**Лекция 1.**

**Тема:** "Содержание курса, задачи и этапы развития дисциплины. Физико-географические факторы речного стока".

**Цель:** Ознакомление с задачами гидрологических расчетов и факторами формирования стока.

**Краткое содержание лекции:**

Сведения о количестве воды в водных объектах за различные интервалы и их гарантированных величинах необходимы для обеспечения нужд различных потребителей водных ресурсов и отраслей экономики. Такие виды хозяйственной деятельности как гидроэнергетика, водоснабжение, орошение, осушение, водные, строительство автомобильных и железнодорожных дорог, водные перевозки и др. непосредственно зависят от точности вычисления и прогноза характеристик гидрологического режима водотоков. В современных условиях данные о водном режиме водных объектов приобрели важное значение для оценки качества воды при решении экологических проблем.

Поэтому основной задачей гидрологических расчетов является оценка количественных характеристик, описывающих гидрологические явления и процессы, и их изменение в будущем на основании анализа прошлого и настоящего состояния водных объектов.

Применение в гидрологических расчетах аппарата математической статистики позволило установить зависимость статистических характеристик стока от физико-географических факторов и в результате решать задачи расчета вероятных колебаний стока при недостаточности или отсутствии данных наблюдений. Начиная с 1966 г. в Государственном гидрологическом институте разрабатываются нормативные документы для проектных и строительных организаций – строительные нормы (СН) и правила (П) по определению минимального (СН 346-66) и максимального стока (СН 356-66) годового стока и его внутригодового распределения (СН 371-67) и наивысших уровней воды рек и озер (СН 397-69). В 1972 г. издан единый нормативный документ «Указания по определению расчетных гидрологических характеристик. СН 435-72», включивший в себя также расчеты максимальных расходов воды дождевых паводков (А. И. Чеботарев и Б. И. Серпик) и новые методы расчета минимального стока (А. М. Владимиров). На базе этого документа в 1985 г.был издан общесоюзный стандарт СНиП 2.01.14-83.

Весь комплекс физико-географических факторов, в той или иной мере влияющих на режим и характеристики речного стока, можно разделить на два типа: климатические и подстилающей поверхности. К последним относится и антропогенный фактор, приобретающий в настоящее время все большее значение в результате интенсивного развития хозяйственной деятельности на водосборах и в руслах рек и в отдельных случаях кардинальным образом изменяющих водный режим. Климатические факторы связаны с климатическими зонами и в целом подчиняются законам географической зональности. Большинство факторов подстилающей поверхности имеют локальное распространение по территории, поэтому их влияние заметно лишь там, где велик сам фактор. Такие факторы относятся к категории азональных.

**Вопросы для контроля:**

1. Этапы развития предмета

2. Основные задачи дисциплины

3. Физико-географические факторы стока

4. Стокообразующие факторы

5. Косвенные факторы стока

**Рекомендуемая литература:**

1. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. Учебник. – М.: Изд.МГУ, 1990.
2. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
3. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
4. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550
5. Kith Beven, Nick Chappell, Rob Lamb. Hydrology in Practice. Taylor and Framcis, July 2010, 543 pages

**Лекция 2.**

**Тема:** "Генетический анализ гидрологической информации. Вероятностно-статистические методы анализа гидрологических характеристик".

**Цель:** Изучение методов гидрологических расчетов

**Краткое содержание лекции:**

Генетический анализ фактических данных, характеризующих сток, является частью географических методов исследования и основан на выявлении причинно-следственных связей в развитии гидрологической явлений и процессов, выявления причини условий их возникновения.

Генетический анализ в гидрологии представлен географо-генетическим методом, предложенным В.Г. Глушковым. Основой метода является комплексный подход к исследованию вод суши с установлением взаимосвязей элементов географического ландшафта - климата, рельефа, почв, растительности, поверхностных вод и др. Исходные данные характеристик гидрологического режима водных объектов, полученные в результате гидрометрических измерений и обобщений образуют статистические ряды. Поэтому возникает вопрос о применении методов анализа и расчетов данных рядов, известных в математической статистике и теории вероятностей.

Использование вероятностно-статистических методов позволяет получать количественные значения, в нашем случае, гидрологических характеристик и установить вероятность их появления, т.е. частоты повторяемости во времени. Однако применение данных методов возможно при условии, что статистические ряды должны состоять из случайных величин, а весь ряд должен быть однородным(стационарным).

Колебания характеристик стока (годового, максимального, минимального, и др.) во времени обусловлены изменениями во времени большого числа факторов, совокупное действие которых приводит к неоднозначным случайным результатам. Поэтому гидрологические явления рассматриваются как случайные, вероятностные процессы, а ряды гидрологических характеристик – как совокупность случайных величин. Одной из основных задач гидрологических расчетов является определение с помощью вероятностно-статистических методов частоты повторения гидрологических характеристик, т.е. распределения вероятностей конкретных фактических данных. Частота может быть представлена в виде гистограммы распределения –ступенчатого графика распределения частот случайной величины, а сглаженная, плавная линия, показывающая среднюю частоту повторения случайной величины или заданную вероятность ее появления – кривую распределения.

Кривые распределения вероятностей имеют разнообразную форму и разделяются на симметричные и асимметричные. Кривые распределения вероятностей имеют три ординаты, представляющие непосредственный интерес при производстве гидрологических расчетов.

**Вопросы для контроля:**

1. Метод генетического анализа

2. Географо-гидрологические методы

3. Вероятностно-статичтические методы

4. Кривые распределения вероятностей

5. Свойства кривых распределения вероятностей

**Рекомендуемая литература:**

1. Горошков И.Ф. Учебник. Гидрологические расчеты. .-Л.:Гидрометеоиздат,1979.
2. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
3. Kith Beven, Nick Chappell, Rob Lamb. Hydrology in Practice. Taylor and Framcis, July 2010, 543 pages
4. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 3.**

**Тема:** «Корреляционный и регрессионный анализ. Графическая обработка гидрологических данных»

**Цель:** Изучение математических методов обработки информации

**Краткое содержание лекции:**

Определение гидрологических характеристик часто основано на использовании уравнений, описывающих связь видимой характеристики с определяющими ее факторами. Однако полностью учесть влияние всех факторов на данную гидрологическую величину невозможном в силу их многообразия и случайности влияния.

При оперировании со статистическими связями обычно используются лишь случайные выборки из генеральной совокупности, поэтому каждому значению определяемой (независимой) величины может соответствовать несколько (множество) значений другой величины (функции). Если случайна лишь одна исследуемая величина.

Когда случайны обе исследуемые величины, то применяется корреляционный анализ. Теснота связи исследуемых характеристик оценивается коэффициентом корреляции г (парная корреляция).

Связи могут быть линейными и нелинейными. В последнем случае обычно стараются их преобразовать к линейному виду (нормализовать).

Зависимость между тремя и более переменными исследуется методами многомерного корреляционного анализа с использованием частного и сводных коэффициентов корреляции (множественная корреляция ).

Если качественная характеристика оценивается каким-то рангом (порядковый номер), то используется коэффициент ранговой корреляции. При проверке гипотезы значимости связи используется распределение Стьюдента или Z-преобразование Фишёра.

Значение коэффициента корреляции может быть положительным и отрицательным. При обратной связи (уменьшение функции с увеличением аргумента) он будет отрицательным. Чем ближе значение коэффициента корреляции к единице, тем теснее (и надежнее) рассматриваемая зависимость. Использование метода парной корреляции для анализа и рассчетов гидрологических характеристик позволяет получить необходимые расчетные величины и нередко с достаточной для современной практики точностью. Однако чем сложнее гидрологические процессы, тем выше требования к точности расчетов, тем менее состоятельным становится этот метод

**Вопросы для контроля:**

1. Корреяционный анализ

2. Регрессионный анализ

3. Коэффициент корреляции

4. Уравнение регрессии и их свойства

5. Обработка гидрологической информации

**Рекомендуемая литература:**

1. С. К. Давлетгалиев. Статистические методы обработки гидрологической информации. – Алматы,: Қазақ университеті, 2015.

2. Чичасов Г.Н. Численные методы обработки и анализа гидрометеорологической информации. – Москва 2013 г.

3. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

4. Kith Beven, Nick Chappell, Rob Lamb. Hydrology in Practice. Taylor and Framcis, July 2010, 543 pages

5. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages

**Лекция 4.**

**Тема:** "Факторы формирования годового стока. Расчет нормы стока при достаточном периоде гидрологических наблюдений. Оценка репрезентативности ряда наблюдений. Цикличность колебаний стока ".

**Цель:** Оценка нормы стока

**Краткое содержание лекции:**

Годовой сток является основной характеристикой речного стока при водохозяйственном проектировании, оценке водных ресурсов бассейнов реки различных регионов. Годовой сток, как результирующий элемент водного баланса позволяет судить о соотношениях тепла и влаги, степени увлажненности территорий. Годовой сток является базовой характеристикой при разработке методов гидрологических расчетов, исследованиях колебаний стока во времени и пространстве, разработки гидрологических классификаций и районирования.

Под нормой стока понимается среднее значение стока за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное значение практически не меняется, т. е. находится в пределах допустимой погрешности. Норма стока может быть: вычислена путем осреднения годовых значений (норма годового стока), ежегодных величин стока за весеннее половодье или меженный период (норма весеннего или меженного стока) или как среднее из ежегодных экстремальных величин (норма максимального и минимального стока).

Норма стока может быть выражена различными характеристиками: расходом воды, модулем стока, слоем или объемом стока.

Репрезентативность ряда гидрологических данных определяется средней квадратической погрешностью среднего значения ряда, показывающей, насколько она отличается от нормы стока. Следовательно, репрезентативность зависит от длительности ряда наблюдений и от коэффициента изменчивости, т. е. от того, в какой мере имеющийся ряд наблюдений за стоком включает в себя наиболее многоводные и маловодные годы и полные циклы водности, отмечавшиеся на рассматриваемой территории. Как показывает практика исследований, влияние последних становится несущественным при продолжительности наблюдений 50—60 лет и более.

Наглядное представление о циклах колебания годового стока дают так называемые разностные интегральные кривые или суммарные кривые отклонений годовых величин стока от среднего его значения за весь период наблюдений. Поскольку колебания стока на реках происходят по-разному на обширных территориях, то существуют такие понятия, как синхронность и асинхронность, синфазность и асинфазность колебаний стока.

**Вопросы для контроля:**

1. Факторы обуславливающие годовой сток

2. Норма годового стока

3. Репрезентативнось ряда годового стока

4. Разностная интегральная кривая

5. Цикличность колебании стока

**Рекомендуемая литература:**

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
2. Горошков И.Ф. Учебник. Гидрологические расчеты. .-Л.:Гидрометеоиздат,1979.
3. Kith Beven, Nick Chappell, Rob Lamb. Hydrology in Practice. Taylor and Framcis, July 2010, 543 pages
4. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 5.**

**Тема:** "Статистический анализ структуры рядов стока. Расчет нормы стока и оценка ее точности при достаточном периоде наблюдений ".

**Цель:** Оценка нормы стока в условиях достаточности гидрологической информации

**Краткое содержание лекции:**

Для правильной оценки характеристик стока рек, и в частности нормы, необходимо производить анализ структуры исследуемых рядов стока. Как уже отмечалось методы математической статистики используемые в гидрологии возможно применять только в случае рядов характеристик стока, состоящих из случайных и однородных величин.

В практике гидрологических расчетов оценка однородности производится обычно путем сравнения различных статистических характеристик. Для этого используются статистические критерии однородности, разработанные для независимых случайных величин, а также и для рядов, имеющих внутри рядную связь между смежными членами ряда. Наиболее часто используется параметрический критерий Стьюдента (У.Госсета), а оценка однородности выборочных дисперсий осуществляется по критерию Фишера (F).

Норма годового стока, как всякая средняя арифметическая величина статистического ряда, может быть определена по формуле

$Q\_{0N}=\frac{Q\_{1}+Q\_{2}+…+Q\_{N-1}/Q\_{N}}{N}=\frac{\sum\_{1}^{N}Q\_{c}}{N}, м3/с$(1)

где (Q0N — норма годового стока; Q1, Q2, …, QN-1, QN — годовые величины стока за длительный период (N лет), при котором дальнейшее увеличение ряда наблюдений не меняет или мало меняет среднюю арифметическую величину Q0N.

Вследствие недостаточной длины фактических рядов наблюдений над годовым стоком, которые, как правило, не превышают 60—80 лет и составляют в основном 20—40 лет, норма годового стока, полученная по формуле (1), отличается от истинного среднего значения Q0N при N→ ∞ на некоторую величину σQn, т. е.

$Q\_{0N}=Q\_{0n}\pm σ\_{Qn}$ (2)

где Q0n— средняя величина годового стока за ограниченный ряд наблюдений n лет; σQn — средняя квадратическая ошибка n-летней средней.

Согласно теории ошибок, величина σQn, на которую отличается среднее значение годового стока за n лет от истинной величины нормы Q0N за N лет, при N→ ∞ равна:

$σ\_{Qn}=\pm \frac{σ\_{Q}}{\sqrt{n}}$ (3)

где σQ— среднее квадратическое отклонение (ошибка) единичных значений годового стока от среднего за п лет или среднее из суммы квадратов отклонений членов ряда годовых величин стока Qi; от их среднего значения Q0n .

**Вопросы для контроля:**

1. Исследование структуры рядов годовго стока

2. Условия применимости методов математической статистики для оценки нормы стока

3. Расчет нормы стока

4. Условия репрезентативности периода наблюдений для оценки годового стока

5. Ошибки расчета нормы стока

**Рекомендуемая литература:**

1. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. Учебник. – М.: Изд.МГУ, 1990- 304с.
2. С. К. Давлетгалиев. Статистические методы обработки гидрологической информации. – Алматы,: Қазақ университеті, 2015
3. Kith Beven, Nick Chappell, Rob Lamb. Hydrology in Practice. Taylor and Framcis, July 2010, 543 pages
4. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 6.**

**Тема:** "Расчет нормы годового стока при недостаточности данных. Определение нормы годового стока при отсутствии гидрологических данных. Определение расходов воды расчетной обеспеченности ".

**Цель:**  Изучение методов расчетов при недостаточности данных наблюдении

**Краткое содержание лекции:**

Короткие ряды наблюдений не обеспечивают получение нормы стока требуемой точности и не являются репрезентативными. В этом случае величина среднего годового стока короткого ряда приводится к расчетному многолетнему периоду. Расчетный период выбирается по рекам аналогам, имеющим длительный ряд наблюдений. В зависимости от степени сходства условий формирования стока в расчетном пункте и пункте-аналоге, норма стока может быть определена без восстановления погодичных данных о стоке или рассчитана по ряду, включающему восстановленные за каждый дополнительный (или пропущенный) год данные о стоке.

Объективным критерием правильности выбора пункта-аналога является достаточно тесная связь за годы одновременных наблюдений, характеризуемая коэффициентом корреляции (парной или множественной) и отношением коэффициента регрессии k к его среднеквадратической погрешности σR при условии r ≥ 0,7 и k /σR ≥ 2.

Приведение данных о годовом стоке рек к длительному периоду может осуществляться графическим, аналитическим или графоаналитическим способами.

Определение нормы стока неизученных и малоизученных рек производится с помощью методов:

1) путем прямолинейной интерполяции с использованием опорных пунктов;

2) по картам изолиний годового стока;

3) по районным зависимостям годового стока от определяющих его факторов;

4) по уравнению водного баланса.

Для водохозяйственного использования рек сведения о норме стока недостаточны. Необходимы данные о величинах стока в маловодные и многоводные годы различной обеспеченности. Поэтому основной задачей расчета годового стока является определине средней многолетней величины – нормы и возможных его колебаний на весь период службы гидротехнических сооружений.

Годовой сток различной заданной повторяемости определяется по кривым обеспеченности. Основой построения кривой обеспеченности служит ряд эмпирических данных (гидрологических наблюдений за стоком воды). По этим данным строится эмпирическая кривая обеспеченности, к которой подбирается аналитическая кривая, являющаяся как бы лекалом, наилучшим образом, соответствующим расположению эмпирических точек. Аналитическая кривая обеспеченности описывается определенным уравнением (в зависимости от типа кривой), что позволяет осуществлять расчеты стока в зонах обеспеченности, не освещенных данными наблюдений.

**Вопросы для контроля:**

1. Методы оценки нормы стока при коротких рядах наблюдении

2. Выбор реки аналога

3. Определение нормы стока при отсутствии гидрологических данных

4. Карты изолинии стока

5. Определение расходов воды расчетной обеспеченности

**Рекомендуемая литература:**

1. С. К. Давлетгалиев. Статистические методы обработки гидрологической информации. – Алматы,: Қазақ университеті, 2015.

2. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии.-Л.:Гидрометеоиздат, 1974.

3. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages

4. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

5. Kith Beven, Nick Chappell, Rob Lamb. Hydrology in Practice. Taylor and Framcis, July 2010, 543 pages

**Лекция 7.**

**Тема:** "Определение параметров кривой обеспеченности годового стока при недостаточности и отсутствии данных ".

**Цель:** Оценка величин годового стока различной обеспечнности

**Краткое содержание лекции:**

При недостаточности периода наблюдений за стоком для определения его расчетных характеристик применяется метод гидрологической аналогии — осуществляется приведение короткого ряда к длинному ряду бассейна-аналога. При этом могут быть использованы следующие способы приведения коэффициента С*v*:

— расчет коэффициента С*v* по удлиненному ряду,

— использование для расчета С*v* аналитических зависимостей,

— графо-аналитический способ.

Требования к бассейну-аналогу сохраняются те же, что и при расчете нормы годового стока. При этом большое значение имеет синхронность колебаний стока рек в рассматриваемых пунктах.

Первый способ является наиболее простым, так как при его применении используется восстановленный ряд, полученный по связи с рекой-аналогом для расчета нормы годового стока, и коэффициент С*v* рассчитывается по этому удлиненному ряду. Правда, значение С*v* может оказаться несколько заниженным, поскольку значения стока за приводимые

годы берутся с осредненной кривой и не учитываются отклоняющиеся точки. Поэтому чем меньше период восстановления и больше коэффициент корреляции связи, тем надежнее определено значение коэффициента С*v.* В горных районах значение коэффициента Сv устанавливается обычно по зависимости от средней высоты водосбора, а для низкогорных районов может быть дополнительно использована площадь водосбора.

Коэффициент асимметрии Сs для неизученных рек устанавливается по соотношению с коэффициентом изменчивости С*v* по рекам-аналогам с наиболее длительным периодом наблюдений.

При отсутствии аналогов обычно учитывается следующее соотношение Cs/ Сv.

— для зоны избыточного и переменного увлажнения (от арктической до лесостепной и степной) Сs = 2С*v*;

— для зоны недостаточного увлажнения (для сухостепной и пустынной) Сs = (1,5÷1,8)С*v*;

— для эпизодически пересыхающих рек (при наличии лет с отсутствием стока) Сs = 1,5С*v*.

**Вопросы для контроля:**

1. Параметры кривых обеспеченностей

2. Расчеты построения кривых обеспечнностей

3. Расчет расхода воды различной обепеченности при недостаточности данных

4. Расчет расхода воды различной обепеченности при отсутствии данных

5. Определение параметров кривых обеспеченностей при недостаточности данных

**Рекомендуемая литература:**

1. С. К. Давлетгалиев. Статистические методы обработки гидрологической информации. – Алматы,: Қазақ университеті, 2015.

2. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии.-Л.:Гидрометеоиздат, 1974.

3. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages

4. Kith Beven, Nick Chappell, Rob Lamb. Hydrology in Practice. Taylor and Framcis, July 2010, 543 pages

5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 8.**

**Тема:** "Цель и задачи внутригодового распределения стока. Влияние факторов и хозяйственной деятельности на сезонное распределение стока ".

**Цель:** Изучение характеристик внутригодового стока и их оценка для водохозяйственных расчетов

**Краткое содержание лекции:**

Сведения о внутригодовом распределении стока необходимы при проектировании водохранилищ сезонного, месячного или декадного регулирования, для определения гарантированных минимальных или максимальных расходов воды, для оценки баланса притока и потребления воды. Данные о внутригодовом распределении стока используются при разработке мероприятий по борьбе с наводнениями, при осушении болот и заболоченных земель, при орошении, при разработке проектов промышленного и хозяйственного водоснабжения.

Расчет внутригодового распределения стока представляет собой количественную оценку распределения стока по сезонам года и месяцам, а также по декадам и неделям внутри месяца. Выражается обычно в процентах или долях от годового (при сезонном и месячном распределении) или месячного (при декадном или недельном распределении) стока. Это позволяет иметь данные о стоке в конкретные (календарные) отрезки времени. Помимо хронологического описания внутригодового распределения стока (календарное распределение), в практике расчетов используется и некалендарное распределение в форме кривых продолжительности суточных, расходов воды, показывающих продолжительность стояния внутри года расходов воды, равных или превышающих рассматриваемую величину.

Распределение стока внутри года зависит от типа питания, который в свою очередь зависит от климатических условий и факторов подстилающей поверхности. По характеру водного режима и определяющих источников питания реки в различных регионах и разные периоды года разработаны классификации Б.Д. Зайкова, Л.И. Львовича, П.С. Кузина, более подробно изученные в курсе ``Гидрология суши``. Реки с одинаковыми признаками внутригодового распределения стока, характеризуются типовыми гидрографами стока для отдельных регионов. Это позволяет делать предварительную оценку в соотношение стока за разные временные отрезки исследуемых рек, а также использовать характерные гидрографы для малоизученных или неизученных рек в качестве аналога.

Наиболее сильное влияние на распределение стока внутри года оказывают факторы, способствующие аккумуляции стока и дальнейшего перераспределения внутри года это – озера, широкие заливаемые поймы, ледники, лес, карст, хозяйственная деятельность человека, а также размеры и форма речного бассейна.

**Вопросы для контроля:**

1. Физико-географические факторые определяющие режим рек

2. Типовые гидрографы стока

3. Метод компановки внутригодового стока

**Рекомендуемая литература:**

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
2. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. -Л.: Гидрометеоиздат, 1970.
3. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550
4. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
5. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages

**Лекция 9.**

**Тема:** "Расчет внутригодового распределения стока при наличии гидрологических данных".

**Цель:**  Освоение метода компоновки внутригодового стока

**Краткое содержание лекции:**

Для общей оценки внутригодового распределения стока используются типовые гидрографы – среднее фиктивное распределение, получаемое за счет осреднения расходов воды за одинаковые календарные даты. При этом сглаживающее влияние осреднения тем сильнее, чем меньше принятые интервалы времени и чем менее устойчивы из года в год даты наступления одинаковых фаз водного режима.

Для водохозяйственного проектирования используется более объективный метод составления внутригодового распределения стока путем его компоновки из отдельных частей года (сезонов, месяцев) на основе результатов статистической обработки данных по стоку за эти части года.

Метод компоновки сезонов, разработанный В.Г. Андрияновым предполагает наличие рядов наблюдений за стоком не менее 15 лет и производится по водохозяйственным годам, начало которых относится к началу многоводного сезона (весеннее половодье). Границы сезонов назначаются едиными для всех лет с округлением до месяца. Деление года на периоды и сезоны производится в зависимости от типа режима рек и преобладающего вида использования воды. При преобладании водопотребления в целях водоснабжения и гидроэнергетики за лимитирующий сезон принимается самый маловодный (зима), а для орошения – за вегетационный период (лето-осень). При проектировании отвода воды для борьбы с наводнениями или осушении болот за лимитирующий сезон принимается самый многоводный (весна).

Метод основан на принятии равенства обеспеченности стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон. Расчет значений стока за год, лимитирующий период и лимитирующий сезон обычно осуществляется по следующим четырем градациям водности: многоводная (Р=25%), средняя (Р=50%), маловодная (Р=75%) и очень маловодная (Р=95%). При необходимости для регионов с распространением катастрофических наводнений или кардинальных осушительных работ можно добавить градацию - очень многоводная (Р=5%).

Сток за сезон, не входящий в лимитирующий период, вычисляется как разность между стоком за год и стоком за этот период, а сток за нелимитирующий сезон, входящий в лимитирующий период - по разности стока этого периода и сезона.

**Вопросы для контроля:**

1. Цели и задачи метода

2. Метод Андреянова В.Г. для оценки характеристик годового стока

3. Выделение периодов и сезонов по методу Андреянова В.Г

4. Расчет характеристик внутригодового стока

**Рекомендуемая литература:**

1. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. -Л.: Гидрометеоиздат, 1970
2. Michael Rast, R.M.Bonnet, M.Calisto, R.Gurney, Georgia Destouni, Y.Kerr, J.Johannessen, W.A. Lahoz, LennartbBengtsson. The Earth’s Hydrological cycle, Springer, 2014, ISBN 9401787883, 409 pages
3. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages
4. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550
5. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages

**Лекция 10.**

**Тема:** "Определение внутригодового распределения стока при недостаточности и отсутствии гидрологических данных. Расчет суточного распределения стока ".

**Цель:** Оценка характеристик внутригодового стока для водохозяйственных расчетов при недостаточности и отсутствии гидрологических данных

**Краткое содержание лекции:**

При недостаточности (или нерепрезентативности) ряда наблюдений менее 15 лет расчет внутригодового распределения стока производится с применением метода гидрологической аналогии, т. е. по аналогии с внутригодовым распределением на изученной реке. Продолжительность наблюдений в пункте-аналоге должна превышать 20—25 лет, а на расчетной реке необходимо иметь не менее 1 года параллельных наблюдений.

Метод аналогии целесообразно применять лишь на равнинных территориях при сравнительно однообразных физико-географических условиях формирования стока. В горных районах эти условия резко меняются по высоте местности. Требования к пункту-аналогу сохраняются те же, что и при расчетах годового стока.

Оценить надежность аналога и учесть различия в параметрах внутригодового распределения стока за счет разных размеров бассейнов можно путем сопоставления месячных, сезонных и годовых удельных значений стока (модуль или слой) по рассчитываемому створу и аналогу за совместный период наблюдений. Если они различаются не более чем на 15—20 %, то аналог принимается для расчетов.

**Вопросы для контроля:**

1. Методы расчетов при недостаточности

2. Выбор реки аналога

3. Методы расчетов при отсутствии гидрологических данных

**Рекомендуемая литература:**

1. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. -Л.: Гидрометеоиздат, 1970
2. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
3. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages
4. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 11.**

**Тема:** "Расчет суточного распределения стока. Коэффициент естественной зарегулированности стока ".

**Цель:** Исследования и расчеты суточного распределения стока

**Краткое содержание лекции:**

В практике гидрологических расчетов кроме хронологического распределения стока по сезонам, месяцам, декадам требуются данные о продолжительности стояния расходов воды, равных или превышающих данные независимо от времени их проявления. Для этого строятся кривые продолжительности суточных расходов воды.

В зависимости от способа построения существуют два вида кривых продолжительности суточных расходов воды: 1) обобщенная (абсолютная) кривая продолжительности суточных расходов воды, 2) средняя кривая продолжительности суточных расходов воды.

Суточные кривые позволяют количественно оценить степень естественной зарегулированности стока, которая выражается коэффициентом естественной зарегулированности стока φ. Она является площадью (или относительной, величиной) нижней части кривой продолжительности суточных расходов (или гидрографа стока), ограниченной сверху средним многолетним расходом воды или модульным коэффициентом, равным единице.

Нижняя площадь гидрографа выражает долю стока, включающую подземный сток и небольшую часть поверхностного стока, поэтому этот сток называется базисным. Он может быть выражен через коэффициент φ. Чаще всего коэффициент φ выражают как отношение объема базисного стока к объему стока за год в долях от единицы.

**Вопросы для контроля:**

1. Виды построения кривых продолжительности суточных расходов воды

2. Обобщенная (абсолютная) кривая продолжительности суточных расходов воды

3. Средняя кривая продолжительности суточных расходов воды

4. Расчет суточного распределения стока.

5. Коэффициент естественной зарегулированности стока

**Рекомендуемая литература:**

1. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. -Л.: Гидрометеоиздат, 1970
2. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
3. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages
4. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 12.**

**Тема:** "Минимальный сток. Значения минимального стока в хозяйственной деятельности человека ".

**Цель:** Оценка характеристик минимального стока

**Краткое содержание лекции:**

Минимальный сток отмечается в период межени, когда река переходит на грунтовое питание. Расчеты минимального стока имеют важное практическое значение при проектировании промышленного или бытового водоснабжения лимитирующих размер предприятий или населенных пунктов, при строительстве оросительных систем и др.

Характеристики минимального стока используются при оценке экологической устойчивости хозяйственной системы. Поэтому характеристики минимального стока являются определяющими для так называемого экологического стока.

Сток за меженный период принято называть меженным или низким стоком, наименьший сток продолжительностью до 30 суток или месяц – минимальным стоком.

В практике водохозяйственного проектирования основными расчетными характеристиками минимального и меженного стока являются:

— средние многолетние (норма) расходы воды средние за весь меженный период, за 30 сут (месяц) или сутки с наименьшим стоком, наблюдавшимся в данном сезоне;

— минимальные суточные, 30-суточные и меженные расходы воды расчетной вероятности ежегодного превышения (обеспеченности), в основном в диапазоне 75—97 %;

— абсолютный минимум, являющийся самым наименьшим суточным расходом воды за весь период наблюдений. Он показывает максимально возможную естественную степень истощения речного стока.

Помимо характеристик стока, используются и временные характеристики: месяц, когда наблюдается минимальный сток; начало, конец и продолжительность меженного периода.

**Вопросы для контроля:**

1. Условия формирования минимального стока

2. Характеристики минимального стока

3. Влияние хозяйственной деятельности на минимальный сток

4. Ряды минимального стока

5. Особенности расчетов характеристик минимального стока

**Рекомендуемая литература:**

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
2. Горошков И.Ф. Учебник. Гидрологические расчеты. .-Л.:Гидрометеоиздат,1979.
3. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
4. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages
5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 13.**

**Тема:** "Основные положения расчета минимального стока при наличии и недостаточности гидрологических данных ".

**Цель:**  Расчет минимального стока при наличии и недостаточности гидрологических данных

**Краткое содержание лекции:**

Минимальный сток отмечается в период межени, когда река переходит на грунтовое питание. Расчеты минимального стока имеют важное практическое значение при проектировании промышленного или бытового водоснабжения, лимитирующих размер предприятий или населенных пунктов, при строительстве оросительных систем и др. характеристики минимального стока используются при оценке экологической устойчивости хозяйственной системы. Поэтому характеристики минимального стока являются определяющими для так называемого экологического стока.

Сток за меженный период принято называть меженным или низким стоком, а наименьший сток продолжительностью до 30 суток или месяц – минимальным стоком. В практике водохозяйственного проектирования основными расчетными характеристиками минимального и меженного стока являются:

— средние многолетние (норма) расходы воды средние за весь меженный период, за 30 cут(месяц) или сутки с наименьшим стоком, наблюдавшимся в данном сезоне;

— минимальные суточные, 30-суточные и меженные расходы воды расчетной вероятности ежегодного превышения (обеспеченности), в основном в диапазоне 75—97 %;

— абсолютный минимум, являющийся самым наименьшим суточным расходом воды за весь период наблюдений. Он показывает максимально возможную естественную степень истощения речного стока.

Расчет характеристик минимального стока при наличии данных наблюдений выполняется по методике аналогичной расчета характеристик годового стока. Ряд наблюдений считается достаточным, если средняя квадратическая погрешность нормы минимального стока не превышает 15%. Если значение σ превышает допустимую величину, ряд наблюдений необходимо удлинить методом аналогии. Восстановление или удлинение рядов стока производится по графикам связи или методом множественной линейной корреляции.

Если связь между рассматриваемыми пунктами имеет криволинейный вид Г.А.Алексеев рекомендует осуществлять нормализацию используемых переменных для более надежных результатов. Криволинейные связи наблюдаются, если соответствие условий формирования стока в сравниваемых пунктах недостаточны или неучтено влияние хозяйственной деятельности. Для экстраполяции эмпирических кривых подбираются аналитические кривые, которые наносятся на клетчатки вероятности, спрямляющие кривые при соответствующих соотношениях *СS/СV* (может быть от 0 до 3С*V*, хотя чаще СS = 2С*V*).

**Вопросы для контроля:**

1. Основные положения и особенности расчета минимального стока

2. Кривые обеспеченности характеристик минимального стока

3. Выбор реки аналога при недостаточности данных

4. Расчет характеристик минимального стока различной обеспеченности

**Рекомендуемая литература:**

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
2. Горошков И.Ф. Учебник. Гидрологические расчеты. .-Л.:Гидрометеоиздат,1979.
3. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
4. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-157766455017.
5. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages

**Лекция 14.**

**Тема:** "Расчет минимального стока при отсутствии материалов наблюдений ".

**Цель:** Изучение методов минимального стока при отсутствии материалов наблюдений

**Краткое содержание лекции:**

Расчет минимальных расходов воды на неизученных реках или в случае, когда имеющийся фактический материал не пригоден для использования в расчетах по статистическим формулам, производится в основном двумя способами: по картам изолиний минимального стока и по эмпирическим зависимостям.

Карты изолиний используются при расчетах минимального 30-дневного стока средних рек, с площадью водосбора от 1000-2000 (критическая площадь) до 75 000 *км2.* Реки с площадью водосбора, меньшей критической, относятся к малым рекам. Они имеют величину модуля минимального стока, отличную от аналогичной характеристики средних

рек. Способ определения минимального стока на малых реках излагается ниже. Критическая площадь показывает величину площади бассейна, начиная с которой на реках данного района практически не наблюдается изменение модуля минимального 30-дневного стока *(М30)* с ростом площади бассейна *( F ).* Она определяется путем построения зависимости *М30 = f ( F )* на двуосной логарифмической клетчатке, на которой критической площади будет соответствовать точка перегиба кривой при переходе ее в прямую, близкую к горизонтальной линии.

Карты изолиний V минимального стока не применяются для рек, имеющих озерность водосбора более 3—5 %, а также для рек, расположенных в карстовых районах (при площади бассейна до 2000 км2). Погрешность определения минимального стока по картам составляет в среднем от 10 % в зоне избыточного и достаточного увлажнения равнинных районов до 20 % в зоне недостаточного увлажнения и в горах. В районах со сложными гидрогеологическими условиями и слабой гидрологической изученностью погрешность может возрастать до 30 % и более.

Минимальный сток малых рек зависит от дренирующей способности реки и местных условий района. В качестве основного интегрального показателя условий формирования минимального стока используется площадь бассейна для равнинных и полугорных районов, а в горах — средняя высота водосбора.

**Вопросы для контроля:**

1. Формирования минимального стока малых рек

2. Построение карт изолинии характеристик минимального стока

3. Работа с картами характеристик минимального стока

4. Региональные зависимости

5. Расчет расхода воды различной обеспеченности при отсутствии данных

**Рекомендуемая литература:**

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
2. Горошков И.Ф. Учебник. Гидрологические расчеты. .-Л.:Гидрометеоиздат,1979.
3. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages
4. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages
5. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-1577664550

**Лекция 15.**

**Тема:** "Расчет минимального стока в условиях хозяйственной деятельности. Перемерзание и пересыхание рек ".

**Цель:** Изучение и роль минимального стока в жизнедеятельности человека

**Краткое содержание лекции:**

В настоящее время при расчетах низкого стока все в большей мере приходится учитывать существующее или возможное в перспективе влияние на него хозяйственной деятельности человека. В меженный период это влияние может быть столь существенно, что коренным образом изменит режим стока. Чтобы установить степень влияния того или иного хозяйственного фактора или их комплекса на сток необходимо иметь достаточно надежные данные о природном стоке рек рассматриваемого района с учетом его циклических колебаний. Сопоставление происшедших изменений естественных условий формирования стока и динамики развития хозяйственной деятельности на водосборе реки позволяет количественно оценить влияние последних.

Наиболее простым и довольно широко применяемым при использовании способа сравнения является метод восстановления естественного стока реки, находящейся в нарушенных условиях, по связи с рекой-аналогом, сток которой не испытывал хозяйственного влияния. Сопоставляемые реки должны иметь достаточно длительный период одновременных наблюдений за стоком в нарушенных и ненарушенных условиях. Определение характера влияния хозяйственной деятельности (положительное или отрицательное) и размеров этого влияния возможно путем построения графиков связи между интегральными, последовательно суммированными значениями стока реки с нарушенным режимом и реки-аналога.

Прекращение стока в русле реки происходит в результате особых условий, возникающих при определенном соотношении комплекса климатических и гидрогеологических факторов, поэтому прекращение стока наблюдается обычно в определенных районах на ограниченных участках рек или на реках одной категории. В случае отсутствия стокообразующих осадков в осенний сезон пересыхание реки может продлиться до зимнего сезона. Пересыхание рек непосредственно связано с засухами. Перемерзание рек происходит в зимний сезон, когда весьма низкие температуры воздуха, наблюдающиеся очень продолжительное время, вызывают интенсивное охлаждение водных масс и промерзание почво-грунтов на большую глубину, обусловливающее резкое сокращение притока подземных вод и их' быстрое истощение. В наиболее суровые годы может происходить полное промерзание всей водной толщи на большом протяжении реки.

**Вопросы для контроля:**

1. Минимальный сток при естественных и зарегулированных условиях

2. Водный режим рек в условиях антропогенных нагрузок

3. Количественная оценка влияния хозяйственной деятельности на минимальный сток

4. Минимальный сток рек при перемезании и пересыхании рек

5. Оценка минимального стока в периоды перемерзания и пересыхания рек

**Рекомендуемая литература:**

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Учебник. – Гидрометеоиздат 1990.
2. Горошков И.Ф. Учебник. Гидрологические расчеты. .-Л.:Гидрометеоиздат,1979.
3. Ram S Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems 3rв Edition, 2018, ISBN-13: 978-157766455017.
4. Vijay P. Singh Chow’s Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Education. 2nd edition, 2016 ISBN 978-0-07-183509-1 156 pages
5. Tata McGraw. Engineering Hydrology, Hill Education, 2013 - [Hydraulic engineering](https://www.google.kz/search?tbo=p&tbm=bks&q=subject:%22Hydraulic+engineering%22&source=gbs_ge_summary_r&cad=0) - 534 pages