

Программа дисциплины «Русловые процессы»

Автор – проф. Р.С.Чалов

Цель освоения дисциплины: изучение механизмов и закономерностей формирования и транспорта наносов в реках, русловых процессов, форм их проявлений; освоение методов расчета и прогноза русловых деформации, в том числе при антропогенном воздействии на реки и различных видах использования водных и связанных с ними земельных и минеральных ресурсов, и их учета при проектировании инженерных мероприятий на реках.

Задачи:

Формирование у студентов представлений:

- о роли и месте русловых процессов в общей системе взаимодействия гидросферы и литосферы, эрозионно-аккумулятивных процессах, как завершающего звена воздействия стока на земную поверхность;
- о взаимосвязях между гидравлическими, морфологическими и морфометрическими характеристиками естественных русел;
- о факторах и формах проявления русловых процессов, основных закономерностях морфологии и динамики речных русел и пойм;
- об устойчивости речных русел и основах «эмпирической» речной гидравлики;
- о принципах и методах учета русловых процессов при водохозяйственном строительстве, транспортном освоении рек и строительстве инженерных объектов на берегах рек, об опасности русловых процессов, их воздействии на экологическое состояние рек и приречных территорий, возможностях нейтрализации и предотвращения проявлений;
- о методах прогноза русловых деформации при эволюции русловых форм, естественных и антропогенных изменениях факторов русловых процессов и техногенных воздействиях на русла и поймы рек.

Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Русловые процессы» входит в модуль «Динамика русловых потоков» профессионального блока Вариативной части учебного плана бакалавриата образовательного стандарта ИБ интегрированный магистр МГУ по направлению 0216000 «Гидрометеорология», профилю гидрология. Дисциплина преподается в 8 семестре 4 курса.

Для начала освоения данной дисциплины должны быть предварительно освоены следующие дисциплины: гидрология рек, гидрофизика, гидравлика и гидромеханика, динамика русловых потоков, водно-технические изыскания, гидрометрия и техника безопасности, геоморфология. Полученные студентами знания необходимы для подготовки бакалавров по направлению «Гидрометеорология», последующей их работе в проектных и производственных организациях, связанных с гидрологическими изысканиями на реках или последующем обучением в магистратуре по направлению «Гидрометеорология»

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основы теории русловых процессов, их типизацию и морфодинамические классификации речных русел, закономерности русловых деформаций на реках разных типов в различных природных условиях, принципы оценки устойчивости русел, опасных проявлений русловых процессов и экологического состояния рек в зависимости от направленности и темпов русловых деформаций

Уметь: 1) определять гидравлические сопротивления; 2) выбирать методы расчета и определения скоростей потока, распределения расходов воды по рукавам и пропускной способности русел и пойм; 3) рассчитывать мутность, расход и сток наносов; 4) определять руслоформирующие расходы воды и устойчивость русел; 5) определять тип русла, вид и направленность его деформаций; 6) рассчитывать русловые деформаций, в т.ч. при различных видах водохозяйственного и гидротехнического строительства; 7) знать основы руслового анализа; 8) применять законы динамики потоков и русловых процессов при решении практических задач.

Владеть: методами русловых исследований, выполнения руслового анализа, прогноза и расчета русловых деформаций, математического и компьютерного моделирования русловых процессов, навыками сбора и обработки гидрометеорологической, картографической и другой информации для оценки направленности и темпов русловых деформаций, подготовки данных для моделирования, разработки прогнозов и обоснований проектных решений.

Содержание

Раздел I. Введение.

Тема 1. Предмет дисциплины, основные задачи и соотношение со смежными дисциплинами. Взаимосвязь динамики потоков, теории движения наносов и теории русловых процессов.

Тема 2. Краткая история развития. Роль русловой гидротехники в становлении теории русловых процессов. Работы В.М. Лохтина, Н.С. Лелявского, Н.Н. Жуковского, А.И. Лосиевского, М.А. Великанова, С.Т. Алтунина, Н.И. Маккавеева, Г.И. Шамова: работы Государственного гидрологического института (ГГИ), Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ), Российского университета дружбы народов (УНД); воднотранспортное направление; работы среднеазиатских и закавказских ученых и др. Становление русловедения как раздела гидрологии рек; географическое, инженерное и экологическое русловедение.

Тема 3. Русловые процессы и эрозионно-русловые системы. Общие законы развития русловых процессов. Проблемы дискретности и непрерывности проявлений русловых процессов.

Раздел II. Движение и сток наносов

Тема 1. Факторы формирования стока наносов. Бассейновая и русловая составляющие стока наносов в реках. Взвешенные и влекомые (донные) наносы; определение граничного диаметра между ними (методика В. Крессера). Руслообразующие и транзитные наносы. Геометрические размеры и гидравлическая крупность наносов. Распределение частиц по сечению потока; поведение твердой частицы в турбулентном потоке.

Тема 2. Факторы и механизм воздействия потока на частицы грунта. Противоэрозионная устойчивость несвязных, связных пластичных и скальных грунтов. Неразмывающие и размывающие (критические) скорости для несвязных грунтов; формулы В.Н. Гончарова, Г.И. Шамова, И.И. Леви, Ц.Е. Мирцхулавы и др. Формирование отмостки. Критический размер и вес частиц; закон Эри. Особенности эрозии связных грунтов.

Тема 3. Расчет мутности, расходов и годового стока взвешенных наносов.

Тема 4. Движение донных наносов. Методы расчета расходов влекомых наносов: формулы В.Н. Гончарова, Г.И. Шамова, Эйштейна. Специфика перемещения песчаных и галечно-валунных наносов, роль неоднородности их состава.

Тема 5. Грядовое движение наносов; образование и развитие гряд, роль крупномасштабной турбулентности. Классификация гряд. Формула для определения размеров и скоростей перемещения гряд. Гидравлические сопротивления и шероховатость русла при грядовой структуре дна. Условия разрушения гряд и гладкая фаза движения наносов; антидюны. Определение расходов донных наносов по скорости смещения гряд (методика Н.И. Алексеевского).

Тема 6. Соотношение расходов взвешенных и влекомых наносов. Вычисление суммарного их расхода.

Тема 7. Аккумуляция наносов. Баланс наносов по длине русла. Уравнение баланса и распространение мутности по длине потока.

Тема 8. Внутригодовая изменчивость стока наносов. Расчет стока наносов при отсутствии данных наблюдений. Способы оценки стока наносов с территории.

Тема 9. Образование и движение структурных потоков; сели. Особенности аккумуляции наносов селевыми потоками.

Тема 10. Состав и распределение руслообразующих наносов по крупности. Измельчение наносов в процессе движения; формула Штернберга. Гидравлическая сортировка наносов. Расчет параметров гранулометрического состава донных наносов.

Раздел III. Формы проявления и факторы русловых процессов

Тема 1. Виды русловых деформаций – вертикальные и горизонтальные (плановые), направленные и периодические, общие и местные; пространственно-временные соотношения между ними, интенсивность развития. Связь русловых деформаций со стоком наносов. Грядовое движение наносов как вид русловых деформаций. Элементарные русловые деформации.

Тема 2. Основные факторы русловых процессов: сток воды, геологическое строение территории, сток наносов, грунты, слагающие ложе и берега рек, ледовый режим. Влияние специфических природных условий на формирование русел: мерзлота, ветер и т.д. Русловые процессы и эрозионно-аккумулятивная деятельность водных потоков на водосборах. Порядок рек и потоков (по Р. Хорнтону, Н.А. Ржаницыну, А. Шайдеггеру); изменение руслоформирующей деятельности рек в соответствии с порядками потоков.

Тема 3. Врезание рек и систематическая аккумуляция наносов как проявление вертикальных деформаций. Трансгрессивная и регрессивная эрозия и аккумуляция. Методы определения направленности вертикальных деформаций. Роль процессов автоматического выравнивания транспортирующей способности потока в развитии продольного профиля реки. Выработанный продольный профиль (теория Н.И. Маккавеева), его аналитическое выражение.

Тема 4. Принципы классификации речных русел. Типизации К.И. Россинского и И.А. Кузьмина, Л. Леопольда и М. Вольмана, ГГИ, МГУ. Причины образования различных типов русла; работы Б.Ф. Снисченко по определению условий существования и развития различных типов речных русел. Применение *QI*-диаграмм для определения условий формирования русел рек разного типа и прогнозной оценки их трансформации при естественном и антропогенном изменении факторов русловых процессов. Соотношения русловых форм разных порядков. Горные, полугорные и равнинные реки. Типы русел горных рек и их связь с формами транспорта наносов, уклонами и кинематикой потока. Работы А.Н. Крошкина, МГУ. Порожисто-водопадное русло. Влияние селевой деятельности на русловые процессы горных рек.

Тема 5. Особенности развития русел равнинных рек в условиях свободного и ограниченного развития русловых деформаций; широкопойменные и врезанные русла.

Тема 6. Руслоформирующие расходы воды и методы их определения.

Тема 7. Система уравнений для расчета русловых деформаций, их незамкнутость, необходимость частных решений.

Раздел IV. Морфология и динамика речных русел

Тема 1. Перекаты и перекатные участки, их роль в регулировании стока наносов по длине реки. Морфологические элементы типичного переката. Условия образования перекатов. Их классификация по генезису, морфологии, режиму переформирования, степени подвижности.

Тема 2. Кинематическая структура потока на перекате в плесовой ложине, ее изменение в разные фазы водного режима. Сезонные и многолетние деформации перекатов, методы их прогнозирования.

Тема 3. Относительно прямолинейные, неразветвленные русла. Структура потока в разные фазы режима. Формы перемещения наносов (побочневая, ленточно-грядовая) и их влияние на деформации прямолинейного русла. Влияние коренных берегов. Особенности развития и морфология врезанных галечно-валунных русел.

Тема 4. Свободные, врезанные и вынужденные (адаптированные) излучины. Элементы излучин в плане. Основные гипотезы образования излучин. Кинематическая структура потока и ее роль в формировании речных излучин. Гидравлические сопротивления в извилистом русле.

Тема 5. Формы и механизмы смещения излучин. Условия обтекания потоком берегов излучин; правило А.Я. Миловича. Образование прорванных излучин (незавершенное меандрирование). Расчет спрямлений русла и понижения уровней воды в реке при их осуществлении. Прогнозы размыва берегов на излучинах. Связь параметров излучин с расходом воды, уклоном, устойчивостью русла. Специфика развития вынужденных излучин.

Тема 6. Русла рек, разветвленные на рукава и их разновидности. Основные причины образования рукавов; формирование осередков и их преобразование в остров. Руслевая и пойменная многорукавность. Форма островов и гидравлические сопротивления потока в разветвленном русле. Кинематическая структура потока в узлах разветвления и слияния рукавов.

Тема 7. Значение распределения расходов воды по рукавам для оценки их переформирований. Главные особенности переформирований разветвленного русла. Развитие системы сопряженных рукавов (правило «восьмерки»). Распределение стока наносов по рукавам. Причины активизации и отмирания рукавов. Основные морфометрические зависимости разветвленных русел. Методы расчета переформирований разветвленных русел.

Тема 8. Руслевые деформации в узлах слияния рек.

Тема 9. Специфика развития руслевых процессов в устьях рек.

Тема 10. Особенности руслевых процессов на малых реках. Заиление и деградация малых рек. Специфические формы проявления руслевых процессов на реках, протекающих в мерзлых грунтах, на реках с большим стоком наносов и легкоразмываемыми берегами (явление «дейгиша») и т.д.

Тема 11. Распределение русел рек разных типов на территории России.

Раздел V. Устойчивость естественных русел

Тема 1. Проблема устойчивости естественных русел. Виды устойчивости речных русел. Статическая и динамическая устойчивость русла. Концепция предельной влекущей силы И. Лейна. Концепции К.В. Гришанина и Х. Шена. Устойчивость русел к антропогенным нагрузкам.

Тема 2. Показатели устойчивости речных русел. Число В.М. Лохтина. Коэффициенты устойчивости речного русла М.А. Великанова, Н.И. Маккавеева. Классификация речных русел по степени их устойчивости, связь показателей устойчивости с интенсивностью руслевых деформаций.

Тема 3. Связи между гидравлическими и морфометрическими характеристиками устойчивых русел («эмпирическая» речная гидравлика).

Тема 4. Поток–русло как саморегулирующаяся система. Проблема геометрического и динамического подобия естественных русел. Первые эмпирические соотношения между характеристиками потока и русла. Формулы для «устойчивой» скорости течения Р. Кеннеди, И. Линдли; для «устойчивой» ширины русла И. Вудса, В.Г. Глушкова, С.Т. Алтунина.

Тема 5. Понятие о зависимых и независимых характеристиках потока и русла. Постулат В.М. Лохтина. Концепции У. Лэнбейна, С. Шамма. Гидроморфометрические зависимости между устойчивыми характеристиками потока и русла. Применение π -теоремы для определения структуры гидроморфометрических зависимостей. Зависимости, включающие уклон в качестве независимой характеристики. Формулы С.И. Рыбкина, М.А. Великанова, Н.А. Белинского, Г.П. Калинина. Зависимости, включающие уклон в качестве зависимой характеристики. «Режимные» концепции и формулы Дж. Лейси и Т. Бленча. Эмпирические формулы Л. Леопольда и Т. Мэддока. Зависимости, учитывающие концентрацию наносов. Формулы С. Уайта, К. Инглиса, В.Н. Михайлова. Формулы С. Шамма, учитывающие состав наносов. Формулы В.Ф. Талмазы и А.Н. Крошкина для горных и полугорных рек.

Тема 6. Устойчивость меандрирующего русла. «Устойчивые» величины радиуса изгиба русла, шага излучины и ширины пояса меандрирования. Формулы Н.И. Маккавеева, В.М.

Маккавеева, К. Инглиса, С.Т. Алтунина, Н.А. Ржаницына, Л. Леопольда и М. Вольмана, Д. Саймонса, Дж. Дьюри.

Раздел VI. Поймы рек и пойменные процессы

Тема 1. Условия и механизм формирования пойм; типы пойм и их связь с русловыми деформациями. Закономерности изменения ширины и высоты поймы; их строение.

Тема 2. Гидрологический режим поймы и условия ее затопления. Аккумуляция наносов на поверхность поймы. Особенности взаимодействия пойменного и руслового потоков (работы Н.Б. Барышникова). Влияние поймы на русловые деформации.

Тема 3. Палеогидрологические аспекты изучения речных пойм.

Раздел VII. Учет русловых процессов при водохозяйственном и строительстве и проектировании

Тема 1. Прогнозы русловых деформаций.

Тема 2. Влияние водохранилищ на русловые процессы. Динамика потока и русла на приплотинном участке. Глубинная эрозия и переформирование русла в нижних бьефах гидроузлов и методы их расчета. Районирование водохранилищ по характеру протекающих процессов формирования чаши и аккумуляции наносов (по С.Л. Вендрову). Заиление и занесение водохранилищ и их расчет (работы Г.И. Шамова, В.С. Лапшенкова, А.В. Караушева и др.). Русловые процессы в зонах переменного подпора. Регрессивная аккумуляция выше водохранилищ.

Тема 3. Влияние водозаборов на русловые деформации в реках. Местные размывы у опор мостов и способы их расчета.

Тема 4. Учет русловых процессов при эксплуатации водных путей, строительстве мостовых переходов и трубопроводов через реки, выборе мест водозаборов, возведении инженерных сооружений на берегах рек, размещении карьеров стройматериалов в русле. Расчет понижения уровней («посадки») при выполнении дноуглубительных работ в карьерных выемках в русле. Защита берегов от размыва.

Тема 5. Регуляционные сооружения на реках.

Тема 6. Русловые деформации в земляных каналах, принципы расчета каналов.

Тема 7. Концепция опасности и риска проявления русловых процессов; экологические оценки русловых деформации.

Раздел VIII. Методика исследований и моделирование русловых процессов

Тема 1. Физическое моделирование русловых процессов. Элементы теории подобия при моделировании. Гидравлическое моделирование на жестких и размываемых моделях. Метод натурального (свободного) моделирования. Аэродинамические модели.

Тема 2. Гидроморфологический анализ русловых процессов. Использование аэрокосмических съемок, лоцманских и топографических карт.

Тема 3. Составление специальных карт русловых процессов. Картографирование русловых процессов; общие и прикладные карты русловых процессов разных масштабов.

Тема 4. Применение ГИС-технологий при изучении русловых процессов.

Тема 5. Использование результатов исследований для обоснований фоновых и локальных прогнозов русловых деформаций различной заблаговременности.

Тема 6. Математическое и компьютерное моделирование русловых процессов. Одномерные, двумерные и трехмерные модели и особенности их применения. Начальные и граничные условия для компьютерных моделей.

Раздел IX. Заключение

Тема 1. Значение теории русловых процессов на современном этапе водохозяйственного, гидротехнического строительства; проектирование инженерных сооружений на берегах и руслах рек.

Тема 2. Использование теории русловых процессов при решении экологических проблем.

Рекомендуемая литература

Основная:

- Барышников Н.Б. Русловые процессы. Л.: РГГМУ. 2008. 41 с.
- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ. 2008. 608 с.
- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 2. Морфодинамика речных русел. М.: Красанд. 2010. 960 с.
- Чалов Р.С., Виноградова Н.Н., Зайцев А.А. Практические работы по курсам «Воднотехнические изыскания» и «Русловые процессы». М.: Изд-во ун-та. 2003. 128 с.

Дополнительная:

- Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: МГУ. 1998. 202 с.
- Барышников Н.Б. Руководство к лабораторным работам по динамике русловых потоков и русловым процессам. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 224 с.
- Беркович К.М. Географический анализ антропогенных изменений русловых процессов. М.: ГЕОС. 2001. 164 с.
- Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. М.: ГЕОС. 2000. 332 с.
- Великанов М.А. Русловой процесс. М.: Физматгиз. 1958. 396 с.
- Гришанин К.В. Теория руслового процесса. М.: Транспорт. 1972. 216 с.
- Знаменская Н.С. Донные наносы и русловые процессы. Л.: Гидрометеиздат. 1976. 191 с.
- Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. Л.: Гидрометеиздат. 1977. 272 с.
- Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР. 1955. 348 с.
- Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1986. 264 с.
- Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русла. Л.: Гидрометеиздат. 1988. 304 с.
- Россинский К.И., Дебольский В.К. Речные наносы. М.: Наука. 1980. 214 с.
- Русловой режим рек Северной Евразии / под ред. Р.С. Чалова. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1994. 336 с.
- Сток наносов, его изучение и географическое распределение / под ред. А.В. Караушева/. Л.: Гидрометеиздат. 1977. 240 с.
- Чалов Р.С. Общее и географическое русловедение. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1997. 112 с.
- Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излуины. М.: Изд-во МГУ. 2004. 371 с.
- Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. – М.: ООО «Крона», 2009.

Интернет-ресурсы:

- www.waterinfo.ru (Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Федеральное агентство водных ресурсов, ФГУП «Центр Российского регистра гидротехнических сооружений и государственного водного кадастра»);
- rims.unh.edu – Arctic RIMS (Региональная гидрологическая система мониторинга Арктических бассейнов);
- www.r-arcticnet.sr.unh.edu – R-ArcticNet (Региональные гидрографические данные сети постов Арктического региона);
- www.cawater-info.net (Портал знаний о водных ресурсах и экологии Центральной Азии);
- www.gisa.ru (ГИС-Ассоциация России);
- www.scanex.ru/en (Инженерно-технологический центр Сканекс);
- www.ngdc.noaa.gov (Международный центр геофизических данных);
- www.webgeo.ru («География – электронная земля»).