълим тизимида амалга оширилаётган ислохатларга мувофиқ ҳолда жаҳон андозаларига жавоб берадиган юқори малакали гидрометеоролог - мутахассисларни тайёрлаш бугунги кунда муҳим аҳамият касб этади. “Гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси” фани гидрометеорология таълим йўналиши ўқув режасига киритилган табиий – илмий фанлардан бири ҳисобланади. Ушбу фан гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси масалаларини, жумладан суюқлик кинематикаси ва динамикаси, турбулентлик назарияси, табиий ўзанларда қаршилик, тезлик ва унинг тақсимланиши, оқизиклар ҳаракати қонунларини ўрганади.

### Ўқув фанининг мақсади ва вазифалари

Фанни ўқитишдан мақсад - талабаларга гидромеханиканинг назарий ва амалий асосларини, ўзан оқими динамикаси ҳамда табиий ўзанларда кечадиган жараёнлар қонуниятларини ўргатишдан иборат.

Фаннинг вазифаси – талабаларга суюқликлар кинематикаси ва динамикасининг назарий асосларини, турбулентлик назариясини, табиий ўзанлардаги қаршиликни, тезлик ва унинг тақсимланишини, оқизиклар ҳаракати қонунларини ўргатиш ва уларни амалда қўллай билиш бўйича малака ва тажриба ҳосил қилишдан иборат.

Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар

“Гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси” ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр:

- гидромеханиканинг асосий гипотезаларини, суюқлик кинематикаси ва динамикасини, суюқликда уярма ва потенциал ҳаракат қонунларини, Стокс теоремасини, идеал ҳамда ёпишқоқ суюқликларга хос бўлган хусусиятларни, Эйлер, Громеко-Ламб ва Навье-Стокс тенгламаларини, Бернулли ва Лагранж-Коши интегралларини, Рейнольдс тенгламасини, ўзан оқими динамикаси ва ўзан жараёнлари қонуниятларини **билиши керак**;

- гидростатика, суюқликлар кинематикаси ва динамикасига оид масалаларни ечиш, дарёларнинг лойқа оқизикларини миқдорий баҳолаш, сув омборларининг лойқа оқизиклар билан тўлиш жадаллигини ҳисоблаш ва бу ишларни амалга оширишда гидромеханика ҳамда ўзан оқими динамикасининг асосий қонунлари ва тенгламаларини қўллай олиш **кўникмаларига эга бўлиши керак**;

- Эйлер, Навье-Стокс, Бернулли ва Лагранж-Коши интегралларини тадбиқий масалаларга қўллаш, ламинар ва турбулент оқимларнинг оддий моделларини тузиш, Бернулли тенгламасидан очик ўзанлардаги гидравлик қаршиликларни ҳамда сув сарфини ҳисоблашда фойдалана олиш **малакаларига эга бўлиши керак**.

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

“Гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси” ўқув фани математик ва табиий - илмий фанлар блокига киритилган бўлиб, 5-семестрда ўқитилади. Шу туфайли дастурни амалга ошириш талабаларадан ўқув режасидан ўрин олган математик ва табиий – илмий (олий математика, информатика ва ахборот технологиялари, физика), умумқасбий (мутахассисликка кириш, геофизика асослари, , гидрофизика ва сув баланси тадқиқотлари,

умумий ва махсус гидравлика ва ҳ.к.) 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, улардан халқ хўжалигининг турли соҳаларида самарали фойдаланишда гидромеханика қонунлари ва ўзан оқими динамикаси ҳамда ўзан жараёнларига оид ҳисоблаш усулларига таянадилар. Шу жиҳатдан “Гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси” ўқув фани юқори малакали гидрометеорологлар тайёрлаш тизимининг ажралмас бўғини ҳисобланади.

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

Талабаларнинг “Гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси” ўқув фанини ўзлаштиришлари учун ўқитишнинг илғор ва 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, махсус жадваллар ва кўргазмали қуроллардан фойдаланилади. Маъруза ва амалий машғулот дарсларида мавзуга мос равишдаги илғор педагогик технологиялар қўлланилади.

### **Асосий қисм**

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

“Гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси” фани, предмети, тадқиқот объекти, мақсади, вазифалари, қисқача ривожланиш тарихи. Гидромеханиканинг асосий гипотезалари. Ўзан жараёнлари ва ўзан оқими динамикаси.

#### **Гидромеханика**

*Суюқлик кинематикаси.* Суюқликлар ҳаракатини ўрганишнинг икки усули. Майдон назариясининг асосий тушунчалари.

*Суюқликда уюрма ва потенциал ҳаракат.* Гельмгольцнинг уюрма пайча интенсивлиги ҳақидаги теоремаси. Тезлик циркуляцияси. Стокс теоремаси. Суюқликдаги соф деформация ва ундаги деформация тезлиги тензори. Чекли ҳажмли туташ муҳитнинг ҳаракат миқдорини ўзгартириш қонуни. Массавий ва сиртки кучлар.

*Туташ муҳит* – суюқлик ва газлар. Суюқлик ва газларнинг оддий моделлари: а) идеал суюқлик модели; б) ёпишқоқ суюқлик модели.

*Идеал суюқликнинг* Эйлер ва Громеко-Ламб кўринишидаги ҳаракат тенгламалари.

Идеал суюқлик ҳаракатининг масаласини умумий қўйилиши.

*Ёпишқоқ суюқликнинг* Навье-Стокс тенгламаси. Чегаравий шартлар.

Идеал суюқлик ҳаракати тенгламасини биринчи интеграллари: Бернулли ва Лагранж-Коши интеграллари, уларни тадбиқий масалаларга қўлланиши.

*Рейнольдс сони.* Рейнольдснинг кичик сони учун Навье-Стокс тенгламасини тақрибий ечими. Рейнольдс сони катта бўлган хол учун Навье-Стокс тенгламасини тақрибий ечими. Пластинкадаги чегаравий қатлам.

### *Ўзан оқими динамикаси*

*Сув оқимининг умумий тавсифи.* Дарё ва каналларда сув оқими ҳаракати тартиби ва турлари. Сув юзаси эгри чизиғи турлари: пасайиш эгри чизиғи ва димланиш эгри чизиғи. Кўчиш тўлқинлари ва ўзгарувчан ҳаракатда унинг турлари. Гидродинамиканинг табиий ўзанларга оид масалаларини ечишда қўлланиладиган асосий тенгламалари (сув сарфи доимийлиги тенгламаси, ўзгармас ва ўзгарувчан ҳаракат тенгламалари, Бернулли тенгламаси)ни қўллаш. Табиий ўзанлардаги гидравлик қаршиликлар. Оқим энергиясининг йўқотилиши, энергиянинг маҳаллий йўқотилиши ва уларни ҳисоблаш. Гидравлик нишаблик. Текислик ва тоғ дарёларида сокин ва шиддатли оқимлар. Табиий ўзанларда гидравлик сакраш ва гидравлик шаршаралар.

*Турбулентлик назарияси.* Турбулент ўзан оқимининг кинематик таркиби, асосий кўрсаткичлари. Турбулентликни тажрибалар ўтказиш йўли билан ўрганиш. Турбулентлик жадаллиги ва микёси. Ясси ва бир ўлчамли оқим. Турбулент кўзғалиш спектри. Ҳаракат микдорининг кўчиш схемаси. Турбулент оқимдаги йирик микёсли гирдоблар. Турбулентлиликнинг кинетик энергияси. Турбулентлиликнинг яримэмпирик назарияси. Турбулент оқим гипотезаси ва модели. Турбулент оқимнинг статистик тавсифи. Турбулент диффузиянинг статистик назарияси. Табиий оқимда тезликнинг тақсимланиши. Тезликнинг муз остида тақсимланиши.

*Табиий ўзанларда қаршилик.* Донадор ва тўлқинсимон ғадир-будурлик. Гидравлик қаршилик коэффицентининг Рейнольдс сонига боғлиқлиги. Текислик ва тоғ дарёларида қаршиликни ҳисоблаш усуллари.

Ўзан оқими ҳаракатининг фазовий масалалари. Марказдан қочма ва кориолис тезланишлари, уларнинг очиқ ўзанлардаги сув оқимига таъсири. Ўзан мустаҳкамланган жойда оқим ҳаракати, уни лаборатория ва табиий шароитда кузатиш, назарий тадқиқотлар. Кўндаланг циркуляциялар. Призматик ўзандаги циркуляция.

*Тезлик ва унинг тақсимланиши.* Кўндаланг қирқимда тезликнинг тақсимланиши. Ўзаннинг сув ўтказиш хусусияти. Кўндаланг қирқим шаклининг сув ўтказувчанлик ва ўзан қаршилигига таъсири. Ўзандаги иккиламчи оқимлар. Тошқин оқимининг қайирларда бошқарилиши. Қайирли гидростворлар учун сув сари эгри чизиғи графигини қуришнинг ўзига хос хусусиятлари. Ўзан оқимига кўрсатиладиган қўшимча қаршиликлар. Оқим планини тузиш. Н.М.Бернадский усули. Фрагментлар усули. Ясси қирқимлар усули. Гирдобли қисмлардаги оқим плани.

*Оқизиклар ҳаракати.* Оқизиклар ҳосил бўлишига таъсир этувчи омиллар. Ҳавза ва ўзан емирилиши ҳисобига ҳосил бўлган оқизиклар. Муаллақ ва ўзан туби оқизиклари, улар орасидаги чегара (В.Крессер усули). Ўзан ҳосил қилувчи ва транзит оқизиклар. Оқизикларнинг геометрик ўлчамлари ва гидравлик йириклиги. Кўндаланг қирқимда заррачаларнинг тақсимланиши. Каттиқ заррачаларга оқимнинг таъсир этиш механизми. Грунтларнинг эрозия бардошлиги. Бирикмага грунтлар учун юволмас ва юувчи тезликлар: В.Н.Гончаров, Г.И.Шамов, И.И.Леви, Ц.Е.Мирицхулава ва бошқалар ифодалари. Оқизиклар уюмининг ҳосил бўлиш. Заррачаларнинг чегара ўлчами ва оғирлиги. Эри конуни. Бириккан грунтлар эрозияси. Муаллақ оқизиклар ҳаракатининг асосий назариялари: В.М.Маккавеев, М.А.Великанов, И.Баренблатт, А.П.Колмогоров, Ф.И.Франкл ишлари. Лойқалик пульсацияси. Оқимнинг оқизиб кетиш хусусияти. Ўзанда оқизиклар ҳаракатланишига қайирнинг таъсири. Лойқалик, муаллақ оқизиклар сарфини ҳисоблаш. Ўзан туби оқизиклари, уларни ҳисоблаш усуллари (Н. Гончаров,

Г.Н.Шамов, Г.Эйнштейн ифодалари). Оқизикларнинг тўлқинсимон ҳаракати, ҳосил бўлиши, ривожланиши, кенг миқёсли турбулентликнинг аҳамияти. Ўзан туби тўлқинлари таснифи. Уларнинг ўлчамлари ва тезлигини ҳисоблаш ифодалари. Ўзан туби оқизиклари сарфини тўлқинлар ҳарактига боғлиқ ҳолда аниқлаш. Муаллақ ва ўзан туби оқизиклари нисбати, уларнинг йиғинди сарфини ҳисоблаш. Оқизикларнинг аккумуляцияси. Ўзан узунлиги бўйича оқизиклар мувозанати ва тенграмаси. Оқизикларнинг йил ичида тақсимланиши. Худудларда ҳосил бўладиган оқизикларни миқдорий баҳолаш.

*Селлар.* Селлар, ҳосил бўлиши, сел оқизиклари аккумуляцияси. Ўзан ҳосил қилувчи оқизикларнинг йириклиги бўйича тақсимланиши ва таркиби. Оқизикларнинг ҳаркатланиш натижасида майдаланиши. Оқизикларнинг гидравлик сараланиши. Ўзан туби оқизиклари гранулометриқ таркиби параметрларини ҳисоблаш.

*Ўзан жараёнлари.* Ўзан жараёнлари ва уларга таъсир этувчи омиллар. Ўзан бузулишлари (деформациялари) турлари: вертикал, горизонтал, даврий, умумий ва маҳаллий деформациялар. Ўзан жараёнларининг асосий омиллари, сув оқими, худуднинг геологик тузилиши, оқизиклар оқими, ўзан ва водий шакли, музлаш. Дарёларнинг бўйлама профиллари, мукаммаллашган бўйлама профиллари (Н.И.Маккавеев назарияси), аналитик ифодалар.

*Ўзанларни таснифлаш.* Дарёлар ўзанини таснифлаш тамойиллари (К.Н.Россинский, И.А.Кузьмин ишлари). Ўзан типларининг ҳосил бўлиш сабаблари (Б.Ф.Снищенко ишлари). Тоғ дарёлари ўзан типлари, уларнинг нишаблик ва оқим кинетиклигига боғлиқлиги (А.Н.Крошкин ишлари). Тоғ дарёларида бўладиган селларнинг ўзан жарёнларига таъсири. «Оқим-ўзан»–ўзаро бошқариладиган тизим. Дарё ўзанининг гидроморфометрик тавсифлари: В.Г.Глушков, С.И.Рибкин, С.Т.Алтунин, М.А.Великанов, В.Н.Михайлов боғланишлари. Дарё ўзанининг мустаҳкамлиги. В.М.Лохтин сони. Дарёларни ўзан мустаҳкамлиги даражаси бўйича таснифлаш. Ўзан ҳосил қилувчи сув сарфлари. Ўзан бузилишларини ҳисоблаш тенграмалари системаси, хусусий ечимлари.

*Ўзан морфологияси ва динамикаси.* Дарёлар ўзанининг морфологияси ва динамикаси. Дарёларнинг саёз қисмлари, ҳосил бўлиш шароитлари, морфологик элементлари. Келиб чиқиши, морфологияси, қайта ҳосил бўлиши ва ҳаракатчанлиги бўйича таснифлари. Нисбатан тўғри ва тармоқланмаган ўзанлар. Дарёлар бурилиши, ҳосил бўлиши. Таъсир этувчи омиллар. Дарё ўзани, тармоқланиши, оролчалар ҳосил бўлиши. Сув сарфини тармоқлар бўйича тақсимланишини ҳисоблаш. Дарёларнинг кўшилиш жойида кечадиган ўзан жараёнлари. Дарёларнинг кўйилиши ва унда кечадиган ўзан жараёнлари. Дарё дельталари турлари. Ривожланиш босқичлари. Кичик дарёлар ва уларда кечадиган ўзан жараёнларининг ўзига ҳос зусусиятлари. Дарё қайирлари. Қайирларнинг ҳосил бўлиш шароити ва механизми, типлари ва уларнинг ўзан жарёнлари билан боғлиқлиги. Қайирлар кенглиги ва баландлигининг ўзгариш қонуниятлари, тузилиши. Қайирларнинг ўзан бузилишига таъсири.

*Ўзан жараёнларини ўрганишининг амалий аҳамияти.* Сув хўжалиги қурилиши ва лойиҳалашда оқим динамикаси ва ўзан жараёнларини ҳисобга олиш. Ўзан бузилишларини прогноз қилиш. Сув омборларининг лойқа оқизиклари билан тўлиб қолиши. Сув омборлари қирғоқларининг бузилиши. Ўзан жараёнларини сув йўллари, кўприклар, сув олиш иншоотлари ва бошқа турдаги муҳандислик қурилишларида ҳисобга олиш. Дарё қирғоқларини ювилишдан ҳимоя қилиш. Суғориш каналларида ўзан бузилиши, ҳисоблаш усуллари. Ўзан жараёнлари ва дарё оқимини моделлаштириш ва тадқиқ этиш усуллари. Дарё оқимини моделлаштириш. Гидравлик моделлаштириш. Эркин моделлаштириш усули. Аэродинамик моделлар. Математик моделлаштириш. Ўзан жараёнларини ифодаловчи тенграмаларни соддалаштириш. Ўзан жараёнларини

экспедиция ва стационар шароитларда ўрганиш. Ўзан жараёнларини гидроморфологик таҳлил этиш. Аэрокосмик маълумотлардан, топографик хариталардан фойдаланиш. Ўзан жараёнларини хариталаштириш. Сув хўжалиги, гидротехник иншоотлар курилишида ўзан оқим динамикаси назариясининг аҳамияти. Дарёларда муҳандислик иншоотларини лойиҳалаш. Ўзан жараёнлари билан боғлиқ бўлган экологик муаммолар.

### **Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кўрсатма ва тавсиялар**

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

Амалий машғулотларнинг тахминий тавсия этиладиган мавзулари:

1. Суюқлик кинематикаси, суюқликлар ҳаракатини ўрганишга оид мисоллар ечиш.
2. Гельмгольц ва Стокс теоремаларига оид мисоллар ечиш.
3. Ёпишқоқ суюқликнинг Навье-Стокс тенгламасига оид мисоллар.
4. Бернулли ва Лагранж-Коши интеграллари ва уларнинг татбиқий масалаларга қўлланиши.
5. Рейнольдс тенгламаси, турбулент оқимнинг оддий моделларига оид мисоллар ечиш.
6. Турбулент режимли ясси оқимнинг динамик параметрларини ҳисоблаш.
7. Оқимнинг критик чегара тезликларини ҳисоблаш: бирикмаган грунтлар учун; бириккан грунтлар учун.
8. Сув оқимининг лойқа оқизикларни кўчириш қобилиятини ҳисоблаш.
9. Сув омборларининг лойқа оқизиклар билан тўлиш муддатини ҳисоблаш.
10. Тупроқ-грунт ўзанли йирик каналларнинг гидравлик параметрларини ҳисоблаш.

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

### **Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни**

Мустақил ишни тайёрлашда “Гидромеханика ва ўзан оқими динамикаси” 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;
- гидромеханика ва ўзан оқими динамикасига оид янги техник қурилмаларни, аппаратураларни, жараёнлар ва технологияларни ўрганиш;
- фаннинг талабанинг ўзи олиб бораётган ўқув-илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқ бўлган бўлимларини ва мавзуларини чуқур ўрганиш;
- масофавий (дистанцион) таълимдан фойдаланиш ва ҳ.к.

*Мустақил иш учун қуйидаги мавзуларни чуқур ўрганиш тавсия этилади:*

1. Суёқликлар кинематикаси.
2. Суёқликлар динамикаси.
3. Суёқликда уюрма ва потенциал ҳаракат.
4. Стокс теоремаси.
5. Идеал суёқликлар ҳаракатининг Эйлер ва Громеко-Ламб тенгламалари.
6. Ёпишқоқ суёқликнинг Навье-Стокс тенгламаси.
7. Бернулли ва Лагранж-Коши интеграллари.
8. Дарё ўзани кўндаланг қирқимининг гидравлик параметрларини аниқлаш.
9. Дарёда сувнинг оқиш тезлигини ўлчаш.
10. Тоғ дарёлари сувида мавжуд бўлган лойқа оқизиклар сарфини аниқлаш.
11. Дарё оқизикларини фракциялар бўйича гуруҳлаш.
12. Сув омбори тубига чўкан лойқа оқизиклар микдорини баҳолаш.

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

Мазкур фанни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий усуллари, янги педагогик ва ахборот – коммуникация 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 усуллари қўллаш ўринлидир. Шунингдек, амалий машғулотлар жараёнида фанга тегишли бўлган махсус адабиётлар, маълумотномалар, қурилмалар, моделлар, чизмалар ва слайдлардан фойдаланиш назарда тутилади.

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

#### **Асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар**

1. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
2. Барышников Н.Б. Руководство к лабораторным работам по динамике русловых потоков и русловым процессам. - Л.: Гидрометеиздат, 1991.
3. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.1,2. М.: Наука, 1972.

4. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Снитченко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. -Л. Гидрометеоздат, 1982.
5. Яблонский В.С. Краткий курс технической гидромеханики. –М.: ФМ. 1961.
6. Ҳикматов Ф.Ҳ., Якубов М.А., Айтбаев Д.П. Ўзан жараёнлари ва ўзан оқими динамикаси. –Тошкент: Университет, 2004.

#### **Қўшимча адабиётлар**

7. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. -Л.: Гидрометеоздат, 1962.
8. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
9. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловке процессы. –М.: Изд-во МГУ, 1986.
10. Знаменская Н.С. Донные наносы и русловые процессы. –Л.: Гидрометеоздат, 1976.
11. [www.undp.uz](http://www.undp.uz) (Бирлашган Миллатлар Ташкилотининг Тараққиёт Дастури Веб-сайти).
12. [www.gwpcacena.org](http://www.gwpcacena.org)
13. [www.Ziyo.net](http://www.Ziyo.net)

«Келишилган»  
 География факультети  
 декани \_\_\_\_\_  
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.  
 «\_\_» \_\_08\_\_2011 йил

Рабочая учебная программа предмета  
 «Гидромеханика и динамика русловых потоков»  
 для студентов 3 курса  
 направления «Гидрометеорология»

Всего – 84 ч.  
 Лекция – 34 ч.  
 Практические занятия - 50 ч.

Содержание курса

1.Цель и задачи курса «Гидромеханика и динамика русловых потоков». Связь дисциплины с другими предметами. Место дисциплины в подготовке высококвалифицированных специалистов–гидрометеорологов.

Взаимосвязь динамики потока, теории движения наносов и теории русловых процессов. Краткая история формирования и развития курса. Турбулентность руслового потока. Вторичные течения. Гидравлические сопротивления. Изучение движение наносов с гидродинамической точки зрения. Формирование теории русловых процессов (исследования В.М.Лохтина, Н.Н.Жуковского, М.А.Великанова, С.Т.Алтунина, Н.И.Маккавеева, Г.И.Шамова, А.М.Мухамедова и др.). Современное положение науки, сформировавшиеся школы: И.В.Попов (Санкт-Петербург), Р.С.Чалов (Москва), А.М.Мухамедов (Ташкент), А.Н.Крошкин и В.Ф.Талмаза (Бишкек).

2.Общая характеристика водного потока. Режим и виды движения водного потока на реках и каналах. Кривые водной поверхности и их виды: кривая спада и кривая подпора. Миграция волны и их виды. Основные уравнения гидродинамики естественных водных потоков: уравнение постоянство расходов, уравнение установившегося движения, уравнение неустановившегося движения, уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления естественных русел. Потери энергии потока, местные потери и их расчет. Гидравлический уклон. Спокойные и бурные течения на равнинных и горных реках. Гидравлический прыжок и водопад на естественных руслах.

3.Теория турбулентности руслового потока. Кинематическая структура турбулентного руслового потока, основные показатели. Изучение турбулентности опытным путем. Интенсивность и масштаб турбулентности.

Плоский и одномерный поток. Спектр турбулентной миграции. Схема миграции количества движения. Крупномасштабные вихры в турбулентном потоке. Кинетическая энергия турбулентности. Полуэмпирическая теория турбулентности. Гипотеза и модель турбулентного потока. Статистическая характеристика турбулентного потока. Статическая теория турбулентной диффузии.

4.Распределение скорости в естественном потоке, определяющие факторы. Распределение скорости под ледяным покровом. Сопротивление естественных русел. Зернистая и волнистая шероховатость. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса. Методы расчета сопротивления на равнинных и горных реках.

Пространственные задачи движения руслового потока. Центробежное и кориолисово ускорение, их влияния на водные потоки открытых русел. Движение потока на укрепленных участках русел, его изучение в натуральных и лабораторных условиях, теоретические исследования. Поперечные циркуляции. Циркуляция в призматическом русле.

5. Деление потока. Распределение скорости на поперечном сечении. Водопропускная способность русла. Влияние формы поперечного сечения на пропускную способность и сопротивления русла. Вторичные потоки в русле. Паводочный поток в поймах. Особенности построения кривых расходов воды на пойменных створах.

Дополнительные сопротивления на русловой поток. Составления плана потока. Метод Н.М.Бернадского. Метод фрагментов, метод плоских сечений. План потока вихревых участков.

6. Сток наносов и их движение. Факторы формирования стока наносов. Наносы бассейнового и руслового происхождения. Взвешенные и донные наносы, границы между ними (метод В.Крессера). Руслоформирующие и транзитные наносы. Геометрические размеры и гидравлическая крупность наносов. Распределение частиц на поперечном сечении.

7. Механизм влияния потока на твердые частицы. Противоэрозионная способность грунтов. Сдвигающая и несдвигающая скорость для несвязных грунтов: формулы В.Н.Гончарова, Г.И.Шамова, И.И.Леви, Ц.Е.Мирцхулава и др. Грядовой режим перемещения наносов. Граничные размеры и вес зерен. Закон Эри. Эрозия связных грунтов.

8. Основные теории движения взвешенных наносов: исследования В.М.Маккавеева, М.А.Великанова, И.Баренблатт, А.П.Колмогорова, Ф.И.Франкля и др. Пульсация мутности. Транспортирующая способность потока. Влияние поймы на движение наносов в русле.

Мутность, расчет расхода взвешенных наносов.

Донные наносы, методы их расчета (формулы Н.Гончарова, Г.И.Шамова, Г.Эйнштейна).

9. Грядовое движение наносов, формирование, развитие, роль крупномасштабной турбулентности. Классификация донных волн, методы расчета их размеров и скорости. Определения расходов донных наносов в зависимости от скорости грядовых движений.

Соотношение взвешенных и донных наносов, расчет их суммарного расхода. Аккумуляция наносов. Баланс наносов по длине русла и его уравнение. Внутригодовое распределение наносов и их количественная оценка.

Сели, формирование, аккумуляция селевых наносов. Гранулометрический состав руслоформирующих наносов. Размельчение наносов в результате движения. Гидравлическая сортировка наносов. Расчет гранулометрического состава донных наносов.

10. Формы возникновения русловых процессов, влияющие факторы. Виды деформации русел: вертикальная, горизонтальная, периодическая, общая и региональная. Связь деформации со стоком наносов.

Основные факторы русловых процессов: водный поток, геологическое строение, сток наносов, формы русла и долины, ледовые явления.

11. Продольные профили рек, совершенный продольный профиль (теория Н.И.Маккавеева), аналитические выражения. Принципы классификации русел рек (работы К.Н.Россинского, И.А.Кузьмина). Причины формирования русловых типов (работы Б.Ф.Снищенко). Типы русел горных рек, их зависимость от уклона (работы А.Н.Крошкина). Влияние селевых потоков на русловые процессы.

12. «Поток - русло» - самоуправляемая система. Гидроморфометрические характеристики русел рек: графические связи В.Г.Глушкова, С.И.Рыбкина, С.Т.Алтунина, М.А.Великанова, В.Н.Михайлова и др. Прочность русел рек. Число В.М.Лохтина. Классификация рек по прочности русел. Руслоформирующие расходы. Система уравнений для расчета деформации русел, частные решения.

13. Морфология и динамика речных русел. Неглубокие части рек, условия формирования, морфологические элементы. Относительно прямые и неразветвленные русла. Изгиб русел, формирование, влияющие факторы.

Русловые процессы в устьях рек. Типы дельты. Этапы развития.

Малые реки и особенности, протекающих на них русловых процессов.

14. Поймы рек. Условия и механизм формирования пойм. Типы пойм, их взаимосвязь с русловыми процессами. Закономерности строения и изменения ширины и высоты пойм. Влияние пойм на русловые деформации.

15. Учет динамики потока и русловых процессов при водохозяйственном проектировании и строительстве. Прогноз деформации русел. Влияния водохранилищ на русловые процессы. Заиление водохранилищ (работы Г.И.Шамова, В.С.Лапшенкова, А.В.Караушева и др.). Деформация берегов водохранилищ.

16. Учет русловых процессов при проектировании и строительстве водных путей, мостов, водозаборов и других инженерных сооружений. Меры предотвращения деформации берегов рек, каналов. Методы исследования и моделирования русловых процессов и динамики потока. Моделирование речного потока. Гидравлическое моделирование. Методы свободного моделирования. Аэродинамические модели. Математическое моделирование. Усовершенствование уравнений русловых процессов.

17. Изучение русловых процессов в экспедиционных и стационарных условиях. Гидроморфологический анализ русловых процессов: использование аэрокосмических материалов, топографических карт. Картографирование русловых процессов.

Экологические проблемы, связанные с русловыми процессами.

#### Практические занятия

1. Расчет динамических параметров плоского потока с турбулентным режимом.
2. Расчет критические скорости потока: а) несвязных грунтов; б) связных грунтов.
3. Расчет транспортирующей способности потока.
4. Расчет интенсивности заиления водохранилищ.
5. Расчет гидравлических параметров земляных каналов.

#### Темы самостоятельных работ

1. Определение гидравлических параметров поперечного сечения горной реки.
2. Измерение скорости течения реки.
3. Определение расхода наносов горных рек.
4. Группировка речных наносов по их фракционному составу.
5. Оценка заиления водохранилищ.

#### Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Снисенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

проф. Хикматов Ф.Х.,  
доц. Айтбаев Д.П.  
ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

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

Зав. кафедрой

проф. Хикматов Ф.Х.

“Утверждаю”  
Зав.кафедрой проф. Хикматов Ф.Х.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 2011 г.

Календарный план  
Факультет – географический, курс – 3, группа – русская  
Наименование дисциплины – Гидромеханика и динамика русловых процессов  
Читает лекции – ст.пр – ль Сагдеев Н.З. – 34 ч.  
Практические занятия проводит - ст.пр – ль Сагдеев Н.З. – 50 ч.

№	Вид занятий	Лекции или практические занятия	Часы	Отметка об исполнении		Подпись
				Дата	Часы	
	Лекция 1	Цель и задачи курса. Связь с другими предметами.	2			
	Лекция 2	Режимы движения жидкости в реках и каналах. Расчет параметров ламинарного потока.	2			
	Лекция 3	Теория турбулентности руслового потока.	2			
	Лекция 4	Распределение скоростей в потоке. Число Рейнольдса.	2			
	Практика	Практическая работа 1, ТК	10			
	Лекция 5	Особенности расчета сопротивлений.	2			
	Лекция 6	Сток наносов и их движение.	2			
	Лекция 7	Механизм влияния потока на твердые частицы.	2			
	Практика	Практическая работа 2, ТК	10			
	Лекция 8	Основы теории движения взвешенных наносов.	2			
	Лекция 9	Грядовое движение наносов.	2			
	Практика	Практическая работа 3, ТК	10			
	Рейтинг	Промежуточный контроль 1	2			
	Лекция 10	Формы возникновения русловых процессов.	2			
	Лекция 11	Типизация русловых процессов.	2			
	Лекция 12	Особенности типов русловых процессов.	2			
	Лекция 13	Особенности видов меандрирования.	2			
	Практика	Практическая работа 4, ТК	10			
	Лекция 14	Пойменная многорукавность. Типизация речных пойм.	2			
	Лекция 15	Инженерные приложения теории русловых процессов.	2			
	Лекция 16	Учет русловых процессов при проектировании и строительстве.	2			
	Лекция 17	Изучение русловых процессов в экспедиционных и стационарных условиях.	2			
	Практика	Практическая работа 5, ТК	10			
	Рейтинг	Промежуточный контроль 2	2			
	Рейтинг	Итоговый контроль	4			

«Тасдиқлайман»  
 География факультети  
 декани \_\_\_\_\_  
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.  
 «\_\_» \_\_08\_\_2011 йил

Распределение баллов по видам контроля  
 для курса «Гидромеханика и динамика русловых процессов» по специальности “  
 Гидрометеорология” на 2011 – 2012 учебный год

Общий объем часов – 84  
 Лекций - 34  
 Практических - 50  
 Самостоятельных - 48

№	Вид контроля	Максимальный балл	Проходной балл	Время проведения контроля
1.	Текущий контроль	9	4,95	4 неделя семестра
2.	Текущий контроль	9	4,95	7 неделя семестра
3.	Текущий контроль	9	4,95	9 неделя семестра
4.	Текущий контроль	9	4,95	14 неделя семестра
5.	Текущий контроль	9	4,95	18 неделя семестра
6.	Промежуточный 1	10	5,5	10 неделя семестра
7.	Промежуточный 2	15	8,25	19 неделя семестра
8.	Итоговый	30	16,5	Последнее занятие семестра
9.	Всего	100	55	

**Жорий баҳолаш мезонлари:**

*Лаборатория ишени баҳолашда қуйидагилар эътиборга олинади:*

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

*Амалий машғулотлардаги баҳолаш жараёнида қуйидагилар инобатга олинади:*

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

**Оралик баҳолаш мезонлари:**

- фаннинг ОБ учун белгиланган бўлими ёки қисми бўйича назарий билимларнинг тўла ўзлаштирилганлик даражаси;
- олинган назарий билимларни қўллаш биланлиги 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

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

«Тасдиқлайман»  
 География факультети  
 декани \_\_\_\_\_  
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.  
 « \_\_\_ » \_\_08\_\_ 2011 йил

## ТАЪЛИМ ТЕХНОЛОГИЯСИ

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

Тизимли туркум (категория) каби таълим технологияси қуйидагиларни ифодалайди:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

чуқур ўрганишдан аввал талабаларнинг фикрлаш фаолиятини жадваллаштириш ҳамда кенгайтиришга эришиш мумкин.

“БУМЕРАНГ” технологияси - мазкур технология бир машғулот давомида ўқув материалининг 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 шаклларини қамраб олади ҳамда бир машғулот давомида ҳар бир иштирокчининг турли топшириқларни бажариши, навбат билан ўқувчи ёки ўқитувчи ролида бўлиши, керакли баллини тўплашига имконият беради. “Бумеранг” технологияси танқидий фикрлаш, мантиқий шаклланишга имконият яратади; хотирани чархлайди, диққатни кучайтиради. Ҳолатларни, 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; ҳушфёъллик; қониқувчанлик; ўзгалар фикрига ҳурмат; 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 тасаввурларни аниқлаш имконини беради. У айти пайтда, турли ҳолатларни ифодалаш ҳамда улар орасидаги боғлиқликларни аниқлашга имкон яратади. Мазкур технологиядан ўқув материалининг 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 ҳолатлари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда ихчам баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади.

Келишилган»  
География факультети  
декани \_\_\_\_\_  
доц. Маҳамадалиев Р.Й.  
«\_\_» \_\_08\_\_ 2011 йил

## Лекция 1

### Введение.

#### Цель и задачи, связь дисциплины с другими предметами.

#### Место дисциплины в подготовке высококвалифицированных специалистов гидрометеорологов

В комплексе дисциплин, являющихся составными частями гидрологии суши, динамика русловых потоков и русловые процессы занимают особое место, так как они изучают внутреннюю структуру потоков, процессы формирования и перемещения наносов, русловые процессы в их естественном состоянии и с учетом антропогенного воздействия. Основными задачами данной дисциплины является совершенствование теории русловых процессов, разработка методов их расчета и прогноза в естественных условиях и при антропогенном воздействии, построение полей скоростей потоков, оценка сопротивлений их движению в руслах различных форм сечений, разработка теории перемещения наносов и методов расчета их расходов. Разработка этих вопросов позволяет рационализировать сложные и дорогостоящие измерения гидравлических параметров потоков и расходов наносов, особенно в паводочные периоды.

Решение этих задач необходимо для научного обоснования строительства различных гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов, особенно при реализации крупномасштабных проектов преобразования водных ресурсов, путем использования всех основных методов исследований - теоретического анализа, натурных изысканий, физического и математического моделирования. Научное обоснование в первую очередь требуется для выбора оптимальных мест размещения сооружений, их конструкций и систем защиты от неблагоприятных воздействий руслового процесса.

Динамика русловых потоков и русловые процессы находятся на стыке ряда наук, являясь составной частью гидрологии суши и гидравлики. Эта наука использует теорию и методы в первую очередь таких сопредельных дисциплин, как гидромеханика, геоморфология, гидрология, механика грунтов, теория надежности и устойчивости, теоретическая механика и др.

Следует отметить, что уже несколько веков гидромеханика, а применительно к воде гидравлика, занимаются исследованиями законов движения жидкости. В этих науках вскрыты и обоснованы строгие закономерности, на основе которых получено решение многих общих и частных задач. Однако если попытаться перенести эти законы на реки, то оказывается, что получить для них таких строгих решений пока не удалось. Это обусловлено тем, что все законы гидромеханики и гидравлики выведены из условий неподвижности граничных условий. Реки же характеризуются постоянной изменчивостью граничных условий, обусловленных подвижностью русел и пойм. Изменения русел и пойм происходят по своим специфическим законам, так как они зависят от ряда природных факторов, изучаемых в смежных науках, таких как геоморфология, гидрология, механика грунтов и другие, под влиянием которых создаются условия перемещения русел и пойм и вызываемый этими перемещениями эффект.

Изменения морфологического строения речного русла, происходящие под действием текущей воды, называют русловым процессом. Его движущей силой является поток, сущностью - переотложение наносов. Таким образом, русловой процесс

представляет собой форму транспорта наносов, образующихся на всей площади водосбора реки. Они поступают в реки, но сети притоков, речевой сети и при разрушении склонов долины.

Следовательно, можно утверждать, что любой участок реки получает заданный ему природными условиями сток наносов, которые поток должен транспортировать вниз по течению. Формы этого транспорта (разновидности морфологических образований в русле и на пойме реки) зависят от рельефа, геологии, водного и ледового режимов, стока взвешенных наносов, режима их поступления, крупности наносов и т.п. В свою очередь размер поступления наносов, их состав и крупность зависят от множества природных факторов: выпадающих атмосферных осадков, уклонов поверхности водосбора, грунтов и их проницаемости, растительности и др. Все это делает русловой процесс сложным многофакторным явлением, которое может изучаться только на основе комплексного подхода. Всякий односторонний подход неправомерен и хороших результатов дать не может.

Таким образом, при решении задач по оценке руслового процесса обязательно следует рассматривать совместно гидравлический и морфологический аспекты проблемы. Иными словами, решение проблемы расчетов и прогнозов руслового процесса требует создания гидравлической теории русловых форм. К сожалению, работа в этом направлении еще не закончена, хотя известны попытки создания теории поведения потока на повороте русла (излучине), грядового движения наносов, условные деления потока на рукава и другие.

## Лекция 2

### **Взаимосвязь динамики потока, теории движения наносов и теории русловых процессов. Краткая история формирования и развития курса**

Формирование динамики русловых потоков в самостоятельную дисциплину вызвано запросами практики и прежде всего, интенсивно развивающегося на внутренних водных путях судоходства. Развернувшаяся, в конце XIX и начале XX вв., «борьба за глубины» между сторонниками выправления и углубления рек привела к необходимости научного обоснования целого комплекса проблем по речной гидравлике и русловым процессам. Особенно обострились эти проблемы в связи с реализацией ряда неудачных проектов выправления рек. Основная их идея о необходимости использования энергии рек для размыва гребней лимитирующих перекатов является правильной, но недостаточный уровень знания законов, управляющих движением воды и наносов в реках и русловыми процессами, не позволил довести ее до положительных результатов. В то же время использование различных мощных дноуглубительных средств (земснарядов камнеуборочных машин, землесосов и других) привело к убедительной победе сторонников дноуглубления. «Борьба за глубины» явилась решительным толчком к проведению глубоких научных исследований с целью создания теории русловых процессов.

Между 1892 г. и 1904 г. был проведен ряд съездов русских деятелей по водным путям и ряд международных судоходных конгрессов. На съездах русских деятелей в дискуссиях о способах улучшения судоходных условий зарождались первые научные представления о русловом процессе.

Теория какого-либо процесса, прежде всего, предполагает наличие четко сформулированных общих положений о нем. В этих общих положениях должны даваться конкретные представления о формах проявления процесса, его движущих силах, факторах, влияющих на развитие процесса. Без этих положений невозможно ни создание математической модели процесса, ни разработка обоснованных и надежных методов его расчета и прогноза.

Инженер-путеец В. М. Лохтин обладал огромным опытом в деле улучшения судоходных условий рек и поэтому был прекрасно знаком с тем, как развивается этот процесс в природе. В 1897 г. он опубликовал первую крупную научную отечественную работу «О механизме речного русла», в которой были заложены научные основы теории русловых процессов.

Основные идеи В. М. Лохтина сводились к следующим. Деформации речных русел и пойм являются непосредственным следствием транспортирования рекой наносов. Действительно, невозможно представить, чтобы в ходе деформаций речных русел и пойм не происходили поступления или изъятия наносов из потока при их размывах и отложениях. Таким образом, морфологические образования в русле и на пойме - это формы, в которых осуществляется транспорт наносов, т. е. их переотложение в процессе перемещения их потоком вниз по течению.

Рассматривая источники поступления наносов, Лохтин приходит к выводу, что основную их часть поток получает со своего водосбора. Количество наносов, поступающих в поток для последующего транспортирования им до водоприемника, по Лохтину, будет зависеть от ската местности (наклоны поверхностей водосбора, определяющие скорости стекания), слагающих их грунтов (определяют состав и крупность наносов) и расходов воды (водности). Следовательно, сток наносов является независимым фактором руслового процесса.

В. М. Лохтин, отлично понимая необходимость изучения движущих сил потока, делает попытку объяснить и сам механизм транспорта наносов. «Имея в своем падении единственную силу для удаления постоянно поступающих в русло засорений (наносов) и ищущая в этой силе недостаток по сравнению с сопротивлением наносов, река как бы экономит ее, сосредотачивая большую ее часть то тут, то там, смотря по тому, где она в данный момент всего больше нужна. При высоких уровнях уклон концентрируется на плёсах, чтобы очистить их от наносов, перейти на спаде воды на перекаты и приступить к сносу отложений, которые временно были оставлены здесь высокими водами за недостатком сил. Таким образом, как те, так и другие отдельные участки русла, плесы и перекаты являются здесь неизбежными и необходимыми орудиями в общем деле влечения наносов».

Первым, кто попытался исследовать скоростную структуру речных потоков, был современник Лохтина, также инженер-путеец Н. С. Лелявский. Он работал над выправлением рек с целью улучшения судоходных условий и имел возможность наблюдать за кинематикой потока на перекатах и плёсах. Именно им были получены схемы течений, резко отличные от бытовавших представлений о параллелоструйности потоков. Н. С. Лелявским были выделены два кинематических фрагмента, названные им «свободным течением на плёсах» и «веерообразно-расходящимся течением» на перекатах, наблюдающиеся на участках верхового их ската. Гидравлика того времени еще не способна была дать объяснения этим сложным явлениям, однако сам факт проникновения в структуру потока свидетельствует о попытках самостоятельного решения задач и понимании того, что, опираясь только на постулаты классической гидродинамики, не вникая в сущность процесса, дать решение невозможно.

Еще более полным проникновением в строение потоков явились исследования Н. Е. Жуковского, относящиеся к началу XX в. Мировая война задержала развитие естественных наук, в том числе и динамики русловых потоков. В начале XX века начинается интенсивное изучение рек. В Ленинграде и Москве формируются крупные научные центры. Так, уже в 1919 г. Ленинграде был организован Государственный гидрологический институт, а несколько позднее – Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники им. В. Е. Веденеева. В Москве изучение русловой турбулентности и русловых процессов в основном концентрируются в Московском государственном университете. Именно в этот период бурно развиваются исследования в области динамики русловых потоков, связанные с именами таких ведущих ученых, как М. А. Великанов, В. Н.

Гончаров, В. М. Маккавеев, И. И. Леви и другие, разработавших теоретические основы гидродинамического на правления динамики русловых потоков и сформировавших их в самостоятельную дисциплину.

Сразу же после создания первого в мире Московского гидрометеорологического института в 1930 г. в нем усилиями М. А. Великанова был создан и прочитан курс лекций, названный им «Динамика русловых потоков». В 1936 г. на их основе, а также на основе курса лекций, прочитанных на физическом факультете МГУ, издано первое учебное пособие по этому курсу, а в 1946 г. опубликован первый учебник «Динамика русловых потоков», подготовленный М. А. Великановым.

Прослеживая развитие исследований в области речной гидравлики, или динамики русловых потоков, как называл ее с 30-х годов Великанов, надо отметить работы Н. Е. Жуковского, выдвинувшего гипотезу о существовании в потоке катящихся вихрей эллиптической формы. В последующем она отразилась на создании Великановым новой гипотезы о явлениях макро-турбулентности.

Работы Н. С. Лелявского по изучению вторичных течений в лабораторных условиях были в 30-е годы XX в. продолжены А. И. Лосиевским.

Крупные успехи в области гидравлики открытых потоков достигнуты Н. Н. Павловским и Б. А. Бахметьевым, создавшими методы расчета неустановившегося движения. При этом основной задачей ставилось не изучение русловых форм, а вопросы гидравлики сооружений и компоновки гидроузлов ГЭС.

С. А. Христианович и И. В. Егиазаров распространяют эти методики расчета на неустановившиеся течения. Развиваются методы лабораторного моделирования, теории которого уделяется много внимания, но и в этом случае речь идет о моделировании преимущественно сооружений. Большой успех гидродинамиков в первой половине XX в. позволил надеяться на возможность оценки руслового процесса расчетным путем на основе применения к нему законов гидродинамики. По этой причине подавляющее большинство исследований в период до середины 50-х годов сводилось к изучению динамики потока, а положения Лохтина оказались в значительной мере забытыми. Достаточно указать, что положение Лохтина о скатах поверхностей бассейна заменялось отнюдь не равноценным понятием продольного уклона реки, положение о наносах как факторе руслового процесса сводилось к гранулометрии ложа потока. Тем самым исчезла сама суть руслового процесса - транспорт наносов и положение о стоке наносов как независимом факторе руслового процесса. Забытое положение Лохтина о независимости стока наносов сыграло отрицательную роль, например, при разработке методики лабораторного эксперимента по воссозданию русловых деформаций. Если соблюдать это положение Лохтина, то на модель следует всегда подавать воду в смеси с наносами, имитируя тем самым их поступление с водосбора. Вместо этого длительное время, во всяком случае, до 1957 г., т. е. до III Всесоюзного гидрологического съезда, моделирование проводилось с подачей в лотки чистой воды и форм, подобных натурным, не получалось. На III Всесоюзном гидрологическом съезде имела место дискуссия по этому поводу, в итоге которой было восстановлено положение Лохтина о стоке наносов как независимом факторе руслового процесса, и в наше время лабораторный эксперимент проводится при обязательной подаче на модель смеси воды и наносов и таким путем воссоздаются формы русла, подобные речному.

В предвоенный период остро встали задачи расчета местных размывов в нижних бьефах плотин, у мостовых опор, временных перемычек, оголовков русловыправительных сооружений.

М. А. Великановым высказана мысль о том, что принципы гидравлики и гидромеханики необходимо усложнять учетом наносов, деформаций русла и двухфазностью жидкости. Однако расчеты деформаций основываются только на учете баланса наносов, а формам транспорта наносов уделяется мало внимания. В результате оказывается возможным оценить, будут ли на данном участке преобладать

размыв или отложения наносов, но вопрос о том, в какой форме будут наблюдаться эти явления, остается открытым, а, следовательно, и решения носят сугубо качественный характер.

В первой половине XX в. появляется ряд исследований движения потока в речной излучине (на повороте русла), делаются попытки теоретического объяснения возникновения здесь поперечной циркуляции. Необходимость учета наносов вынуждает исследовать движение отдельной частицы наносов. В. Н. Гончаров подробно рассматривает устойчивость донной частицы в турбулентном потоке, скорость ее выпадения в спокойной воде (гидравлическую крупность). Изучаются потери энергии в потоке, вызванные зернистой шероховатостью и грядовым движением наносов. К. В. Гришанин устанавливает связь шагов гряд с шагом вихревой дорожки.

В 1931 г. В. М. Маккавеевым создается диффузионная теория движения наносов. В 1944 г. М. А. Великановым разрабатывается гравитационная теория их движения. В обеих этих теориях транспорт наносов оценивается без учета его структурности, что придает результатам расчета качественный характер. Вес эти исследования проходили в условиях острой дискуссии, и разработки практических методов расчета деформаций не дали. Причина этого в неправильной постановке исследований, так как деформации определяются не движением отдельных частиц, а перемещением определенных структурных образований, происходящим по своим законам и под влиянием своих определяющих факторов.

Попытки установления связей руслового процесса с независимыми факторами, лежащими вне законов теоретической гидродинамики, хотя и не носили столь массового характера, как изучение гидравлики потока, все же предпринимались неоднократно. Первым, кто занялся ими, был В. Г. Глушков, который еще в 1924 г. установил связь отношения ширины и глубины русла с составом грунтов. Дальнейшее развитие подобные исследования получили в работах С. И. Рыбкина, М. А. Великанова, С. Т. Алтунина и многих других. В них делались попытки установления зависимостей таких морфометрических характеристик русла, как ширина и глубина, от расходов воды и уклонов. В зависимостях Великанова, имеющих наиболее обобщенный вид, учитывается также и крупность донных отложений.

Сам принцип подхода к построению подобных зависимостей, названных, по предложению Великанова, гидроморфологическими, а именно, не учет чередования размеров русел без учета закономерностей их деформаций, обусловленных различными условиями транспорта наносов (их переотложениями), привел к тому, что и результаты расчетов по ним могли обеспечить лишь грубо осредненные представления о связях размеров речных русел с определяющими их факторами.

Дальнейшим шагом в разработке гидроморфологических зависимостей являлись исследования В. В. Ромашина и В. И. Антроповского, которым удалось показать возможность создания этих зависимостей по типам руслового процесса, т. е. с учетом типичных схем деформаций русел и пойм рек.

Последующее развитие исследований по динамике русловых потоков и русловым процессам в основном связано с ленинградской и московской научными школами, имевшими хорошую экспериментальную базу, а также с исследованиями в ряде других городов страны (Ташкент, Одесса и др.). Крупные работы были выполнены и в ряде зарубежных стран: США, Англии, Нидерландах, Италии и др.

Именно в этот период трудами как отечественных (М. А. Великанов, В. Н. Гончаров, В. М. Маккавеев, И. И. Леви, Д. И. Гринвальд и др.), так и зарубежных ученых (Г. Эйнштейн и др.) на основе исследований турбулентности русловых потоков заложены основы гидродинамической теории русловых процессов. Однако ограниченные возможности чисто гидравлического подхода, недоучитывающего особенностей

морфологии речных русел и пойм, вызвали необходимость создания гидроморфологической теории русловых процессов, развитие которой обусловлено в первую очередь достижениями отечественных (Н. Е. Кондратьев, И. В. Попов, К. И. Российский, И. А. Кузьмин, Н. И. Маккавеев, Н. А. Ржаицын, Р. С. Чалов и др.) и зарубежных, в основном американских, ученых (Л. Б. Леопольд и М. Ж. Вольмай).

Таким образом, сформировалось два аспекта теории русловых процессов гидродинамический и гидроморфологический, имеющих свои области применения и существенно дополняющих друг друга. Их дальнейшее развитие направлено на создание единой теории русловых процессов, включающей достижения как гидродинамического, так и гидроморфологического аспектов, в частности посредством перехода к разработке гидравлической теории различных морфологических образований.

Одновременно с теорией русловых процессов осуществляется разработка ее наиболее сложной составляющей - теории пойм. В начальный период внимание ученых в основном было сосредоточено на трех ее аспектах; происхождении, классификации и строении пойм. Основные достижения в этом направлении связаны с именами известных русских ученых В. В. Докучаева, В. Р. Вильямса, Р. А. Еленевского, С. Н. Никитина и др. Но только разработка теории русловых процессов позволила научно обосновать приведенные выше аспекты теории пойм. В этом направлении следует отметить исследования Е. В. Шаицера, Н. И. Маккавеева, И. В. Попова, Р. С. Чалова и др.

В последний период на основе комплексного подхода к проблеме пойм (в основном трудами Н. Е. Кондратьева, Г. В. Железнякова и Н. Б. Барышникова) была теоретически обоснована концепция, объединяющая в себе как морфологию, так и гидравлику пойм. Интенсивное развитие гидротехнического строительства вызвало необходимость учета воздействия различных сооружений на русловые процессы. Разработке этих проблем посвящены исследования последнего периода, позволившие разработать методы расчета русловых деформаций при возведении гидротехнических сооружений различных типов.

Таким образом, наука «динамика русловых потоков и русловые процессы» изучает природные явления и закономерности движения потоков по руслам, сложенным размыкаемыми грунтами. Именно это определяет сложность проблемы и, что самое главное, неоднозначность ее решения, приводящего к разработке различных, иногда взаимоисключающих гипотез. Ряд вопросов имеет дискуссионный характер.

### Лекция 3

#### **Теория турбулентного руслового потока. Кинематическая структура турбулентного руслового потока, основные показатели**

Как известно из курса гидравлики, различают два режима движения жидкости: ламинарный и турбулентный, выделяя между ними переходную область. В открытых потоках - реках и каналах - обычно наблюдается турбулентный режим движения воды, но в меженьный период возможно движение и в переходной области. Так, при значительном понижении уровней река разбивается перекатами на ряд бьефов, движение воды в которых происходит с очень малыми скоростями, соответствующими переходной области. Близкие к этому режимы наблюдаются при интенсивном зарастании русла реки растительностью и в зимнюю межень на реках, протекающих в зоне с суровыми климатическими условиями, в периоды, предшествующие их промерзанию. Ламинарный режим наиболее характерен для движения подземных вод, хотя он наблюдается и на малых водотоках (ручьях и других) в маловодный период.

В реках и каналах движение воды происходит под действием силы тяжести ( $G$ ), которую можно разложить на нормальную ко дну ( $P_n$ ) и касательную ( $P_o$ ) составляющие. Именно за счет касательной силы, называемой действующей, и осуществляется движение воды в открытых руслах.

Как видно на рис. 1.1, действующая сила (на единицу площади), называемая касательным напряжением, равна

$$\tau_0 = GI = \rho g H I.$$

Выделим часть единичного объема  $H-y$ , для которого эта действующая сила равна

$$\tau_d = \rho g (H-y) I,$$

где  $I$  - уклон дна, при равномерном движении равный уклону свободной поверхности потока.

При ламинарном режиме действующая сила уравнивается силой вязкости

$$\tau = \mu \frac{du}{dy},$$

где  $\mu$  - динамическая вязкость;  $u$  - местная продольная скорость.

Равенство действующих сил и сил сопротивления дает уравнение движения ламинарного потока

$$\rho g (H-y) I = \mu \frac{du}{dy}.$$

Отсюда получаем

$$u = \frac{\rho g H^2 I}{\mu} \left( \frac{y}{H} - \frac{y^2}{2H^2} \right).$$

Максимальная скорость потока ( $u_0$ ) наблюдается на поверхности, т. е. при  $y=H$

$$u_0 = \frac{\rho g H^2 I}{2\mu}.$$

Средняя скорость равна

$$v = \frac{1}{H} \int_0^H u dy = \frac{\rho g H^2 I}{3\mu} = \frac{2}{3} u_0.$$

Таким образом, расчет параметров потоков ламинарного режима осуществляется довольно просто.

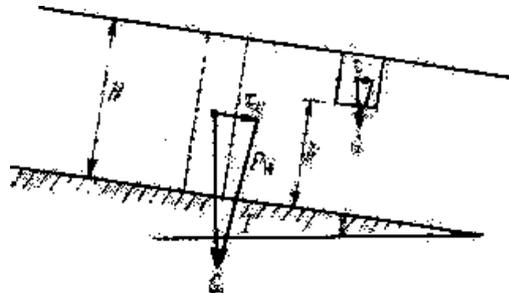


Рис. 1.1. Схематическое изображение действующих касательных напряжений.

Однако потоки такого режима встречаются в природных условиях, как уже указывалось, относительно редко. Более сложным и часто встречающимся в реках и каналах является турбулентный режим движения жидкости.

Из курса гидромеханики известно, что для описания осредненного поля скоростей установившегося турбулентного руслового потока О. Рейнольдсом получена система из

$$\begin{aligned} & \rho \left[ \frac{\partial}{\partial x} (\overline{uu}) + \frac{\partial}{\partial y} (\overline{uv}) + \frac{\partial}{\partial z} (\overline{uw}) \right] = \\ & = \rho \bar{X} - \frac{\partial \bar{P}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} - \rho \overline{u'^2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} - \rho \overline{u'v'} \right) + \\ & \quad + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} - \rho \overline{u'w'} \right), \end{aligned} \quad (1.1)$$

$$\begin{aligned} & \rho \left[ \frac{\partial}{\partial x} (\overline{vu}) + \frac{\partial}{\partial y} (\overline{vv}) + \frac{\partial}{\partial z} (\overline{vw}) \right] = \rho \bar{Y} - \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} + \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} - \rho \overline{v'u'} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} - \rho \overline{v'^2} \right) + \\ & \quad + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} - \rho \overline{v'w'} \right), \end{aligned} \quad (1.2)$$

коорди

$$\begin{aligned} & \rho \left[ \frac{\partial}{\partial x} (\overline{wu}) + \frac{\partial}{\partial y} (\overline{wv}) + \frac{\partial}{\partial z} (\overline{ww}) \right] = \\ & \quad \rho \bar{Z} - \frac{\partial \bar{P}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} - \rho \overline{w'u'} \right) + \\ & + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} - \rho \overline{w'v'} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} - \rho \overline{w'^2} \right), \end{aligned} \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} = 0, \quad (1.4)$$

где  $u$ ,  $v$  и  $w$  - проекции осредненной местной скорости на соответствующие оси координат  $(x, y, z)$ ;  $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$  - проекции соответствующих пульсационных добавок на оси координат;  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\bar{Z}$ ,  $\bar{P}$  - проекции массовых сил и сил давления на оси координат, отнесенные к единице массы;  $\rho$  - плотность жидкости.

Уравнения (1.1)-(1.3) называются уравнениями движения, а (1.4) - уравнением неразрывности.

Система уравнений Рейнольдса - незамкнутая. Действительно, в ней имеется четыре уравнения, в которых десять неизвестных. Поэтому одной из основных задач теории турбулентности является замыкание этой системы уравнений и хотя бы ее приближенное решение.

Системы уравнений, полученные Ж. В. Буссинеском и В. М. Маккавеевым также незамкнуты, и не дают возможности получения однозначного решения задачи о распределении скоростей по сечению потока.

Одним из путей решения системы уравнений (1.1) - (1.4) явилось ее упрощение, основанное на анализе особенностей речных потоков. Эти особенности, как отмечает К. В. Гришанин, состоят в следующем:

1. Глубины естественных потоков малы по сравнению с их горизонтальными размерами. Вследствие этого ускорения в осредненном движении жидкости вдоль оси ординат малы по сравнению с ускорениями вдоль других осей.

2. Эти же соотношения размеров потоков приводят к тому, что касательные напряжения в жидкости изменяются по оси ординат сильнее, чем по остальным осям. Исключением являются потоки вблизи от крутых берегов и там, где течения отрываются от берегов, образуя водоворотные области.

3. На равнинных реках, особенно в меженные периоды, скорости течения малы. Следовательно, турбулентное давление, обусловленное пульсациями скоростей, мало по сравнению с осредненным гидродинамическим давлением.

При этих упрощениях система уравнений (1.1) - (1.4) принимает следующий вид (ось ординат -  $z$ , а аппликата  $y$  направлена влево по отношению к оси  $x$ ):

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} &= \\ &= gI_0 \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial z}, \\ \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} &= \\ &= - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial z}, \\ 0 &= -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial z}, \\ \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} &= 0. \end{aligned}$$

После несложных преобразований, принимая продольный и поперечный уклоны свободной поверхности равными  $I_x = I_0 - \partial z / \partial x$ ,  $I_y = \partial z / \partial y$ , получаем уравнения движения в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} &= gI_x - \frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial z}, \\ \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} &= -gI_y - \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial z}. \end{aligned}$$

Здесь  $z'$  - отметка свободной поверхности.

Эта система уравнений применяется для решения большинства задач, возникающих при движении естественных потоков, где соотношения между их глубинами и ширинами малы и не наблюдается отрывных течений. Однако решение и этой системы уравнений затруднительно, поскольку она тоже незамкнута. Здесь в трех уравнениях шесть неизвестных:  $u$ ,  $v$ ,  $w$ ,  $u'w'$ ,  $v'w'$  и  $z'$ . Поэтому другим путем решения системы уравнений (1.1) - (1.4) являлось дальнейшее всемерное упрощение задачи, выразившееся в переходе от рассмотрения естественных трехмерных потоков, к так называемым плоским потокам.

Плоским считается поток при равномерном течении в призматическом русле прямоугольного сечения очень большой ширины, в котором влиянием боковых стенок можно пренебречь (т. е. пристенные области не рассматриваются). Таким образом, реальный русловой поток, в котором продольная скорость (и другие его характеристики) являются функцией координат и времени, т. е.  $u = f(x, y, z, t)$ , предлагается заменить схематизированным, в котором значение  $u$  зависит только от ординаты, т. е.  $u = f(y)$ . Но решение даже такой одномерной задачи требует знания закономерностей формирования и структуры турбулентного потока.

Сложность теоретического анализа повлекла за собой интенсивное развитие экспериментального изучения, как схематизированных лабораторных потоков, так и натуральных. Целью этих исследований являлось выявление кинематической структуры потока и закономерностей распределения скоростей в нем.

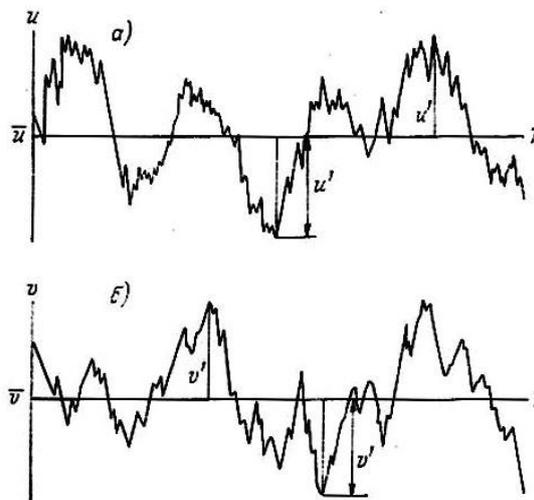


Рис. 1.2. Пульсационный характер изменения скоростей потока.  
а - продольных, б - вертикальных.

Как показывают экспериментальные данные, скорости, и другие характеристики потока непрерывно изменяются во времени около их среднего значения (рис. 1.2). Такой характер их изменения является аperiодическим и называется пульсационным. Это позволяет ряду исследователей считать его случайным, что в свою очередь дает возможность применять к турбулентным потокам аппарат математической статистики и теории вероятности. Так, М. Д. Миллионщиков подчеркивает, что при больших числах Рейнольдса «снова возникает статистически упорядоченный режим течения, который мы и называем турбулентным».

На рис. 1.2 показано изменение продольной ( $u$ ) и вертикальной ( $v$ ) составляющих скорости в конкретной точке потока, измеренных малоинерционным датчиком. Мгновенные значения продольной и вертикальной составляющих скорости можно представить в виде суммы их осредненных значений ( $\bar{u}$  и  $\bar{v}$ ) и пульсационных добавок ( $u'$ ,  $v'$ ).

$$u = \bar{u} + u', \quad v = \bar{v} + v'.$$

Определение осредненных значений скоростей производится по выражениям:

$$\bar{u} = \frac{\int_0^T u dt}{T}, \quad \bar{v} = \frac{\int_0^T v dt}{T}$$

Следует отметить, что для плоского потока  $v=0$ .

Рядом исследователей на основе экспериментальных данных были предложены различные схемы кинематической структуры турбулентного потока. В. Н. Гончаров выделяет в турбулентном потоке два вида возмущений (или вихрей): основные (или вихри первого рода) и вторичные.

Основные возмущения, возникая на тормозящей стенке при обтекании ее потоком, получают значительный запас кинетической энергии и имеют максимальную вертикальную составляющую скорости. Эти возмущения в виде локальных вихрей, перемещающиеся в толщу основного потока, затрачивают запас энергии на движение против силы тяжести, торможение продольно-поступательного движения, механизм турбулентного перемешивания и др. По мере дальнейшего перемещения в толще потока они, израсходовав значительную часть своей энергии, смешиваются с окружающей жидкостью и теряют свою индивидуальность. При этом вихри первого рода осуществляют массообмен между нижними и верхними слоями основного потока, формируют его скоростное поле, переносят наносы и осуществляют теплообмен. Каждое конкретное возмущение, зародившееся у стенки, характеризуется определенными размерами и значениями начальной скорости. Возмущения крупных размеров встречаются редко и называются низкочастотной частью спектра возмущений, а возмущения малых размеров встречаются часто и называются высокочастотной частью спектра к выводу о наличии в потоке вторичных возмущений (второго рода), имеющих размеры, соизмеримые с размерами потока, и обладающих малым запасом энергии. Причина их образования не ясна, предполагается, что они являются вторичными образованиями из-за условий входа. По мнению Гончарова, считающего, что они обладают малым запасом энергии, их роль в потоке невелика. Эти вихри, двигаясь аналогично гусенице трактора, несколько увеличивают пульсации скорости в потоке.

Эксперименты, выполненные в последние годы зарубежными исследователями «пузырьковым методом», в основном подтвердили гипотезу Гончарова.

А. Б. Клавен, обобщив результаты собственных экспериментов, выполненных в стеклянных лотках наибольшей шириной 21 см, а также результаты измерений и наблюдений других исследователей, установил, что поток заполнен вихревыми образованиями различных размеров и различной формы, более сконцентрированными в нижней половине сечения.



Рис. 1.4. Схема кинематической структуры турбулентного потока, по А. Б. Клавснуну.

Однако не во всех экспериментах эти структурные образования прослеживались достаточно четко. Так, только на 531 изображении структуры потока из 800 удалось выделить эти структурные образования.

На основе экспериментальных данных Клавсен выявил двухмерную схему структуры потока (рис. 1.4). Представленные на этом рисунке крупные вихри имеют сложное строение. Внутри них обнаруживаются подобные же вихри меньшего размера, охваченные объединяющим их контуром. Продольные размеры наиболее крупных структур изменяются от 3,6 до 10 глубин потока, в среднем составляя 6,7 его глубины. Продольные размеры таких структур зависят от шероховатости русла. При ее увеличении они уменьшаются, их плотность на единицу длины потока при этом увеличивается.

Отношение средней на вертикали скорости потока к средней орбитальной скорости, названное Великановой мерой скольжения структурных элементов относительно дна, зависит от размеров структурных элементов и изменяется от 4 для наиболее крупных структур до 18 для мелких. Наиболее устойчивыми являются структуры с поперечными размерами, близкими к глубине потока. Они наиболее упорядочены в пространстве и их можно рассматривать как квазипериодические элементы русловой турбулентности.

Дальнейшие исследования, проведенные в ГГИ, выявили наличие вихрей, соответствующих двум структурным уровням. Размеры мезовихрей соизмеримы с глубиной потока (один структурный уровень), а размеры «глобальных вихрей», соответствующих другому структурному уровню, соизмеримы с шириной потока.

Следует отметить, что в последние годы рядом исследователей введено понятие когерентных структур, под которыми понимают долгоживущие упорядоченные крупномасштабные образования на фоне мелкомасштабной турбулентности, обладающие высокой степенью универсальности данного типа течений.

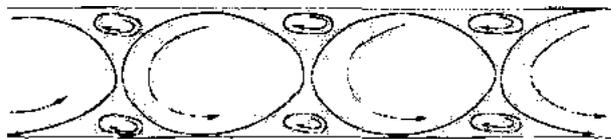


Рис. 1.5. Схема кинематической структуры потока в придонном слое, по И. Е. Кондратьеву.

В какой-то степени близки к гипотезе В. Н. Гончарова концепции И. Е. Кондратьева, Н. С. Знаменской, А. В. Караушева и М. Д. Миллионщикова, хотя каждая из них имеет свои существенные особенности. Общим является представление об образовании у тормозящей стенки вихревых структур, передающих сопротивления в толщу потока. Так, Кондратьев считает, что турбулентный поток обладает свойствами дискретной среды и рассматривает его отдельные фрагменты. В потоке с грядовым дном, для участка над напорным склоном гряды, он выделяет два фрагмента: транзитный поток, в котором частицы движутся по слабоизогнутым траекториям, где можно применить потенциальный закон течения, и придонный слой с траекториями циклоидальной формы. Этот слой заполнен

катящимися по дну эллиптическими вальцами, по которым скользит транзитный поток (рис. 1.5). Промежутки между двумя большими соседними вальцами, имеющими одинаковое направление вращения, заполнены вальцами меньшего размера, противоположного направления вращения. Такое заполнение промежутков может быть бесконечным (рис. 1.6).

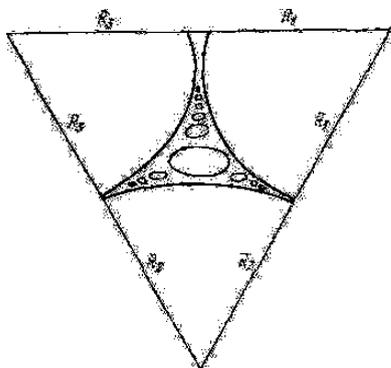


Рис. 1.6. Схема заполнения промежутков между двумя крупными соседними вихрями, по Н. Е. Кондратьеву.

Однако наименьший размер вихрей определяется силами вязкости, диссипирующими энергию в тепловую.

Н. С. Знаменская, развивая гипотезу Кондратьева для подвалья гряды, схематизирует течения в нем в виде концентрических элементов и выделяет зону выброса из подвалья гряды завихренной жидкости (рис. 1.7).

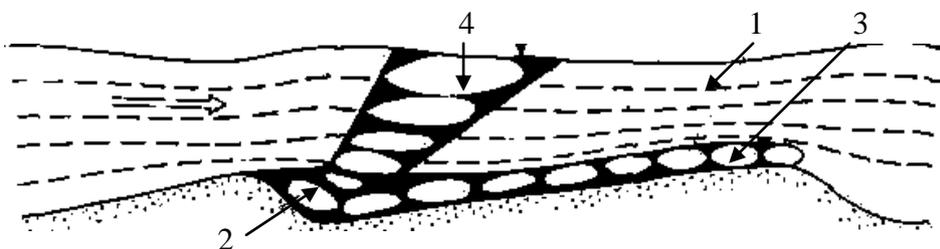


Рис. 1.7. Схема кинематической структуры потока при грядовой форме дна, по П. С. Знаменской.

1 - транзитный поток. 2 - водоворотная зона подвалья гряды, 3 - зона вихрей, катящихся по напорному склону гряды, 4 - зона вихрей, вырывающихся из подвалья гряды в толщу потока.

Эта зона в реальных потоках очень сложна, но для плоского потока схематизируется в виде системы восходящих вихрей эллипсоидной формы.

Существенно отличная точка зрения изложена Великановым. Рассматривая спектр турбулентных пульсаций, он выделяет в нем в качестве основной незначительную часть - вихри крупного размера, имеющие вид эллипсов. Эти вихри, возникая в толще потока в результате неустойчивости основного осредненного течения и охватывая его на полную глубину (рис. 1.8) перемещаются в направлении осредненного течения с некоторым скольжением относительно дна. Между такими соседними вихрями максимального размера

в областях перехода нисходящих токов одного вихря в восходящие - другого должны возникать вихри меньшего размера и противоположного знака вращения, т.е. так же, как и в концепции Кондратьева (рис. 1.6). На основе своей гипотезы Великанов предлагает разделить все поле скоростей на три составляющие: 1) поле осредненных скоростей, 2) поле их структурных пульсаций, определяемых перемещением в потоке крупномасштабных вихрей, и 3) поле случайных пульсаций, формируемое вихрями меньшего размера.



Рис. 1.8. Схема кинематической структуры потока, по М. А. Великанову.

Близка к предложенной Великановым гипотеза А. А. Таунсенда. Оригинальная схема структуры потока предложена В.М. Маккавеевым, представившим поток в виде серии водоворотов с вертикальными осями вращения, занимающими всю глубину потока. В пределах каждого такого водоворота жидкость совершает осевые и вращательные движения. По длине потока наблюдается чередование водоворотов таким образом, что восходящие течения жидкости внутри них обязательно сменяются нисходящими (рис.1.9). Таким образом, осуществляется смена восходящих и нисходящих течений жидкости, пронизывающих толщу потока на всю его глубину. Первоначально вертикальные оси вращения водоворотов искривляются под действием поля осредненных скоростей, что приводит к разрушению таких водоворотов. Образующиеся новые системы водоворотов обладают теми же свойствами, что и разрушенные.

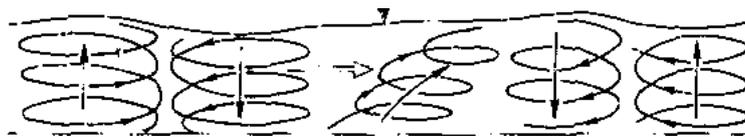


Рис. 1.9. Схема кинематической структуры потока, по В. М. Маккавееву.

Имеется еще ряд гипотез как отечественных, так и зарубежных авторов, содержание которых излагается в специальной литературе.

Как вытекает из гипотез кинематической структуры потока, некоторые авторы, а точнее группы авторов, иногда придерживаются противоположных взглядов, несмотря на то, что в основу их гипотез положены фактически одни и те же экспериментальные данные (например, гипотезы Гончарова и Великанов). В Н Гончаров считает, что основная роль в передаче сопротивлений и формировании поля скоростей принадлежит возмущениям, формирующимся у стенки, а крупные возмущения, возникающие в толще потока, существенного влияния на его характеристики не оказывают. М. А. Великанов, наоборот, основную роль отводит именно этим крупным, макромасштабным возмущениям.

#### Лекция 4

### Распределение скоростей в естественном потоке, определяющие факторы. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса

Распределение скоростей по сечению естественных русел зависит от ряда факторов: шероховатости дна, глубины и уклона водной поверхности. Кроме этих, действует еще ряд дополнительных факторов: растительность в русле, ледяной покров, ветер, морфология

русла и поймы, русловые деформации и пр. Все эти факторы, оказывая влияние на поле скоростей, затрудняют его теоретическое описание. В то же время для решения ряда практических и теоретических задач необходимо знание расчетной эпюры скоростей. Такое положение привело к аналитическому решению простейшей задачи распределения скоростей по глубине плоского потока с недеформируемым руслом, т. е. фактически к определению зависимости

$$\bar{u} = f\left(y, \frac{H}{\Delta}\right),$$

где  $\bar{u}$  - местная осредненная скорость;  $y$  - ордината, отсчитываемая от дна потока;  $H$  - глубина потока;  $\Delta$  - высота выступов шероховатости дна.

Но и для этого простейшего случая теоретическое решение задачи отсутствует. Как уже указывалось, система уравнений, описывающих поле скоростей турбулентного потока, незамкнута. Это вынуждает исследователей искать частные пути ее решения, основанные на различных физических предположениях и допущениях, а также на анализе обширного натурного и экспериментального материала.

Одним из ранних путей решения системы уравнений Навье - Стокса явился вывод так называемого закона Лоренца, который до настоящего времени используется для получения формул, описывающих профиль распределения осредненных во времени скоростей по глубине потока

$$\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \bar{X} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \quad (1.5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0. \quad (1.6)$$

Применяя эту систему уравнений к плоскому потоку и пренебрегая значением  $\nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$  как величиной второго порядка малости, получаем

$$v = \frac{\partial u}{\partial y} = -gl \quad (1.7)$$

Учитывая, что для плоского потока  $\partial u / \partial x = 0$ , из уравнения (1.6) получим  $dv / dy = 0$ . Прибавим к левой части уравнения (1.7) значение  $uv / dy = 0$ , тогда

$$\frac{\partial}{\partial y} (uv) = -gl$$

Принимая а  $v = \bar{v} + v' = v'u = \bar{u} + u'$ , вномерного установив-шегося движения), получим  $uv = \bar{u}v' + u'v'$ , а проведя операцию осреднения, получим  $\bar{uv} = \bar{u}'v'$ ,

отсюда получаем 
$$\frac{\partial}{\partial y} (\overline{u'v'}) = -gl.$$

Интегрируя это выражение получаем

$$\rho \overline{u'v'} = \rho g (H - y) l$$

Это выражение является уравнением равномерного движения турбулентного руслового потока и получило название **закона Лоренца**.

### *Зависимость коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса*

В открытых русловых потоках массы жидкости перемещаются под действием силы, равной проекции силы тяжести на направление движения.

При равномерном плоском движении жидкости действующее касательное напряжение уравнивается касательным напряжением сопротивления;  $\tau_d = \tau_c$ . При ламинарном режиме сила сопротивления обусловлена молекулярными силами вязкости. Для переходной области и турбулентного режима получить выражение для силы сопротивления аналитическим путем не удалось, что обусловлено сложностью и недостаточной изученностью структуры турбулентного потока.

Касательное напряжение сопротивления может быть рассчитано по формуле, которая в развернутом виде для плоского потока в целом может быть записана в виде

$$\tau_c = \mu \frac{du}{dy} + A \frac{d\bar{u}}{dy}. \quad (1.35)$$

Второе слагаемое равенства характеризует сопротивление за счет так называемого молярного обмена, т. е. за счет интенсивного массообмена между придонными слоями и основной толщей потока, в процессе которого осуществляется торможение турбулентного потока. При этом градиент скорости имеет тот же физический смысл, что и для первого члена равенства (1.35), но, как уже указывалось, под  $u$  понимается осредненная продольная скорость.

Формула (1.35) констатирует, что в реальном турбулентном потоке процесс торможения осуществляется за счет турбулентной и молекулярной вязкости. В случае ламинарного движения второй член правой части формулы (1.35) равен нулю, при этом касательное напряжение трения на стенке пропорционально первой степени скорости.

В развитом турбулентном потоке, при больших значениях чисел Рейнольдса, первый член правой части формулы (1.35) значительно меньше второго и им можно пренебречь. Тогда касательное напряжение будет пропорционально второй степени скорости, т. е.

$$\tau_c = \rho \lambda \frac{v^2}{2}.$$

Для переходной области оба слагаемых правой части формулы (1.35) могут быть соизмеримы, причем касательное напряжение оказывается пропорциональным скорости в степени, меньшей двух.

Отсутствие теоретического решения вопроса о расчете сопротивлений в переходной области и для турбулентного режима привело к многочисленным экспериментальным исследованиям. Наиболее интересные результаты были получены Никурадзе (для напорных трубопроводов) и Зегждой (для лотков и открытых каналов). Анализ данных экспериментов позволил им установить зависимость коэффициента гидравлического трения ( $\lambda$ ) от определяющих факторов в виде  $\lambda = f(Re, H/\Delta)$  (рис. 1.11).

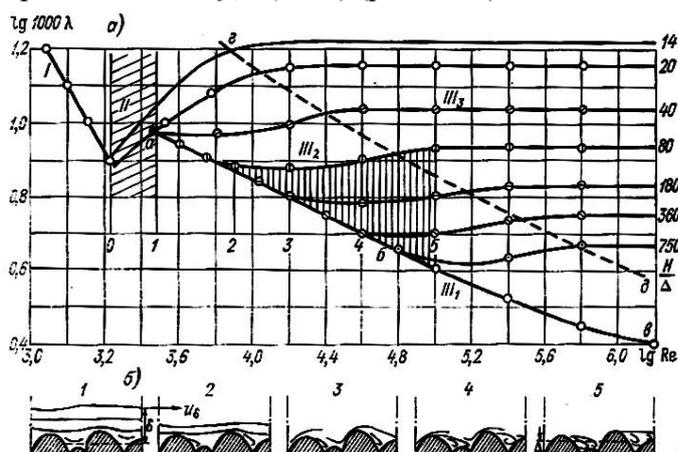


Рис. 1.11, а — зависимость  $\lambda = f(Re, H/\Delta)$

*I* - ламинарный режим, *II* - переходная область, *III* - турбулентный режим; *III*<sub>1</sub> - гладкие стенки, *III*<sub>2</sub> - полугладкие стенки, *III*<sub>3</sub> - шероховатые стенки.

*б* - схема обтекании выступов шероховатости.

Для определения значения параметра  $\lambda$  рядом авторов предложено значительное количество формул, основанных на различных гипотезах. В качестве примера можно привести формулу Гончарова

$$\lambda = \frac{1}{\left(4 \lg \frac{6,15H}{\Delta}\right)^2}. \quad (1.37)$$

Подставляя значение  $\lambda$  из (1.37) в (1.36), получим формулу для расчета сопротивления движению плоского потока турбулентного режима в виде

$$\tau_c = \frac{\rho}{\left(4 \lg \frac{6,15H}{\Delta}\right)^2} \frac{v^2}{2} \quad (1.37')$$

Учитывая что  $\tau_d = \tau_c$  получим формулу для расчета средней скорости плоского потока (по Гончарову)

$$v = 4 \lg \frac{6,15H}{\Delta} \sqrt{2gH\Gamma} \quad (1.38)$$

Приравнивая значение скорости по (1.38) аналогичному значению по формуле Шези, получаем выражение для расчета коэффициента Шези плоского потока

$$C = 4 \lg \frac{6,15H}{\Delta} \sqrt{2g} = 17,7 \lg \frac{6,15H}{\Delta}$$

Как вытекает из анализа этой формулы, коэффициент Шези зависит только от относительной шероховатости и не зависит от других видов сопротивлений. Такой вид формулы приемлем для расчетов коэффициентов шероховатости для ограниченного числа водотоков, в частности для горных рек, и неприемлем для расчетов на реках с грядовым режимом перемещения наносов.

## Лекция 5

Сток наносов и их движение. Факторы формирования стока наносов. Наносы бассейнового и руслового происхождения. Взвешенные и донные наносы, границы между ними (Метод В. Крессера). Руслоформирующие и транзитные наносы

Практически все естественные водотоки протекают в деформируемых руслах. Процесс формирования их происходит в результате длительного взаимодействия потока жидкости, существенно изменяющегося во времени, и русла. Это взаимодействие состоит

из воздействия дна и берегов русла на скоростное поле потока, которое в свою очередь оказывает влияние на формирование русла. При этом поток переносит в виде наносов частички грунта поступающие в него из бассейна реки и за счет размыва русла и поймы.

Бассейны рек, занимающие большие площади, обычно сложены различными породами. Продукты распада последних, перемещаясь по склонам под действием силы тяжести, попадают в понижения рельефа. Часть их в периоды формирования паводков и половодий под действием текущей по тальвегам воды переносится в реки или их притоки. В результате многочисленных соударений в процессе перемещения частицы грунтов, приобретающие окатанную форму, называются наносами.

Речными наносами называются твердые минеральные частицы, переносимые потоком и формирующие русловые и пойменные отложения. Речные наносы образуются из продуктов выветривания, денудации и эрозии горных пород и почв.

Речные наносы в зависимости от характера движения в потоке обычно подразделяют на взвешенные и влекомые. Такое подразделение наносов носит условный характер, так как в зависимости от крупности наносов и скоростей течения потока те или иные твердые частицы могут находиться то во взвешенном состоянии, то перемещаться по дну потока.

Наносы, подразделяют, кроме того, на транзитные и руслоформирующие. Малые частицы переносятся к устью реки по преимуществу транзитом. Более крупные частицы в зависимости от гидравлических свойств потока то переносятся потоком во взвешенном или влекомом состоянии, то задерживаются на отдельных участках реки, с тем, чтобы при изменении гидравлических свойств потока вновь перейти в движение. Таким образом, постоянно происходит переформирование русла. Очевидно, что большая часть взвешенных наносов является транзитной, а большая часть влекомых - руслоформирующей.

Количество наносов (в килограммах), проносимое рекой через поперечное сечение в единицу времени, называется расходом наносов. Суммарное количество наносов, проносимое рекой через поперечное сечение за некоторый промежуток времени (сутки, месяц, год), называется стоком наносов за этот промежуток времени и выражается обычно в тоннах. Модулем стока наносов называют сток наносов с  $1 \text{ км}^2$  за год.

Таким образом, наносы, образующиеся из грунтов, слагающих бассейны рек, имеют окатанную форму и сохраняют все основные характеристики пород, из которых они формируются.

При решении ряда водохозяйственных задач и задач гидротехнического строительства основной расчетной величиной являются наносы. В виде примеров можно привести расчеты различного рода отстойников, заиления и занесения водохранилищ и др.

Большое значение имеют наносы и при разработке теории движения потоков с наносами, так называемых двухфазных потоков, и теории русловых процессов. Поэтому изучение наносов и их характеристик имеет большое практическое и научное значение.

Как известно, наносы в основном как продукты распада формируются в бассейнах рек и через многочисленную первичную гидрографическую, в том числе и ручейковую, сеть, многократно соударяясь и окатываясь, поступают в русла рек. Поэтому крупность наносов и состав смесей зависят, в первую очередь от пород, слагающих бассейны рек, а также от климатических и физико-географических условий.

Как правило, уклоны дна и свободной поверхности уменьшаются от истоков к устьям рек, а на притоках он больше, чем в основном водотоке, что также является фактором, влияющим на сортировку наносов.

Всю гамму наносов по методу отбора их проб при измерениях расходов наносов принято разделять на взвешенные и донные. Последние в свою очередь по характеру перемещения разделяются на влекомые и перемещающиеся скачкой (т. е. скачками). В то же время в технической литературе часто разделяют наносы на руслоформирующие (сокращенно русловые) и нерусловые фракции. Такое деление, оставаясь качественным, в

значительно большей степени отражает физическую сторону процесса. Действительно, под русловыми наносами понимают наносы, которые участвуют в формировании русла, т. е. наиболее крупные частицы, перемещающиеся влечением или сальтацией. Эти же наносы формируют основание пойм. Нерусловые наносы, являясь аналогом взвешенных, не участвуют в формировании русел, а в период паводков, поступая вместе с массами воды на поймы, осаждаются на них, формируя наилок.

Наиболее важными являются количественные критерии, которые помогают, получив смеси фракций наносов, разделить их на донные и взвешенные или русловые и нерусловые. К сожалению, единая, стандартная методика такого деления отсутствует и имеется ряд предложения отдельных авторов по этому вопросу.

Из зарубежных исследований следует отметить В. Крессера, который разработал графический способ деления наносов на взвешенные и донные. По натурным данным, относящимся к конкретному створу, строятся кривые фракционного состава донных отложений и проб наносов, обобщенные единой логарифмической шкалой крупности частиц (рис. 5.1).

Первая кривая располагается непосредственно над второй и между ними наносится соединительная вставка, пересекающая ось абсцисс, как это показано на рис. 5.1. Полученная точка пересечения принимается за границу областей взвешенных и донных наносов.

График Крессера имеет условный характер, но вместе с тем он наглядно выражает важное свойство рассматриваемого явления: мелкие фракции, явно преобладающие в стоке наносов, очень бедно представлены в донных отложениях.

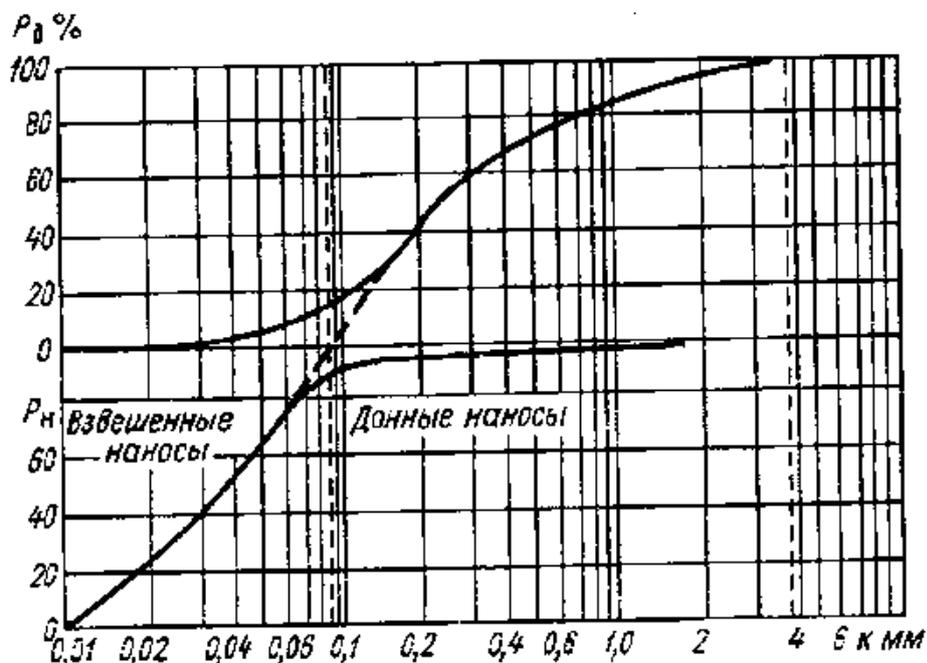


Рис. 5.1. Деление наносов на донные и взвешенные, по Крессеру

Отсутствие четких и достаточно надежных критериев деления наносов на взвешенные и донные или русловые и нерусловые отражает физическую сущность сложного процесса перемещения наносов потоком. Действительно, система поток - русло

есть сложная саморегулирующаяся система, чутко реагирующая на изменение режима поступления наносов с поверхности бассейна реки.

## Лекция 6

### Механизм влияния потока на твердые частицы. Противоэрозионная способность грунтов. Сдвигающая и не сдвигающая скорость для не связных грунтов. Эрозия связных грунтов

Формы перемещения наносов в потоке исключительно разнообразны, но, к сожалению, недостаточно изучены. До настоящего времени отсутствует классификация этих форм и, что особенно важно, отсутствуют научно обоснованные критерии, позволяющие относить наносы к той или иной форме их перемещения. Большинство исследователей и различные ведомственные инструкции разделяют наносы по форме их перемещения на взвешенные и донные. К первым относятся наносы, перемещающиеся в толще потока, ко второй - в придонном слое. При определенных условиях, связанных с изменением гидравлических характеристик потока, взвешенные наносы могут переходить в донные и, наоборот, донные - во взвешенные.

Использование методов кинофотосъемки позволило углубить наши знания в этом вопросе и установить наличие нескольких существенно различающихся между собой форм перемещения наносов в придонном слое. Последние перемещаются либо перекачиванием частиц по дну, образуя при определенных условиях донные гряды, либо сальтацией, при которой частицы, отрываясь от дна, как бы совершают прыжок, снова падая на дно несколько ниже по течению реки. Донные гряды в свою очередь имеют различные формы перемещения, что будет детально рассмотрено в следующих разделах.

Однако имеются и другие формы перемещения наносов, которые не могут быть отнесены ни к взвешенным, ни к донным. Это русловые образования (длинные гряды, побочни, осередки, меандры и др.), селевые потоки и потоки повышенной концентрации.

Водная эрозия, разрушение земной поверхности под действием текучих вод, представляет собой наиболее активный процесс, обогащающий реки наносами. Она подразделяется на склоновую и русловую. Склоновая эрозия - размыв и смыл почв и горных пород снеговыми и дождевыми водами, стекающими по склону. Русловая эрозия - размыв водными потоками, протекающими в руслах, коренных пород дна и берегов русла и склонов долин. В процессе склоновой эрозии текущая вода разрушает связность частиц почв и горных пород и смывает (сносит) их в понижения - ложбины стока, которые и являются основными путями выноса продуктов эрозии с водосбора. Вместе со снеговыми и дождевыми водами материал смыва с водосбора поступает в следующие за ложбинами звенья временно действующей гидрографической сети - лощины, суходолы. В них процессы эрозии усиливаются и также осуществляется размыв, перенос и в конечном итоге вынос продуктов размыва в реки.

Очевидно, что не все продукты эрозии попадают в реки. Значительная часть их задерживается по пути стока поверхностных вод и заполняет углубления земной поверхности. Тем не менее, та часть продуктов эрозии поверхности бассейна, которая достигает русел рек, является существенным источником формирования речных наносов.

Воды рек размывают берега и дно русла. Однако наносы, поступающие за счет этих процессов, являются лишь частью речных наносов, причем некоторая доля их представляет собой продукты размыва ранее отложившихся в русле наносов, принесенных с поверхности бассейна.

Интенсивность водной эрозии зависит, прежде всего, от энергии текучих вод и затем от сопротивляемости размыву поверхности, по которой стекают эти воды.

Энергия текучих вод на некотором участке, как известно, определяется их расходом и падением. Вот почему водная эрозия при одних и тех же величинах стока наиболее ярко выражена в горных районах и значительно слабее на равнинах. Большое значение в развитии эрозии имеет режим стока: с увеличением стока в определенные сезоны происходит усиление эрозии.

Сопrotивляемость поверхности земли размыву зависит от природных свойств этой поверхности и, прежде всего от свойств почв и пород, а также растительного покрова, предохраняющего почву от размыва. Различные виды почв и грунтов обладают неодинаковой способностью к размыву.

Уничтожение растительного покрова (вырубки, неумеренный выпас скота, пожары), неправильная распашка поверхности (вдоль склонов) и обработка почв без соблюдения агротехнических правил, предусматривающих сохранение структурности почв, могут привести к усилению эрозии, местному смыву почв, возникновению овражной эрозии и в конечном итоге к увеличению мутности рек.

В последние десятилетия в зоне распространения черноземов и каштановых почв в результате применения более совершенных приемов обработки почвы, в основном за счет широкого применения зяблевой пахоты, смыв почвы на плакорных участках заметно уменьшился.

Таким образом, интенсивность эрозии и формирование речных наносов находятся под влиянием ряда физико-географических факторов и хозяйственной деятельности. Одни из этих факторов зональные, другие - азональные. К зональным относятся климатические условия, сток, характер и распространение почв и растительности, к азональным - рельеф местности и распространение коренных пород и четвертичных отложений.

Выбор расчетной формулы для определения критических скоростей потоков представляет определенные трудности, так как отсутствуют критерии оценки их точности и надежности. Детальный их анализ выполнен Ц. Е. Мирцхулава, проводившим большие экспериментальные исследования как для несвязных (сыпучих), так и для связных грунтов. При разработке методики расчетов за основу им была принята методика В. П. Гончарова, усовершенствованная посредством введения в расчетную формулу дополнительных параметров, учитывающих силы молекулярного сцепления между частицами, пульсацию скоростей и другие факторы.

Ц. Е. Мирцхулава на основе обширных лабораторных экспериментов также разработал методику расчетов критических скоростей для связных грунтов

Как известно, обычно используют два значения критической скорости, которые, как правило, отличаются друг от друга на значение, близкое к  $\sqrt{2}$ .

Для расчета значений несдвигающих и срывающих скоростей для несвязанных грунтов применяют ряд формул:

Например расчет критических несдвигающих и срывающих скоростей по В. Н. Гончарову для глубин  $h_1, h_2, h_3, h_4$ .

$$v_{11} = \lg \frac{8,8h_i}{k_5} \sqrt{\frac{2g(\rho_1 - \rho)k}{3,5\rho}}$$

$$v_c = \lg \frac{8,8h_i}{k_5} \sqrt{\frac{2g(\rho_1 - \rho)k}{1,75\rho}}$$

- значения критических скоростей при глубине  $h_i$  по И. И. Леви

$$v_H = 1,4 \sqrt{gk} \lg \frac{12R}{k_{10}} \quad \text{при} \quad \frac{R}{k_{10}} > 60,$$

$$v_H = 1,3 \sqrt{gk} \left( 0,8 + 2/3 \lg \frac{10R}{k_{10}} \right) \quad \text{при} \quad \frac{R}{k_{10}} \leq 60;$$

Применяются также ряд формул других ученых

Г.И. Шамова

$$v_n = 3,7k^{1/3}h^{1/6},$$

$$v_c = 6,0k^{1/3}h^{1/6};$$

А.М. Латышенкова

$$v_n = 1,6\sqrt{gk}\left(\frac{h}{k}\right)^{0,2};$$

Б.И. Студеничникова для осветленного потока

$$v_n = 0,9\sqrt{\frac{g(\rho_1 - \rho)k}{\rho}}\left(\frac{h}{k}\right)^{0,25},$$

для

$$v_n = 1,15\sqrt{(1 + 3\rho^{2/3})gk}\left(\frac{h}{k}\right)^{0,25};$$

В.С. Кнороза

$$v_n = 1,3\left(\lg\frac{14,7R}{k^{0,75}}\right)\sqrt{gk};$$

Богарди

$$v_n = 22,9k^{1/3}\sqrt{\rho_1g - 1};$$

Мевиса

$$v_n = 0,5k^{1/3}\sqrt{\rho_1g - 1};$$

Ц. Е. Мирцхулава для потоков, несущих наносы в коллоидном состоянии:

$$v_n = \lg\frac{8,8h}{k_5}\sqrt{\frac{2m}{0,88\rho n'}[(\rho_1 - \rho)gk + 2C_{yn}^n k_1]},$$

$$v_c = \lg\frac{8,8h}{k_5}\sqrt{\frac{2m}{0,44\rho n'}[(\rho_1 - \rho)gk + 2C_{yn}^n k_1]}.$$

## Лекция 7

Основные теории движения взвешенных наносов. Транспортирующая способность потока. Влияние поймы на движение наносов в русле. Мутность, расчёт расхода взвешенных наносов

Отсутствие теории турбулентности жидкого потока является причиной отсутствия теории взвешивания наносов. Однако накопление сведений о структуре турбулентных потоков и построение реалистических моделей турбулентности позволило разработать достаточно обоснованные полуэмпирические теории взвешивания наносов.

Наиболее широко используемой в настоящее время является полуэмпирическая диффузионная теория взвешивания наносов. Ее исходные положения были разработаны Дж. Тейлором и В. Шмидтом в 1915-1925 гг. применительно к условиям свободной атмосферы. Теория основана на идее турбулентного переноса в потоке количества движения, тепла, взвешенных и растворенных веществ. Идеи Тейлора-Шмидта были использованы Маккавеевым для разработки общей теории турбулентности русловых потоков в 1930-1933 гг. На ее основе Маккавеев разработал диффузионную теорию перемещения наносов. Впоследствии более полное обоснование последней, дано как самим автором, так и его учениками, особенно А. В. Караушевым.

В. М. Маккавеев и его последователи использовали для вывода уравнений турбулентной диффузии известное из физики уравнение диффузии Фика и положение теории Тейлора-Шмидта о том, что секундный перенос растворенного в жидкости вещества  $(qs')_y$  через площадку с нормалью  $y$  выражается зависимостью

$$(qs')_y = - \frac{A}{\rho} \frac{\partial S}{\partial y} \quad 2.30$$

где  $S$  - концентрация вещества в жидкости;  $A$  – коэффициент турбулентного обмена.

Для взвешенных частиц гидравлической крупностью  $\omega$  секундный перенос вещества через горизонтальную площадку в результате турбулентной диффузии будет иметь такое же выражение.

Для потоков установившегося движения необходимо также учитывать частицы, выпадающие из верхних слоев потока и проходящие через площадку со скоростью, равной гидравлической крупности. Тогда суммарный секундный перенос через площадку может быть выражен в виде

$$(qs')_y = - \frac{A}{\rho} \frac{\partial S}{\partial y} + \omega S \quad (2.31)$$

Диффузионная теория нашла широкое применение в расчетах для потоков равномерного установившегося движения и подтверждена как натурными, так и экспериментальными данными. В то же время она не лишена недостатков. Основными из них, как отмечает Караушев, являются: неучет влияния взвешенных частиц на структуру турбулентного потока, а также неучет взаимного влияния частиц, отсутствие учета инерции твердых частиц в пульсирующем потоке и др. Одним из наиболее крупных недостатков диффузионной теории является широкое применение коэффициента турбулентного обмена, рассчитываемого с недостаточной точностью, ввиду наличия только эмпирических формул.

М. А. Великановым была предпринята оригинальная попытка разработать «гравитационную теорию» движения взвешенных наносов. Он исходил из положения, что взвешивание и движение тяжелых частиц происходят за счет гравитационных сил потока и предполагал учитывать взаимное влияние взвешенных частиц и их влияние на структуру потока. Следует признать, что теория Великанова не доработана до конца, хотя его концепции являются оригинальными. Широкого распространения теория не получила.

В 1938 г. В. Н. Гончаровым разработана «структурная теория» движения наносов, основанная на концепции кинематической структуры потока. За счет гидродинамических условий обтекания частицы на ней создаются подъемные усилия, отрывающие частицу от дна потока. Последующее перемещение частицы вверх осуществляется основными вихрями.

Реализация этой концепции осуществляется следующим образом. В потоке в горизонтальной плоскости выделяется квадратная площадка со стороной  $l$ , через часть

которой  $\kappa^2 l^2$  основные вихри переносят вертикально вверх наносы концентрацией  $S + \Delta S$  со скоростью  $v_*$ . Через остальную часть площадки площадью  $(1-\kappa^2)l^2$  замещающими течениями со скоростью  $v$  вниз проносятся наносы концентрацией  $S$ .

Суммарный перенос наносов вверх вихрями и замещающими течениями за время  $\delta t$  с учетом дискретности движения вихрей и уравнения неразрывности  $\kappa^2 v_* = (1-\kappa^2)v$  будет  $\kappa^3 l^2 v_* \Delta S \delta t$ . За этот же период через данную площадку из выше расположенных слоев выпадают вниз наносы концентрацией  $S$  со скоростью, равной гидравлической крупности  $\omega$ , объемом, равным  $l^2 S \delta t$ . Считая процесс усть  $\Delta S = l' \frac{dS}{dy}$  и принимая  $\omega = \frac{v_*}{h}$ , Гончаров получает итоговое уравнение в следующем

$$\kappa^3 v_* l' \frac{dS}{dy} + \omega S = 0$$

Здесь  $\kappa$  - доля числа;  $v_*$  - вертикальная составляющая скорости возмущения;  $l'$  - длина пути смешения.

Вводя ряд допущений, Гончаров получил формулы для описания профиля распределения концентрации наносов по глубине потока (2.41) и средней концентрации наносов (2.42)

$$S/S_0 = \left(1 - \frac{y}{h}\right)^{\frac{\alpha}{\varphi} \frac{v_*}{v}} \quad (2,41) \quad \bar{S} = \frac{S_0}{1 + \frac{\alpha}{\varphi} \frac{v_*}{v}}, \quad (2,42)$$

Где  $S_0$  - концентрация наносов у дна,  $\alpha$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - постоянные.

Используя идеи А. Н. Колмогорова о балансе пульсационной энергии потока, опубликованные им в 1942 г. применительно к однородной несжимаемой жидкости, Г. И. Баренблатт в 1955 г. разработал теорию переноса взвешенных наносов в стационарных турбулентных потоках. Теория Баренблатта имеет большое теоретическое значение, но из-за сложности определения ряда параметров применение ее для практических расчетов затруднено.

Следует отметить также фундаментальные теоретические работы Ф. И. Франкля. Он получил систему общих дифференциальных уравнений взвесенесущего потока, включающих уравнение неразрывности, количества движения и энергии осредненного пульсационного движения. Система уравнений, полученных Франклем, незамкнута, ибо число неизвестных (39) превышает число уравнений (20). Как отмечает Караушев, «практическое использование даже упрощенных уравнений Франкля весьма затруднительно и требует большого количества исходных данных. Оно осуществимо для наиболее простого случая, по при этом теоретическая модель Франкля дает совпадение с моделью диффузионной теории». Теория Франкля получила дальнейшее развитие в работах Б. А. Фридмана, А. К. Дюпипа и др. Теоретические модели Баренблатта и Франкля в настоящее время являются незавершенными, их изложение приводится в специальных курсах.

Таким образом, имеется несколько концепций взвешивания наносов, по наибольшее распространение в настоящее время получила диффузионная теория. По-видимому, эта проблема еще требует окончательного решения на основе разработки научно обоснованной теории турбулентности, что представляется весьма отдаленной перспективой.

Наибольшее количество наносов, которое поток может транспортировать при заданных гидравлических характеристиках, принято называть **транспортирующей способностью потока**, а количество наносов, которое он переносит в данных конкретных условиях - расходом наносов. В речных потоках, расход наносов, как правило, меньше или равен транспортирующей способности потока.

Грядовой режим перемещения наносов - разновидность волновой формы движения, возникающей на границе двух движущихся с различными скоростями сред, имеющих как различную, так и одинаковую плотности. Примерами являются волны, возникающие на границе воздушной и водной сред, дюны и барханы - на границе твердой (песок) и воздушной сред, русловой и пойменной потоки и др.

Грядами называют периодические образования, перемещающиеся вниз по течению рек с различными скоростями. Основными размерами гряд являются их высота, длина и крутизна.

Известно, что поступление воды и частиц грунта в русла рек не совпадают по фазе. Поэтому поступление грунтов и наносов в реки не соответствует их транспортирующей способности почти в течение всего года, и реки сами регулируют процессы транспорта и отложения наносов, а также размыв и намыв русел и пойм.

Пойма, являющаяся частью сложного русла, позволяет пропустить воды высоких паводков. Так как формированию пойм посвящена третья глава учебника, то изложение здесь ограничено только вопросом влияния поймы на транспорт наносов в основном русле, которое, как правило, происходит через эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков.

При различных типах руслового процесса наблюдаются периодические повышения или понижения отметок дна русел, особенно резко выраженные на перекатах, или перемещения русел по дну долины, приводящие к размыву или намыву различных участков поймы и пойменных массивов. В то же время остается не выясненным вопрос об изменении транспортирующей способности потока по его длине.

В межпаводочные периоды транспортирующая способность потока мала, но грунты и наносы в этот период практически не поступают в русло, поэтому поток, размывая гребни перекатов или берега пойм, увеличивает расход наносов, приводя его в соответствие со своей транспортирующей способностью.

Более сложен характер взаимодействия потока с руслом и поймой в паводочный период. Эта проблема тесно сопрягается с вопросом о «руслоформирующем расходе», изучению которого посвящена обширная литература. Не выполняя анализа этой сложной дискуссионной проблемы, необходимо отметить, что процесс формирования русел и пойм происходит практически при всех расходах воды, за исключением тех, при которых скорости течения меньше критических. Однако интенсивность этого процесса различна в различные фазы и является наибольшей при пропуске высоких паводков.

Независимо от вопроса о «руслоформирующем расходе», проблема отложения и смыва грунтов и наносов с различных участков русла и поймы изучена недостаточно глубоко. Современные гидроморфологические «теории» русловых процессов в основном являются описательными. Наименее разработано их гидравлическое обоснование, в частности, отсутствуют расчетные зависимости, даже приближенные, основанные на уравнениях гидромеханики или гидравлики.

На необходимость гидравлического обоснования теории русловых процессов указывали ведущие исследователи современности. В последние годы это направление интенсивно разрабатывалось в ГГИ под общим руководством Н. Е. Кондратьева. Однако развитие этого направления в значительной степени тормозится отсутствием теории турбулентности и четких представлений о закономерностях деформации русел и о соответствующих им гидравлических структурах потока. К тому же для проверки ряда концепций необходимы надежные экспериментальные (лабораторные и натурные) данные наблюдения за наводочным стоком» расходами наносов, деформациями русел и пойм и транспортирующей способностью потоков на участках рек значительной длины, полученные по единой методике.

Анализ экспериментальных данных позволил сделать вывод о том, что в русле при пересечении его потока с пойменным обычно образуется водоворотная зона, размеры которой зависят от соотношения глубин и расходов воды взаимодействующих потоков.

Водоворотная зона является причиной отложения наносов в русле и, как следствие, формирования в этом месте переката. При продолжительных паводках и больших углах русло может быть полностью заполнено русловыми наносами и они начинают поступать на пойму.

При наиболее распространенном типе руслового процесса - свободном меандрировании наблюдается чередование пойменных массивов по длине реки.

Современное состояние проблемы взаимодействия руслового и пойменного потоков позволяет выделить в качестве основных следующие вопросы влияния пойм на транспорт наносов: 1) влияние морфологического строения русел и пойм на транспортирующую способность потоков в них; 2) влияние потока поймы на транспорт наносов в основном русле; 3) транспорт наносов непосредственно потоками поймы при ее полном затоплении и отложение наносов на пойме; 4) взаимосвязь между русловыми и пойменными процессами.

Мутность воды - показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды в связи с наличием неорганических и органических тонкодисперсных взвесей. Причиной мутности воды может быть наличие в ней песка, глины, неорганических соединений (гидроксида алюминия, карбонатов различных металлов), а также органических примесей или живых существ, например фито- или изопланктона. Также причиной может быть окисление соединений железа и марганца кислородом воздуха.

Мутность также можно обозначить как количество взвешенных наносов, содержащееся в единице объема ( $1 \text{ м}^3$ ) воды. Мутность воды повышается при дождях, паводках, таянии ледников. Как правило, зимой уровень мутности в водоёмах наиболее низкий, наиболее высокий весной и во время летних дождей. Мутность выражается в г/м<sup>3</sup>. Важной характеристикой наносов является их гранулометрический состав.

Расход взвешенных наносов определяется расходом донных наносов, как это и показано в формуле

$$g_{вз} = g_{в} \frac{P_{вз} l_{вз}}{P_{в} l_{в}}$$

Это объясняется тем, что суммарный объем размыва дна определяется крупными фракциями, представляющими скелет донных отложений.

Исходными данными для вычисления стока взвешенных наносов служат:

- Мутности контрольных единичных проб воды  $P_{ед. контр}$ , взятых во время измерения расхода взвешенных наносов;
- Мутности ежедневных единичных проб воды  $P_{ед.}$ ;
- Средние мутности реки  $P_{ср.}$ , полученные в результате измерения расхода наносов;

По мутностям единичных проб: значения мутности единичных проб приводятся к средней мутности живого сечения и расход взвешенных наносов после этого вычисляется как произведение расхода воды на среднюю мутность реки. Строится график связи  $P_{ср.} = f(P_{ед. контр})$ . затем определяется  $K = P_{ср.} / P_{ед. контр}$ . Вычисленные значения декадных расходов взвешенных наносов заносятся в таблицу «Средние расходы взвешенных наносов», помещаемую в гидрологический ежегодник.

Вычисление стока по графику зависимости между расходами воды и взвешенных наносов: этот способ применяется преимущественно для больших и средних рек с ярко выраженным весенним половодьем при частом измерении расходов взвешенных наносов, достаточно подробно освещающих все фазы режима стока воды и наносов. Строится график зависимости между расходом воды и расходом взвешенных наносов  $R=f(Q)$ . Имея этот график, устанавливают период действия каждой ветви этой кривой и величину расхода взвешенных наносов за каждый день снимают непосредственно с кривой  $R=f(Q)$  по значениям ежедневных расходов воды.

Вычисление стока взвешенных наносов для периода межени при малой мутности: если в периоды устойчивой летней и зимней межени средняя мутность реки не превышает  $50\text{г/м}^3$ , а сток взвешенных наносов за эти периоды составляет не более 5 % годового стока наносов, то расходы взвешенных наносов в межень после трех - пяти лет наблюдений можно не измерять. Подсчет годового стока наносов в этом случае производится следующим образом. По данным не менее чем за три – пять лет полных наблюдений устанавливается, какая часть годового стока наносов приходится на периоды межени. Зная долю меженного стока наносов и значение суммарного стока за остальной период, можно вычислить сток за все месяцы, когда измерения не производились.

## Лекция 8

### Учет динамики потока и русловых процессов при водохозяйственном проектировании и строительстве. Влияния водохранилищ на русловые процессы. Деформация берегов водохранилищ

При обеспечении проектирования, строительства и эксплуатации сооружений на реках возникают многочисленные и разнообразные задачи, зависящие от местных природных условий, от особенностей конструкций и видов сооружений. Может оказаться, что сооружение приходится проектировать в вынужденных местах и в условиях явно неблагоприятных. Это может быть вызвано, например, экономическими соображениями и необходимостью согласования. Однако всегда возникают три главных вопроса, на которые обязательно нужно ответить:

- 1) выбор оптимальных мест размещения сооружения;
- 2) основные требования к его конструкции;
- 3) меры защиты.

На эти вопросы и должен в первую очередь дать ответ прогноз руслового процесса.

Предвидеть ход деформаций необходимо в срок, определяемый нормативной долговременностью проектируемого сооружения. Для таких видов сооружений, как переходы ЛЭП, трубопроводы разного назначения, кабельные линии связи, водозаборы и выпуски сточных вод, эти сроки обычно составляют от 30 до 50 лет. Это так называемые пассивные сооружения, т. е. такие, которые подвержены воздействию руслового процесса, но сами не влияют на его развитие и способны привести только к местным деформациям, часто даже не охватывающим всю ширину русла.

Для активных сооружений, т. е. таких, наличие которых способно внести существенные изменения в ход деформаций речных русел и пойм (плотины, мостовые переходы, дамбы обвалования), срок долговременности их работы может исчисляться столетиями. К активным относятся не только сооружения, находящиеся в русле, но и на водосборе. В этом случае они влияют на русловые процессы рек косвенно, посредством воздействия на факторы руслообразования. К активным сооружениям также можно отнести противоэрозионные (влияют на сток воды и наносов) и агролесомелиоративные мероприятия и т. п. Таким образом, активные сооружения не обязательно являются крупными, они могут быть представлены и системами малых сооружений.

Для активных сооружений обычно требуется оцепить тенденции деформаций речных русел и пойм не только для участков рек большого протяжения, на которых они размещаются, но и для сети притоков, попадающих в сферу влияния этих сооружений. В этом случае прогноз базируется на оценке изменений факторов руслообразования и уже на этой основе судят о том, как эти изменившиеся факторы повлияют на русловый процесс и на его изменения.

Прогноз на десятки и сотни лет вперед, естественно, носит вероятностный характер. Если связи факторов с русловым процессом могут быть установлены с помощью гидроморфологических зависимостей, то наиболее неопределенным является прогноз

необходимых мероприятий, которые должны быть осуществлены в течение последующих десятилетий и даже столетий. Между тем они могут быть такими, что вызовут коренные изменения в русловом процессе вплоть до изменения его типа.

Прогнозы руслового процесса для участков большого протяжения и тем более для целой гидрографической сети называют фоновыми, т. е. характеризующими общие тенденции развития руслового процесса на большие сроки вперед. В отличие от этого, прогнозы деформаций для коротких участков (макроформ) называются локальными. Главная их задача - оценка деформаций и мезо- и макроформ в руслах рек и на их поймах. Однако делается эта оценка с учетом фонового прогноза. Таким образом, фоновые прогнозы оказываются необходимыми и для активных, и для пассивных сооружений.

Следует также подчеркнуть, что русловые процессы наиболее быстро и остро реагируют на антропогенное воздействие, значение этого воздействия в настоящее время может быть так велико, что коренным образом изменяет русловый процесс не только на самом водотоке, но и в водоприемнике.

Как известно, основной формой регулирования стока является создание на реках регулирующих водохранилищ. В зависимости от соотношения их объема с объемом стока воды рек принято разделять их на водохранилища суточного, месячного, сезонного, годового и многолетнего регулирования. Размеры водохранилищ в значительной мере определяют объемы отложений наносов в них и объемы наносов, сбрасываемых в нижние бьефы, а также и период полного заполнения водохранилищ наносами.

Не останавливаясь на детальном анализе этой проблемы, отметим лишь, что на горных реках процесс заполнения водохранилищ наносами происходит значительно быстрее, чем на равнинных реках. Это обусловлено большими уклонами горных рек и, как следствие, более высокими расходами наносов при тех же, что и на равнинных реках, расходах воды, и меньшими объемами водохранилищ. Известны случаи, когда из-за недоучета стока наносов водохранилища полностью заполнились ими еще в период строительства.

При создании водохранилищ на реках в них можно выделить три основные зоны, характерные различными условиями руслоформирования. Это зона выклинивания подпора, зона собственно водохранилища и зона нижнего бьефа.

Вследствие подпора и уменьшения скоростей течения создаются благоприятные условия для аккумуляции наносов. Большую роль в том, какой новый облик примет русло реки, играет тип руслового процесса, существовавший в естественных условиях, т. е. до создания подпора. Если русло было однорукавным, возможно появление в нем мезоформ, в результате чего оно приобретает характер русловой многорукавности. При небольшой глубине затопления поймы, если на ней имелись протоки, возможно, их полное занесение, так же как и увеличение отложений наилка на поверхности поймы. При больших глубинах затопления возможно образование новых протоков па пойме и большее, чем раньше, расчленение пойменных массивов; также возможно увеличение отложений наносов в русле в результате их выноса с поймы. В случае резких переломов продольного профиля реки и устойчивых берегов поток вынужден углублять русло. В этих условиях могут образовываться переуглубленные участки русла, подобные тем, которые встречаются на устьевых участках рек.

Таким образом, в зоне выклинивания подпора могут создаваться разные тенденции в развитии речного русла, и вместо аккумуляции может возникать размыв. В зоне, непосредственно занятой водохранилищем, возникают процессы, резко отличные от наблюдавшихся в естественных условиях. В образованной плотиной чаше водохранилища происходят процессы заиления (осаждения взвешенных наносов) и занесения (отложения донных наносов). Заиление происходит, но всей площади водохранилища, занесение, же начинается в верхней его части и постепенно распространяется к плотине. В водохранилище вследствие возникновения вдольбереговых течений наблюдается перемещение наносов также и вдоль берегов.

Крупные переформирования берегов водохранилищ являются результатом ветровых воздействий. Это дает дополнительное количество наносов, усиливающее процессы заиления и занесения водохранилищ. Считается, что обрушение берегов ветровой волной прекратится с созданием устойчивой отмели, углы наклона которой определяются составом отложений, слагающих отмель. В этом случае волна будет разрушаться, не достигая берега. Из-за резких изменений депрессионной кривой подземных вод в связи с новыми условиями их выклинивания в водохранилище возникают обвалы и оползни, также поставляющие наносы, способствующие его заилению.

Наконец, третий характерный участок - зона нижнего бьефа, начинаясь у самой плотины, заканчивается створом, в котором восстанавливается сток наносов и водный режим. Иногда зона нижнего бьефа заканчивается впадением реки в водохранилище (озеро, море). В зоне нижнего бьефа изменения в гидрологической обстановке проявляются в наибольшей мере. Главная особенность их заключается в выравнивании стока - срезается половодье, задерживаемое в водохранилище, сбросы из него приводят к увеличению меженных расходов воды. Резко уменьшается сток донных наносов. Благодаря этому в нижний бьеф поступает меньшее количество наносов, чем поступало до создания водохранилища; происходящие здесь размывы оказываются некомпенсированными намывами, и процесс принимает однонаправленный характер, т. е. начинают преобладать размывы.

Характер деформаций в нижнем бьефе в значительной мере зависит от того, какой тип руслового процесса существовал до начала регулирования стока воды. Из-за срезки расходов и уровней воды водохранилищем затопляемость пойм значительно уменьшается. Если на пойме были протоки, это может привести к их отмиранию и переходу русла от многорукавного к однорукавному. При этом в новом однорукавном русле начинают образовываться многочисленные скопления наносов, если их количество, поступающее в реку, увеличивается. Особенно благоприятные условия создаются в устьях притоков и в аккумулятивной сползающей зоне, о которой говорилось выше.

Снижение высоты половодий может привести к нивелированию отметок дна на плёсах и перекатах вследствие уменьшения намыва перекатов при подъеме уровней и уменьшения размыва плёсов при их спаде.

Надо иметь в виду еще и суточные попуски в нижний бьеф, вызывающие нередко неоднократные, резкие в течение суток подъемы воды. Отметки уровня воды при попуске могут превышать соответствующие отметки в половодье, но кратковременность попуска (несколько часов) иногда оказывается недостаточной для существенных переформирований макроформ русла.

Что касается деформаций отдельных мезоформ, то вследствие того, что при попусках расходы воды могут проходить при уровнях, более высоких, чем в естественных условиях, скорости течения оказываются пониженными. Это должно ослабить размыв перекатов и усилить их намыв, особенно в зоне временной аккумуляции. При попусках сформировавшиеся скопления наносов в виде побочной и пляжей могут оказаться отторженными.

Таким образом, в зависимости от сочетания всех перечисленных факторов, влияющих на режим русловых деформаций, морфологический эффект их воздействия может быть различным. Между тем достаточно надежных методов расчетов и прогноза деформаций, возникающих при строительстве водохранилищ, еще не разработано. Количественные методы расчета разработаны для оценки заиления чаши водохранилища, для оценки переформирования берегов ветровой волной (без учета вдольберегового переноса наносов), а также для расчетов приплотинной зоны размыва.

На равнинных реках основное значение имеет заполнение водохранилищ взвешенными наносами, а на горных реках существенное влияние наряду со взвешенными

оказывают и донные наносы. Как правило, водохранилища на равнинных реках имеют большую протяженность, чем на горных.

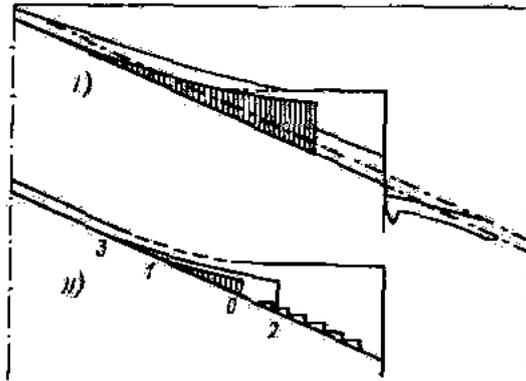


Рис. 4.2. Продольный профиль водохранилища.  
*I и II схема процесса занесения и заиления*

Однако все методы расчета заиления и занесения основаны на определении соотношения между длиной водохранилища ( $L_B$ ) и длиной пути частицы взвешенных наносов расчетной крупности в водохранилище ( $l_{\text{ч}}$ ). На горных реках период занесения и заиления водохранилищ, как правило, значительно меньше, чем на равнинных и измеряется несколькими десятками, а иногда и сотнями лет.

Процесс занесения начинается с интенсивного отложения донных наносов в зоне начала выклинивания подпора, где формируется призма занесения, ее головная часть по мере поступления наносов перемещается вниз по течению по направлению к плотине водохранилища, а хвостовая часть перемещается вверх по течению за счет распространения в том же направлении подпора. Взвешенные наносы проходят транзитом над призмой занесения и оседают в чаше водохранилища. При этом наблюдается сортировка отложенных взвешенных наносов по их крупности. По мере накопления отложений при небольших глубинах и больших уклонах дна водохранилища взвешенные наносы могут образовать донные гряды и перемещаться в направлении плотины. При этом скорость перемещения призмы занесения значительно больше скорости донных гряд. Настигая гряды, призма занесения поглощает их, тем самым увеличивая свой объем, а следовательно, и скорость перемещения. Последняя зависит как от объема стока наносов, поступающих в водохранилище, так и от глубин в нем.

Более сложен процесс занесения и заиления водохранилищ в натуральных условиях. В значительной степени этот процесс зависит от формы, размеров и других морфометрических характеристик водохранилищ. Натурные верхние бьефы принято разделять на подпорные бьефы и водохранилища. Подпорные бьефы, как правило, представляют собой относительно небольшие по объему водоемы с мало изменяющейся отметкой подпора; в них возможно лишь суточное регулирование расходов воды. В водохранилищах регулирующая емкость позволяет производить сезонное и многолетнее регулирование речного стока, в связи, с чем отметки уровня воды в них изменяются значительно.

В подпорных бьефах обычно часть наносов в первый же год эксплуатации доносится потоком до гидроузла и сбрасывается в нижний бьеф. Отложения наносов в водохранилище значительно уменьшают площади его живых сечений, что вызывает увеличение скоростей потока, а следовательно, и уменьшает количество наносов, оседающих в его чаше. Количество наносов, отлагающихся в водохранилищах, находится в тесной зависимости от подпора. При малых его значениях взвешенные наносы перед гидроузлом почти не отлагаются, а происходит только занесение подпорного бьефа.

При увеличении подпора на гидроузлах возрастает объем и уменьшаются проточность водохранилищ и скорости течения в них, что приводит к увеличению объемов аккумуляции наносов, достигающих значения годового стока.

Большое значение для процессов осаждения наносов в водохранилищах имеет уровень режим. При небольшой амплитуде колебания уровня можно выполнять расчеты, допуская, что он постоянный. При большой амплитуде уровней, которая

обычно наблюдается на регулирующих водохранилищах и объясняется необходимостью их наполнения в паводочный период и последующей сработки в межень, движение воды имеет неустановившийся характер, который вносит значительные осложнения в расчетные схемы.

Водоохранилища значительно менее извилисты, чем русла рек на дне их, и при движении потока поперечного перемешивания отдельных его водных масс почти не происходит. Поэтому при перемещении потока в зону большего подпора увеличивается интенсивность заиления стреловой части водохранилища. На этом участке водохранилища еще интенсивно выпадают наносы и в прибрежных зонах, поэтому дно здесь заиляется по ширине примерно с одинаковой интенсивностью.

Нижний участок водохранилища, в отличие от верхнего, наиболее интенсивно заиляется именно в зоне больших скоростей, поскольку только в этой части потока еще имеются наносы. В прибрежных частях потока их нет, так как они уже выпали на верхних участках; взвешивающая же способность потока всюду по ширине недостаточна для поддержания наносов во взвеси.

Поскольку наибольшие скорости наблюдаются обычно в зоне наибольших глубин, то «мутный поток» (т. е. часть потока, в которой еще имеются взвешенные наносы) движется обычно над старым затопленным руслом реки, не повторяя в точности всех его изгибов, особенно меандр.

В дальнейшем дно под мутным потоком поднимается, что способствует некоторому выравниванию скоростей и увеличению ширины мутного потока. При этом его граничные струи подтормаживаются прибрежными зонами водохранилища. Вследствие этого интенсивность заиления и повышения дна под граничными струями увеличивается.

## Лекция 9

"Изучение русловых процессов в экспедиционных и стационарных условиях.

Гидроморфологический анализ русловых процессов. Картографирование русловых процессов. Экологические проблемы, связанные с русловыми процессами"

Комплекс приемов, накопленных в ходе практических работ, называется гидроморфологическим анализом натуральных материалов о русловом процессе. В круг вопросов этого анализа входит выявление в руслах и поймах рек морфологических образований, их описание и типизация, получение количественных характеристик форм и их изменений (деформаций), выявление факторов процесса, получение количественных закономерностей его развития и связей с определяющими факторами, т. е. то, что может быть положено в основу разработки методов расчетов и прогнозов русловых и пойменных деформаций. Кроме решения практических задач, гидроморфологический анализ обеспечивает исходными данными дальнейшее развитие теории руслового процесса.

Таким образом, основной задачей гидроморфологического анализа является получение (по уже имеющимся и специально полученным в поле материалам) характеристик руслового процесса в научных или практических целях. Гидроморфологический анализ имеет также большое значение для планирования русловых исследований и наблюдений. Возможность получения данных о русловом процессе по уже имеющимся материалам

позволяет выполнять в поле только минимум работ для получения сведений, которые иным путем получить нельзя (например, данные о гранулометрическом составе русла и поймы, гидравлические характеристики потока, гидрологические данные для неизученных рек).

Таким образом, при производстве гидроморфологического анализа можно выделить три этапа. Первый этап, называющийся подготовительным, предусматривает анализ уже существующих материалов. Второй этап предусматривает получение дополнительных сведений с помощью полевых работ. Он осуществляется только в тех случаях, когда на поставленные вопросы нельзя ответить только по имеющимся материалам. Третий этап предусматривает обобщение первых двух и вынесение решений и рекомендаций по выбору оптимальных (по развитию руслового процесса) мест размещения сооружений, их конструкций и средств защиты. Одновременно с этим производятся расчеты русловых деформаций и составляется прогноз развития руслового процесса на период нормативной безаварийной работы проектируемого сооружения. Сложность такого прогноза обусловлена тем, что само сооружение может вызвать изменение тенденций развития руслового процесса, а также тем, что за период строительства сооружения могут быть осуществлены не проектируемые в данный момент мероприятия на реке или ее притоках, способные воздействовать на руслоформирующие факторы.

Ниже излагаются некоторые рекомендации по гидроморфологическому анализу.

1. Первоочередной задачей гидроморфологического анализа является определение типа руслового процесса или типичной схемы деформаций. Эта задача решается путем изучения картографических и аэрофотосъемочных материалов, а для крупных рек и аэрокосмических данных. Определение типа руслового процесса даже в чисто качественном выражении позволяет выявить общую тенденцию деформаций, их вид и на этой основе наиболее устойчивые и наиболее подвижные участки речного русла. Тип руслового процесса выявляется на основе выделения макроформ на картах или аэрофотоснимках посредством их сличения с аналогичными, в соответствии с типизацией. Следует иметь в виду, что часто можно встретить смешанные типы руслового процесса на одном и том же участке реки. Следующая задача - определение количественных характеристик макроформ, их статистическая обработка и получение связей морфометрических характеристик с определяющими факторами.

Важной задачей является определение скоростей деформаций. Скорости определяются на основе совмещения карт разных лет съемок. Для определения смещений бровок берегов русла и русловых образований в плане могут быть использованы также аэроснимки разных лет и даже космические снимки. Поэтому при подборе материалов нельзя ограничиваться разовой съемкой, а следует иметь возможно большее число одновременных съемок. Надо при этом иметь в виду, что слишком частые съемки не позволяют выявить деформации русла в плане из-за их малости, в то время как съемки, разделенные несколькими годами, а иногда и десятками лет, позволяют обнаружить эти деформации достаточно отчетливо.

2. Перед производством измерений морфометрических и других характеристик исходные материалы подлежат специальной подготовке, Она заключается в приведении карт к одному масштабу, нанесении средней линии русла, точек его перегиба. На аэрофотоснимках это делается с помощью гуаши, которая впоследствии может быть легко смыта водой, и снимки остаются пригодными для других целей. Существует несколько способов сравнения карт разных лет съемки, а именно их совмещение и сопоставление.

Совмещать карты более чем за два срока не рекомендуется. Результаты обработки натуральных совмещений карт помещаются последовательно колонкой в общей координатной сетке, устанавливаемой произвольно. В нижней части колонки полезно дать результаты совмещения первого и последнего лет съемки. Совмещать можно только при уверенности, что смещения бровок берегов не меняли знака, обычно это бывает в условиях разновидностей меандрирования.

3. Существенную помощь в проведении гидроморфологического анализа оказывает восстановление прежних положений русла на основе анализа рисунка изображения поймы. Это возможно в тех случаях, когда на пойме обнаруживаются следы перемещения русла в плане в виде систем веерообразно изогнутых грив и ложбин между ними. Пойма - результат плановых деформаций русла, что свидетельствует о наличии на реке разновидностей меандрирования как всего русла в целом, так и отдельных проток. Положение изображения вала на аэрофотоснимке обрисовывает очертание выпуклого берега излучины (протока). Таким образом, веер перемещения русла — системы валов позволяет последовательно проследить смещение русла в плане.

Восстановление прежних положений русла (бровок выпуклого берега) позволяет выявить полные циклы развития речных излучин и, следовательно, тенденции и особенности их развития, исследовать характер взаимодействия смежных излучин, оценить возможные крайние положения пояса меандрирования, устойчивые и наиболее неустойчивые в плане участки русла.

Состав полевых работ зависит от того, для каких целей получают данные о русловом процессе, т. е. от задач, возникающих при обеспечении проектирования строительства и эксплуатации сооружений на реках. Полевые работы могут быть поставлены для проверки данного расчета и прогноза руслового процесса, а иногда и для наблюдения за ходом деформаций.

Участок для производства полевых работ выбирается по результатам гидроморфологического анализа уже существующих материалов. Все полевые работы выполняются обычно принятыми в гидрологии методами. Исключение представляет только так называемая морфологическая съемка и определение скоростей плановых деформаций по разовым аэрофотоснимкам.

При полевых исследованиях выполняются следующие работы.

1. Создается картографическая основа для исследуемого участка, лучше всего по аэрофотоснимкам, и лишь при их отсутствии выполняется топографическая съемка.
2. Производятся промерные работы (продольное эхолотирование и эхолотирование по поперечникам, с расстоянием, равным ширине русла).
3. Оборудуется участок (установка реперов, створных знаев, водпостов, гидростворов).
4. Производятся гидрометрические работы по съемке скоростных полей потока, систематические измерения уровней, мутности, расходов воды и наносов.
5. Сопоставляются картограммы донных отложений.
6. В поле определяются скорости деформаций русла в плане.
7. Производится морфологическая съемка.

Наиболее надежным приемом оценки скорости деформаций русла в плане является следующий. Вдоль исследуемого участка на аэрофотоснимках и в натуре выявляются идентичные ориентиры. На аэрофотоснимках два смежных ориентира соединяются линией, которая служит исходной для оценки деформаций. По перпендикулярам от этой линии через равные расстояния на аэрофотоснимке прочерчиваются поперечники до бровки берега русла и по ним измеряется расстояние от опорной линии (магистральной) до бровок берега. Затем по ориентирам опорная линия переносится в натуре и от нее с помощью мерной ленты намечаются поперечники, идентичные поперечникам на аэрофотоснимке, и в натуре измеряются расстояния от опорной линии до бровок берегов русла.

Расстояния, измеренные по аэрофотоснимкам и в натуре, делятся на период времени между производством съемки и датой полевого обследования, оценивается скорость смещения бровки за период в м/год. При периоде между съемкой и полевым обследованием в 5-10 лет данные о деформациях обычно достаточно существенны и дают надежные оценки скоростей смещения бровок берега. Очень приближенно скорости

деформаций русла в плане можно определить по времени образования берегового вала, срок формирования которого определяется по возрасту деревьев, растущих на первом от русла береговом вале. Он будет равен их возрасту и может быть установлен по числу годичных колец в срезе дерева или на пнях. Возраст берегового вала также можно определить по числу слоев наилка в его разрезе, если известен срок формирования одного слоя. Обычно годичный слой отложений наилка достаточно четко отличается от слоя для смежных лет. При обнаружении в разрезе погребенной дернины, которая образуется в маловодные годы, можно приближенно оценить и срок, за который отложена расположенная выше по откосу берега толща пойменных отложений. Дата маловодного года может быть определена по данным уроненных наблюдений или величинам максимальных расходов. Морфологическая съемка представляет собой фиксацию на готовой картографической основе собираемых в поле данных о русловом процессе, приведенных к местности.

В качестве картографической основы заблаговременно, до начала полевых работ, подбираются карты, топографические съемки или лучше всего аэрофотоснимки. Выгода применения аэрофотоснимков заключается в том, что на них обнаруживается множество ориентиров, по которым удобно наносить полевые данные на снимки. Масштаб картографической основы зависит от размеров реки. Он должен позволять наносить внутрирусловые образования. При картировании, которое производится во время маршрутного объезда участка, на картографическую основу наносится следующее. Положение бровок берегов русла и русловых образований с тем, чтобы в последующем определить скорости их плановых деформаций; места, в которых произведено шурфование и получены разрезы берегов и поймы и снимались разрезы обнажений склонов долины; прорывы в береговых валах; участки поймы с аккумулятивными явлениями и подверженные эрозии; предполагаемые течения при затоплении; распаханые, луговые и облесенные участки (общие контуры).

Исполнитель морфологической съемки должен иметь предварительную гидролого-морфологическую схему с текстовыми описаниями к ней, комплекты аэрофотоснимков на изучаемый участок, общие представления о геоморфологических и гидрологических свойствах и особенностях водозабора.

На основе этих данных исполнитель должен составить программу полевых работ, уделив особое внимание выявлению в поле данных, которые не удалось получить предварительно.

Основа для картирования должна быть заблаговременно подготовлена к работе в поле. Аэрофотоснимки должны быть подобраны по планируемым участкам исследований. На них на основе сличения с картами подписываются названия населенных пунктов, рек, урочищ, разбивается километраж по средней линии реки, желательно с обозначениями не только километров, но и пунктов через 100 м. Параллельно с морфологической съемкой ведется описание элементов характеристик руслового процесса; при этом желательно, чтобы они содержали констатацию не только участков и причины формирования тех или иных особенностей строения морфологических образований, но и особенно значительных деформаций и смены морфологических участков по длине реки. Текст должен быть приведен к ориентирам, используемым при картировании на аэрофотоснимках.

“Утверждаю”  
 Декан \_\_\_\_\_  
 доц. Махаматалиев Р.Ю.  
 “ \_\_\_\_\_ ” 08 \_\_\_\_\_ 2011 г.

Перечень вопросов для промежуточного контроля 1 по предмету “Гидромеханика и динамика русловых потоков”, 3 к, ГМ, русс.гр.за 1 семестр 2011 – 2012 учебного года.

1. Связь дисциплины с другими науками.
2. Значение дисциплины для развития отраслей экономики.
3. Режимы движения жидкости в реках и каналах.
4. Расчет параметров потоков ламинарного режима.
5. Система уравнений гидромеханики для описания движения турбулентного руслового потока.
6. Кинематическая структура турбулентного руслового потока.
7. Спектр турбулентных возмущений.
8. Крупномасштабные вихри в турбулентном потоке.
9. Кинематическая структура турбулентных русловых потоков.
10. Распределение скоростей по глубине потока.
11. Осредненные и пульсационные скорости.
12. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса.
13. Коэффициент турбулентного обмена.
14. Ламинарный пограничный слой.
15. Структура пристенного турбулентного пограничного слоя.
16. Пограничный слой у шероховатых стенок.
17. Влияние формы сечения русла на профиль осредненных скоростей русловых потоков.
18. Средняя скорость руслового потока.
19. Распределение скоростей по сечению руслового потока.
20. Основные характеристики грунтов и наносов.
21. Механические характеристики грунтов и наносов.
22. Гидравлические характеристики грунтов и наносов.
23. Гидравлическая крупность наносов.
24. Поведение частиц грунтов и наносов в турбулентном потоке.
25. Скорости сдвига и срыва зерен на дне потока.
26. Условия устойчивости зерен на дне.
27. Критические скорости для связанных грунтов.
28. Связь между гидравлической крупностью и критическими скоростями.
29. Механизм перемещения наносов в потоке.
30. Взвешенные наносы.
31. Влекомые наносы.
32. Формулы для расчета расходов влекомых наносов.
33. Влияние средней скорости потока на транспортирующую способность потока.
34. Влияние глубины потока на транспортирующую способность потока.
35. Влияние крупности частиц наносов на транспортирующую способность потока.
36. Общая характеристика гряд.
37. Натурные исследования донных гряд.
38. Лабораторные исследования донных гряд.
39. Классификация донных гряд.
40. Происхождение донных гряд.
41. Сопротивление донных гряд.
42. Зависимости между высотой донных гряд и параметрами потока и русла.
43. Зависимости между длиной донных гряд и параметрами потока и русла.
44. Критерии деления наносов на взвешенные и донные.
45. Переход взвешенных наносов в донные и обратно.

- |  |         |      |
|--|---------|------|
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 1 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Связь дисциплины с другими науками.</li><li>2. Пограничный слой у шероховатых стенок.</li><li>3. Влекомые наносы.</li></ol>   |         |      |
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 2 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Значение дисциплины для развития отраслей экономики.</li><li>2. Пограничный слой у шероховатых стенок.</li><li>3. Формулы для расчета расходов влекомых наносов.</li></ol>  |         |      |
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 3 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Режимы движения жидкости в реках и каналах.</li><li>2. Средняя скорость руслового потока.</li><li>3. Влияние средней скорости потока на транспортирующую способность потока.</li></ol>  |         |      |
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 4 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Расчет параметров потоков ламинарного режима.</li><li>2. Распределение скоростей по сечению руслового потока.</li><li>3. Влияние глубины потока на транспортирующую способность потока.</li></ol>   |         |      |
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 5 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Система уравнений гидромеханики для описания движения турбулентного руслового потока.</li><li>2. Основные характеристики грунтов и наносов.</li><li>3. Влияние крупности частиц наносов на транспортирующую способность потока.</li></ol> |         |      |
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 6 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Кинематическая структура турбулентного руслового потока.</li><li>2. Механические характеристики грунтов и наносов.</li><li>3. Общая характеристика гряд.</li></ol>  |         |      |
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 7 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Спектр турбулентных возмущений.</li><li>2. Гидравлические характеристики грунтов и наносов.</li><li>3. Натурные исследования донных гряд.</li></ol>   |         |      |
| Ги ДРП, 3 к, 1с  | Билет 8 | ПК 1 |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Крупномасштабные вихри в турбулентном потоке.</li><li>2. Гидравлическая крупность наносов.</li><li>3. Лабораторные исследования донных гряд.</li></ol>  |         |      |



## Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

проф. Хикматов Ф.Х.,  
доц. Айтбаев Д.П.  
ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

“Утверждаю”  
 Декан \_\_\_\_\_  
 доц. Махаматалиев Р.Ю.  
 “ \_\_\_\_\_ ” 08 \_\_\_\_\_ 2011 г.

Перечень вопросов для промежуточного контроля 2 по предмету “Гидромеханика и динамика русловых потоков”, 3 к, ГМ, русс.гр.за 1 семестр 2011 – 2012 учебного года

1. Гидродинамический подход к разработке теории русловых процессов.
2. Гидроморфологический подход к разработке теории русловых процессов.
3. Система уравнений для расчета деформаций.
4. «Поток – русло» как саморегулирующаяся система.
5. Роль перекаатов в регулировании стока наносов.
6. Определение термина «русловой процесс» и предпосылки к созданию теории.
7. Основные положения гидроморфологической теории.
8. Необратимые и обратимые деформации.
9. Факторы, определяющие русловой процесс.
10. Формирование стока наносов.
11. Дискретность руслового процесса и структурные уровни.
12. Значение типизации руслового процесса.
13. Типизация руслового процесса ГГИ.
14. Ленточнорядовый тип руслового процесса.
15. Побочный тип руслового процесса.
16. Общая характеристика меандрирования.
17. Ограниченное меандрирование.
18. Способы количественной оценки русловых форм.
19. Свободное меандрирование. Типовая схема развития излучины.
20. Свободное меандрирование. Деформация русла при его прорыве.
21. Свободное меандрирование. Взаимовлияние смежных излучин.
22. Количественные характеристики процесса свободного меандрирования.
23. Гидроморфологические приемы расчета закономерностей свободного меандрирования.
24. Основные признаки незавершенного меандрирования.
25. Количественные характеристики незавершенного меандрирования.
26. Признаки пойменной многорукавности.
27. Особенности пойменной многорукавности.
28. Признаки русловой многорукавности.
29. Количественные морфологические характеристики русловой многорукавности.
30. Явления дейгиша.
31. Общие сведения о поймах.
32. Понятие «пойменный массив» и его типы.
33. Типы речных пойм.
34. Особенности русловых процессов на горных реках.
35. Принципы прогнозирования русловых деформаций.
36. Фоновые прогнозы русловых переформирований.
37. Локальные прогнозы русловых переформирований.
38. Русловой процесс в условиях зарегулированного водного режима.
39. Процесс заиления и занесения водохранилищ.
40. Методы расчета заиления водохранилищ взвешенными наносами.
41. Методы расчета занесения водохранилищ донными наносами.
42. Деформации неукрепленных земляных каналов.
43. Гидравлический расчет устойчивых земляных каналов.
44. Общая схема гидравлического расчета устойчивых земляных плотин.



Ги ДРП, 3 к, 1с	Билет 9	ПК 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Факторы, определяющие русловой процесс.</li> <li>2. Основные признаки незавершенного меандрирования.</li> <li>3. Процесс заиления и занесения водохранилищ.</li> </ol>		
Ги ДРП, 3 к, 1с	Билет 10	ПК 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формирование стока наносов.</li> <li>2. Количественные характеристики незавершенного меандрирования.</li> <li>3. Методы расчета заиления водохранилищ взвешенными наносами.</li> </ol>		
Ги ДРП, 3 к, 1с	Билет 11	ПК 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дискретность руслового процесса и структурные уровни.</li> <li>2. Признаки пойменной многорукавности.</li> <li>3. Методы расчета занесения водохранилищ донными наносами.</li> </ol>		
Ги ДРП, 3 к, 1с	Билет 12	ПК 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Значение типизации руслового процесса.</li> <li>2. Особенности пойменной многорукавности.</li> <li>3. Деформации неукрепленных земляных каналов.</li> </ol>		
Ги ДРП, 3 к, 1с	Билет 13	ПК 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типизация руслового процесса ГГИ.</li> <li>2. Признаки русловой многорукавности.</li> <li>3. Гидравлический расчет устойчивых земляных каналов.</li> </ol>		
Ги ДРП, 3 к, 1с	Билет 14	ПК 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ленточногрядовый тип руслового процесса.</li> <li>2. Количественные морфологические характеристики русловой многорукавности.</li> <li>3. Общая схема гидравлического расчета устойчивых земляных плотин.</li> </ol>		
Ги ДРП, 3 к, 1с	Билет 15	ПК 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Побочневый тип руслового процесса.</li> <li>2. Явления дейгиша.</li> <li>3. Задачи исследований динамики русловых потоков и процессов на современном этапе развития.</li> </ol>		

#### Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.

5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

проф. Хикматов Ф.Х.,  
доц. Айтбаев Д.П.  
ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

“Утверждаю”  
 Декан \_\_\_\_\_  
 доц. Махаматалиев Р.Ю.  
 “ \_\_\_\_\_ ” 08 \_\_\_\_\_ 2011 г.

Вопросы для итогового контроля по предмету “Гидромеханика и динамика русловых потоков”, 3 к, ГМ, русс.гр.за 1 семестр 2011 – 2012 учебного года.

1. Связь дисциплины с другими науками.
2. Значение дисциплины для развития отраслей экономики.
3. Режимы движения жидкости в реках и каналах.
4. Расчет параметров потоков ламинарного режима.
5. Система уравнений гидромеханики для описания движения турбулентного руслового потока.
6. Кинематическая структура турбулентного руслового потока.
7. Спектр турбулентных возмущений.
8. Крупномасштабные вихри в турбулентном потоке.
9. Кинематическая структура турбулентных русловых потоков.
10. Распределение скоростей по глубине потока.
11. Осредненные и пульсационные скорости.
12. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса.
13. Коэффициент турбулентного обмена.
14. Ламинарный пограничный слой.
15. Структура пристенного турбулентного пограничного слоя.
16. Пограничный слой у шероховатых стенок.
17. Влияние формы сечения русла на профиль осредненных скоростей русловых потоков.
18. Средняя скорость руслового потока.
19. Распределение скоростей по сечению руслового потока.
20. Основные характеристики грунтов и наносов.
21. Механические характеристики грунтов и наносов.
22. Гидравлические характеристики грунтов и наносов.
23. Гидравлическая крупность наносов.
24. Поведение частиц грунтов и наносов в турбулентном потоке.
25. Скорости сдвига и срыва зерен на дне потока.
26. Условия устойчивости зерен на дне.
27. Критические скорости для связанных грунтов.
28. Связь между гидравлической крупностью и критическими скоростями.
29. Механизм перемещения наносов в потоке.
30. Взвешенные наносы.
31. Влекомые наносы.
32. Формулы для расчета расходов влекомых наносов.
33. Влияние средней скорости потока на транспортирующую способность потока.
34. Влияние глубины потока на транспортирующую способность потока.
35. Влияние крупности частиц наносов на транспортирующую способность потока.
36. Общая характеристика гряд.
37. Натурные исследования донных гряд.
38. Лабораторные исследования донных гряд.
39. Классификация донных гряд.
40. Происхождение донных гряд.

41. Соппротивление донных гряд.
42. Зависимости между высотой донных гряд и параметрами потока и русла.
43. Зависимости между длиной донных гряд и параметрами потока и русла.
44. Критерии деления наносов на взвешенные и донные.
45. Переход взвешенных наносов в донные и обратно.
46. Гидродинамический подход к разработке теории русловых процессов.
47. Гидроморфологический подход к разработке теории русловых процессов.
48. Система уравнений для расчета деформаций.
49. «Поток – русло» как саморегулирующаяся система.
50. Роль перекаатов в регулировании стока наносов.
51. Определение термина «русловой процесс» и предпосылки к созданию теории.
52. Основные положения гидроморфологической теории.
53. Необратимые и обратимые деформации.
54. Факторы, определяющие русловой процесс.
55. Формирование стока наносов.
56. Дискретность руслового процесса и структурные уровни.
57. Значение типизации руслового процесса.
58. Типизация руслового процесса ГГИ.
59. Ленточногрядовый тип руслового процесса.
60. Побочневый тип руслового процесса.
61. Общая характеристика меандрирования.
62. Ограниченное меандрирование.
63. Способы количественной оценки русловых форм.
64. Свободное меандрирование. Типовая схема развития излучины.
65. Свободное меандрирование. Деформация русла при его прорыве.
66. Свободное меандрирование. Взаимовлияние смежных излучин.
67. Количественные характеристики процесса свободного меандрирования.
68. Гидроморфологические приемы расчета закономерностей свободного меандрирования.
69. Основные признаки незавершенного меандрирования.
70. Количественные характеристики незавершенного меандрирования.
71. Признаки пойменной многорукавности.
72. Особенности пойменной многорукавности.
73. Признаки русловой многорукавности.
74. Количественные морфологические характеристики русловой многорукавности.
75. Явления дейгиша.
76. Общие сведения о поймах.
77. Понятие «пойменный массив» и его типы.
78. Типы речных пойм.
79. Особенности русловых процессов на горных реках.
80. Принципы прогнозирования русловых деформаций.
81. Фоновые прогнозы русловых переформирований.
82. Локальные прогнозы русловых переформирований.
83. Русловой процесс в условиях зарегулированного водного режима.
84. Процесс заиления и занесения водохранилищ.
85. Методы расчета заиления водохранилищ взвешенными наносами.
86. Методы расчета занесения водохранилищ донными наносами.
87. Деформации неукрепленных земляных каналов.
88. Гидравлический расчет устойчивых земляных каналов.
89. Общая схема гидравлического расчета устойчивых земляных плотин.
90. Задачи исследований динамики русловых потоков и процессов на современном этапе развития.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 1

ИК

1. Связь дисциплины с другими науками.
2. Пограничный слой у шероховатых стенок.
3. Влекомые наносы.
4. Побочный тип руслового процесса.
5. Явления дейгиша.
6. Задачи исследований динамики русловых потоков и процессов на современном этапе развития.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 2

ИК

1. Значение дисциплины для развития отраслей экономики.
2. Пограничный слой у шероховатых стенок.
3. Формулы для расчета расходов влекомых наносов.
4. Ленточногрядовый тип руслового процесса.
5. Количественные морфологические характеристики русловой многорукавности.
6. Общая схема гидравлического расчета устойчивых земляных плотин.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 3

ИК

1. Режимы движения жидкости в реках и каналах.
2. Средняя скорость руслового потока.
3. Влияние средней скорости потока на транспортирующую способность потока.
4. Типизация руслового процесса ГГИ.
5. Признаки русловой многорукавности.
6. Гидравлический расчет устойчивых земляных каналов.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 4

ИК

1. Расчет параметров потоков ламинарного режима.
2. Распределение скоростей по сечению руслового потока.
3. Влияние глубины потока на транспортирующую способность потока.
4. Значение типизации руслового процесса.
5. Особенности пойменной многорукавности.
6. Деформации неукрепленных земляных каналов.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 5

ИК

1. Система уравнений гидромеханики для описания движения турбулентного руслового потока.
2. Основные характеристики грунтов и наносов.
3. Влияние крупности частиц наносов на транспортирующую способность потока.
4. Дискретность руслового процесса и структурные уровни.
5. Признаки пойменной многорукавности.
6. Методы расчета занесения водохранилищ донными наносами.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 6

ИК

1. Кинематическая структура турбулентного руслового потока.
2. Механические характеристики грунтов и наносов.
3. Общая характеристика гряд.
4. Формирование стока наносов.
5. Количественные характеристики незавершенного меандрирования.
6. Методы расчета заиления водохранилищ взвешенными наносами.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 7

ИК

1. Спектр турбулентных возмущений.
2. Гидравлические характеристики грунтов и наносов.
3. Натурные исследования донных гряд.
4. Факторы, определяющие русловой процесс.
5. Основные признаки незавершенного меандрирования.
6. Процесс заиления и занесения водохранилищ.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 8

ИК

1. Крупномасштабные вихри в турбулентном потоке.
2. Гидравлическая крупность наносов.
3. Лабораторные исследования донных гряд.
4. Необратимые и обратимые деформации.
5. Гидроморфологические приемы расчета закономерностей свободного меандрирования.
6. Русловой процесс в условиях зарегулированного водного режима.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 9

ИК

1. Кинематическая структура турбулентных русловых потоков.
2. Поведение частиц грунтов и наносов в турбулентном потоке.
3. Классификация донных гряд.
4. Основные положения гидроморфологической теории.
5. Количественные характеристики процесса свободного меандрирования.
6. Локальные прогнозы русловых переформирований.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 10

ИК

1. Распределение скоростей по глубине потока.
2. Скорости сдвига и срыва зерен на дне потока.
3. Происхождение донных гряд.
4. Определение термина «русловой процесс» и предпосылки к созданию теории.
5. Свободное меандрирование. Взаимовлияние смежных излучин
6. Фоновые прогнозы русловых переформирований.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 11

ИК

1. Осредненные и пульсационные скорости.
2. Условия устойчивости зерен на дне.
3. Сопротивление донных гряд.
4. Роль перекаатов в регулировании стока наносов.
5. Свободное меандрирование. Деформация русла при его прорыве.
6. Принципы прогнозирования русловых деформаций.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 12

ИК

1. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса.
2. Критические скорости для связанных грунтов.
3. Зависимости между высотой донных гряд и параметрами потока и русла.
4. «Поток – русло» как саморегулирующаяся система.
5. Свободное меандрирование. Типовая схема развития излучины.
6. Особенности русловых процессов на горных реках.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 13

ИК

1. Коэффициент турбулентного обмена.
2. Связь между гидравлической крупностью и критическими скоростями.
3. Зависимости между длиной донных гряд и параметрами потока и русла.
4. Система уравнений для расчета деформаций.
5. Способы количественной оценки русловых форм.
6. Типы речных пойм.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 14

ИК

1. Ламинарный пограничный слой.
2. Механизм перемещения наносов в потоке.
3. Критерии деления наносов на взвешенные и донные.
4. Гидроморфологический подход к разработке теории русловых процессов.
5. Ограниченное меандрирование.
6. Понятие «пойменный массив» и его типы.

Ги ДРП, 3 к, 1с

Билет 15

ИК

1. Структура пристенного турбулентного пограничного слоя.
2. Взвешенные наносы.
3. Переход взвешенных наносов в донные и обратно.
4. Гидродинамический подход к разработке теории русловых процессов.
5. Общая характеристика меандрирования.
6. Общие сведения о поймах.

## Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеоздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеоздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

проф. Хикматов Ф.Х.,  
доц. Айтбаев Д.П.  
ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

«Келишилган»  
 География факультети  
 декани \_\_\_\_\_  
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.  
 «\_\_»\_08\_\_\_\_2011 йил

## ГИДРОМЕХАНИКА И ДИНАМИКА РУСЛОВЫХ ПОТОКОВ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Режимы движения жидкости в реках и каналах.
2. Механизм торможения потока руслом.
3. Турбулентное рассеяние.
4. Поля скоростей и сопротивлений потоков.
5. Потоки под ледяным покровом.
6. Изгиб руслового потока.
7. Механические характеристики грунтов и наносов.
8. Гидравлические характеристики грунтов и наносов.
9. Механизм перемещения наносов в потоке.
10. Влияние поймы на транспорт наносов русловыми потоками.
11. Система уравнений для расчета деформаций.
12. Свободное меандрирование.
13. Незавершенное меандрирование.
14. Типизация речных пойм.
15. Пойменная многорукавность.
16. Русловая многорукавность.
17. Принципы прогнозирования русловых деформаций.
18. Фоновые и локальные прогнозы русловых переформирований.
19. Деформации берегов водохранилищ.
20. Русловые деформации в нижних бьефах гидроузлов.
21. Принципы размещения локальных инженерных сооружений на берегах и в руслах рек.
22. Принципы русловыправительных и дноуглубительных работ при разных типах руслового процесса.

### Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

доц. Айтбаев Д.П.  
 ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

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

### Темы курсовых работ

по Гидромеханике и динамике русловых потоков для студентов 3 курса, направление ГМ,  
 рус.гр. на 2011 – 2012 учебный год, географический факультет, кафедра гидрологии суши.  
 Преподаватель – ст.пр – ль Сагдеев Н.З.

1. Оценка точности величин, измеренных различными методами.
2. Русловые процессы и физико-географическая среда.
3. Значение учения о русловых процессах для отраслей экономики.
4. Виды движения и гидравлические характеристики потока.
5. Основные уравнения гидродинамики.
6. Кинематическая структура потока.
7. Факторы эрозии и противозэрозийная устойчивость грунтов.
8. Эрозия несвязанных грунтов.
9. Механизм эрозии и критические скорости размыва.
10. Транспорт наносов.
11. Условия и виды движения наносов.
12. Движение взвешенных наносов.
13. Движение влекомых наносов.
14. Грядовое движение наносов.
15. Аккумуляция наносов.
16. Условия, необходимые для развития рек.
17. Основные факторы русловых процессов.
18. Условия формирования речных русел.
19. Типы русел и особенности их формирования.
20. Русловые процессы на горных реках.
21. Морфология и динамика речных русел.
22. Меандрирующие русла.
23. Разветвленные русла рек.
24. Устьевая область реки и устьевые процессы.
25. Общие закономерности формирования продольных профилей рек.

### Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Снисенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

доц. Айтбаев Д.П.  
 ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

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

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

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

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

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

Составитель  
Зав. кафедрой

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

«Келишилган»  
 География факультети  
 декани \_\_\_\_\_  
 доц. Махамдалиев Р.Й.  
 «\_\_» \_\_08\_\_ 2011 йил

## ГИДРОМЕХАНИКА И ДИНАМИКА РУСЛОВЫХ ПОТОКОВ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа – 80 ч.

### Содержание курса

1. Формирование теории русловых процессов (исследования В.М.Лохтина, Н.Н.Жуковского, М.А.Великанова, С.Т.Алтунина, Н.И.Маккавеева, Г.И.Шамова, А.М.Мухамедова и др.). Современное положение науки, сформировавшиеся школы: И.В.Попов (Санкт-Петербург), Р.С.Чалов (Москва), А.М.Мухамедов (Ташкент), А.Н.Крошкин и В.Ф.Талмаза (Бишкек).

2. Потери энергии потока, местные потери и их расчет. Гидравлический уклон. Спокойные и бурные течения на равнинных и горных реках. Гидравлический прыжок и водопад на естественных руслах.

3. Изучение турбулентности опытным путем. Интенсивность и масштаб турбулентности.

4. Плоский и одномерный поток. Гипотеза и модель турбулентного потока. Статистическая характеристика турбулентного потока.

5. Распределение скорости в естественном потоке, определяющие факторы. Распределение скорости под ледяным покровом.

6. Деление потока. Распределение скорости на поперечном сечении. Водопропускная способность русла. Влияние формы поперечного сечения на пропускную способность и сопротивления русла. Вторичные потоки в русле. Паводочный поток в поймах. Особенности построения кривых расходов воды на пойменных створах.

7. Сток наносов и их движение. Факторы формирования стока наносов. Наносы бассейнового и руслового происхождения. Взвешенные и донные наносы, границы между ними (метод В.Крессера). Руслоформирующие и транзитные наносы. Геометрические размеры и гидравлическая крупность наносов. Распределение частиц на поперечном сечении.

8. Основные теории движения взвешенных наносов: исследования В.М.Маккавеева, М.А.Великанова, И.Баренблатт, А.П.Колмогорова, Ф.И.Франкля и др. Пульсация мутности. Транспортирующая способность потока. Влияние поймы на движение наносов в русле.

9. Мутность, расчет расхода взвешенных наносов.

10. Донные наносы, методы их расчета (формулы Н.Гончарова, Г.И.Шамова, Г.Эйнштейна).

11. Соотношение взвешенных и донных наносов, расчет их суммарного расхода. Аккумуляция наносов. Баланс наносов по длине русла и его уравнение. Внутригодовое распределение наносов и их количественная оценка.

12. Сели, формирование, аккумуляция селевых наносов. Гранулометрический состав руслоформирующих наносов. Размельчение наносов в результате движения. Гидравлическая сортировка наносов. Расчет гранулометрического состава донных наносов.

13. Формы возникновения русловых процессов, влияющие факторы. Виды деформации русел: вертикальная, горизонтальная, периодическая, общая и региональная. Связь деформации со стоком наносов.

14. Морфология и динамика речных русел. Неглубокие части рек, условия формирования, морфологические элементы. Относительно прямые и неразветвленные русла. Изгиб русел, формирование, влияющие факторы.

15. Моделирование речного потока. Гидравлическое моделирование. Методы свободного моделирования. Аэродинамические модели. Математическое моделирование. Усовершенствование уравнений русловых процессов.

16. Экологические проблемы, связанные с русловыми процессами.

#### Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Снисенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

доц. Айтбаев Д.П.  
ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

«Келишилган»  
 География факультети  
 декани \_\_\_\_\_  
 доц. Маҳмадалиев Р.Й.  
 «\_\_» \_\_08\_\_ 2011 йил

## ГЛОССАРИЙ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.

3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Снисенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

проф. Хикматов Ф.Х.,  
доц. Айтбаев Д.П.  
ст. пр-ль Сагдеев Н.З.

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

### Литература

1. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. Великанов М.А. Русловой процесс. - М.: Физматгиз, 1958.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. - Л.: ГМИЗ, 1962.
5. Гришанин К.Б. Теория руслового процесса. - М.: Транспорт, 1972.
6. Кондратьев Н.Е., Попов И.В. Снисенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: ГМИЗ, 1982.
7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: ИАН, 1955.

Составители:

проф. Хикматов Ф.Х.,  
доц. Айтбаев Д.П.  
ст. пр-ль Сагдеев Н.З.