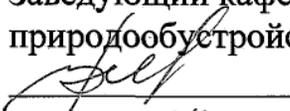


Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Факультет инженерных систем и экологии  
Кафедра природообустройства

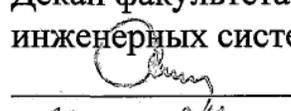
СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой  
природообустройства

  
В.В.Мороз  
«30» 04 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета  
инженерных систем и экологии

  
О.П.Мешик  
«30» 04 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИДРОЛОГИЯ»**

для специальности:  
7-06-0521-01 «Экология»

Составители: Волчек А.А., профессор, доктор географических наук  
Розумец И.Н., аспирант  
Городнюк Ю.П., ассистент

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического Совета  
университета «26» 06 2025 г., протокол № 4

пер. ~ УМК 24/25-111

## Пояснительная записка

### *Актуальность изучения дисциплины*

Эколого-гидрологические исследования являются важнейшим этапом изысканий при проектировании, а гидрологические и водохозяйственные расчеты – обязательной частью проекта любого гидротехнического сооружения, гидромелиоративной системы, включая дороги, они имеют большое значение при решении проблемы рационального и комплексного использования водных ресурсов.

### *Цель и задачи дисциплины*

Дать студентам необходимые знания о факторах и закономерностях формирования речного стока; режимах рек, озер, болот; способах и технических средствах измерения и определения основных гидрологических характеристик водотоков и водоёмов; теоретических основах и методах инженерных гидрологических расчетов, научить их применению этих методов при проектировании и эксплуатации водохозяйственных объектов, анализу и оценке получаемых результатов.

Задачи изучения дисциплины:

- получить четкое представление о закономерностях формирования речного стока, питания и водном режиме рек, озер и болот, водной эрозии и русловых процессах;
- изучить способы и приборы, применяемые при гидрометрических измерениях на реках и учете воды на гидромелиоративных системах;
- овладеть приемами и способами получения, обработки, анализа и оценки достоверности материалов гидрометрических измерений и гидрологической информации;
- привить навыки решения практических задач по регулированию речного стока водохранилищами.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 7-06-0521-01 «Экология» по изучению дисциплины «Экологическая гидрология».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26 июля 2011 г., № 167, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Экологическая гидрология» для специальности 7-06-0521-01 «Экология». ЭУМК разработан в полном соответствии с утвержденной учебной программой по учебной дисциплине компонента учреждения высшего образования «Экологическая гидрология».

Цели УМК:

– обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;

– организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательному стандарту высшего образования специальности 7-06-0521-01 «Экология». А также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования. Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

*Структура учебно-методического комплекса по дисциплине «Экологическая гидрология»*

**Теоретический раздел** ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен курсом лекций, составленным профессором, д.г.н. Волчком А.А., ассистентом Городнюк Ю.П., Розумцом И.В. аспирантом.

**Практический раздел** ЭУМК содержит в электронном виде материалы для проведения практических и лабораторных занятий на протяжении одного семестра.

**Раздел контроля знаний** ЭУМК содержит перечень экзаменационных вопросов для итоговой аттестации.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Экологическая гидрология» и список литературы по дисциплине.

*Рекомендации по организации работы с УМК:*

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов; при подготовке к практическим и лабораторным занятиям и экзамену, студенты могут использовать конспект лекций;

- практические и лабораторные занятия проводятся с использованием представленных в УМК методических материалов;

- экзамен проводится с использованием комплекта экзаменационных билетов, составленных из вопросов, приведенных в разделе контроля знаний.

ЭУМК способствует успешному усвоению студентами учебного материала, дает возможность планировать и осуществлять самостоятельную работу студентов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствование методики проведения занятий.

## ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

### 1 Теоретический раздел

Конспект лекций по дисциплине «Экологическая гидрология»

Лекция № 1 Экологическая гидрология в системе экологических наук.

Лекция № 2 Водные ресурсы и гидрологический режим рек.

Лекция № 3 Водное хозяйство.

Лекция № 4 Нормативные основы управления качеством поверхностных вод.

Лекция № 5 Диффузное загрязнение водных экосистем.

Лекция № 6 Оценка загрязненности поверхностных вод.

Лекция № 7 Расчет экологически опасных уровней воды.

Лекция № 8 Оценка влияния хозяйственной деятельности на речной сток.

Лекция № 9 Нормативы допустимого воздействия на водный объект.

### 2 Практический раздел

Электронные методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Экологическая гидрология».

Практическая работа №1 Определение гидрографических характеристик реки, речной системы и речного бассейна. Изучение гидрометеорологических приборов.

Практическая работа №2 Приборы и методы обработки материалов измерения глубин воды.

Практическая работа №3 Приборы для измерения скоростей течения воды, их устройство, способы градуировки и применение; вычисление средней на вертикали скорости.

Практическая работа №4 Приборы для измерения расходов наносов.

Практическая работа №5 Обработка измеренных уровней воды.

Практическая работа №6 Вычисление расходов воды.

Практическая работа №7 Расчёт нормы годового стока по многолетнему ряду наблюдений. Определение нормы годового стока при недостаточности и отсутствии данных наблюдений.

Практическая работа №8 Расчет внутригодового распределения стока. Определение расчетных максимальных расходов воды. Построение расчетных гидрографов половодий и паводков.

Практическая работа №9 Расчет внутригодового распределения стока. Определение расчетных максимальных расходов воды. Построение расчетных гидрографов половодий и паводков.

Практическая работа №10 рассчитать индексы и параметры загрязнения воды по рекам.

### **3 Раздел контроля знаний**

Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Экологическая гидрология».

### **4 Вспомогательный раздел**

Учебная программа по дисциплине «Экологическая гидрология» для студентов специальности 7-06-0521-01 «Экология»

**1 Теоретический раздел**  
**Конспект лекций по дисциплине**  
**«Экологическая гидрология»**

## Лекция № 1

### Экологическая гидрология в системе экологических наук

1. Содержание курса «Экологическая гидрология», его связь с другими науками и роль в народном хозяйстве.

2. Основные этапы развития гидрологической науки.

3. Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли в целом, континентов, стран СНГ и Республики Беларусь.

#### **1. Содержание курса «Экологическая гидрология», его связь с другими науками и роль в народном хозяйстве.**

Экологическая гидрология представляет собой важную отрасль гидрологии, изучающую водные экосистемы как совокупность водной среды, водных организмов и человеческого общества. Эта дисциплина находится на стыке естественных и технических наук, что определяет её особую значимость для современного природопользования.

Связь с другими науками

Экологическая гидрология тесно взаимодействует с целым рядом научных дисциплин:

- Физико-географические науки: метеорология, климатология, геоморфология, картография
- Биологические науки: биология природных вод, гидробиология, экология
- Геологические дисциплины: геология, почвоведение, геохимия
- Фундаментальные науки: физика, химия, математика
- Технические науки: гидродинамика, гидравлика, термодинамика

Особое значение имеет связь с информатикой и современными технологиями, которые используются для обработки данных и создания баз данных. Практическое значение.

Роль экологической гидрологии в народном хозяйстве многогранна:

- Обеспечение водопотребителей информацией о количестве и качестве воды
- Решение проблем защиты населенных пунктов от наводнений
- Прогнозирование паводков и других опасных гидрологических явлений
- Разработка мероприятий по защите водных объектов от истощения
- Борьба с загрязнением водных ресурсов
- Оптимизация использования водных ресурсов в промышленности
- Обеспечение потребностей сельского хозяйства в воде
- Развитие водного транспорта
- Гидротехническое строительство

Современные задачи. В настоящее время перед экологической гидрологией стоят следующие ключевые задачи:

- Мониторинг состояния водных экосистем

- Оценка воздействия антропогенной деятельности на водные объекты
- Разработка методов очистки и восстановления водных ресурсов
- Прогнозирование изменений гидрологического режима
- Создание систем защиты от наводнений и других природных опасностей
- Оптимизация водопользования в условиях растущего дефицита воды

Экологическая гидрология является важнейшей научной дисциплиной, обеспечивающей рациональное использование и охрану водных ресурсов. Её междисциплинарный характер позволяет решать комплексные задачи природопользования, что особенно актуально в условиях растущего воздействия человека на гидросферу. Развитие этой науки напрямую связано с решением важнейших проблем современности – обеспечением водой населения и промышленности, охраной окружающей среды и устойчивым развитием общества.

## **2. Основные этапы развития гидрологической науки.**

Область знаний, отражающая взаимоотношение живых тел и различного рода их объединений с неживым и живым окружением, имеет более чем 2000-летнюю историю. Но, только в середине XIX века эта область знаний, благодаря трудам К.Ф.Рулье и Э.Геккеля, приобрела статус самостоятельной науки. В своих работах, опубликованных в 1866 и 1868 гг. Эрнст Геккель так определяет новую науку: "Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и прежде всего – его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт.

Современная гидроэкология вбирает в себя проблемы окружающей среды, использует науки о Земле, физику, химию, компьютерные науки и т.д. развивалась вместе с экологией. В истории её развития можно выделить три этапа:

**1 этап.** С древних времён – до 60-х годов 19-го века. Первые сообщения экологического характера связаны с такими центрами древней культуры, как Китай, Египет, Индия, Греция. Уже в работах древнегреческих философов Гераклита (530 – 470 гг. до н.э.), Гиппократ (460 – 356 гг. до н.э.), Аристотеля (384 – 322 гг. до н.э.), Теофраста Эрезийского (372 – 287 гг. до н.э.), Плиния Старшего (23 – 79 гг.) и других содержатся сведения экологического характера. Например, в трактате Гиппократ «О воздухе, воде и местности» содержатся сведения о влиянии условий окружающей среды на здоровье человека. Аристотель описал 500 известных ему видов животных, особенности их поведения и приспособления к условиям окружающей среды. Ученик Аристотеля Теофраст Эрезийский – “отец ботаники”, как его часто

называют, описывал особенности роста растений в разных условиях среды, зависимость их форм и особенностей их роста от грунта и климата.

В эпоху Возрождения продолжалось накопление данных о растительном и животном мире. Первые систематики Д. Цезалпин (1519 – 1603), Д. Рей (1627 – 1705), Ж. Турнефор (1556 – 1708) в своих трудах приводят сведения экологического характера, в частности, зависимость распространения растений от условий их произрастания. Т. Мальтус ещё в 1798 г. описал уравнение экспоненциального роста популяции, на основе которого строил демографические концепции.

**2 этап.** 60–е годы 19-го века – 50–е годы 20-го века. Важный этап в становлении экологии как новой области знания. Ознаменовался выходом работ русских учёных Н.А. Северцова, В.В. Докучаева, В.И. Вернадского. Неоценимый вклад в развитие науки внёс в своё время Ч. Дарвин, которые ввёл понятие «борьба за существование». Это обстоятельство следует рассматривать как взаимодействие живых организмов с биотическими и абиотическими условиями среды.

С введением практически однозначных понятий «экосистема» А. Тенсли и «биогеоценоз» В.Н. Сукачёвым стали интенсивно развиваться экологические исследования надорганизменного уровня. Это направление широко использовало количественные методы определения функций экосистем и математическое моделирование биологических процессов.

**3 этап.** 60–е годы 20-го века – до наших дней. С середины столетия экология оказывается в центре общечеловеческих проблем, наблюдается превращение экологии в комплексную междисциплинарную науку. Продолжаются исследования свойств биосферы, начатые В.И. Вернадским.

Стало ясно, что популяция – не просто «население», т. е. сумма особей на какой-то территории, а самостоятельная биологическая (экологическая) система надорганизменного уровня, обладающая определенными функциями и механизмами авторегуляции, которые поддерживают ее самостоятельность и функциональную устойчивость. Это направление наряду с интенсивным исследованием многовидовых систем занимает важное место в современной классической экологии. Выдающимися представителями классической экологии этого периода являются Ю. Одум, Н.Ф. Реймерс, Н.П. И.А. Наумов, С.С. Шварц. Постепенно раскрывается роль многовидовых совокупностей живых организмов в осуществлении биогенного круговорота веществ и поддержании жизни на Земле.

### **3. Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли в целом, континентов, стран СНГ и Республики Беларусь.**

Круговорот воды (гидрологический цикл) представляет собой непрерывный процесс перемещения воды между различными компонентами географической оболочки Земли. Этот процесс является одним из важнейших для поддержания жизни на планете.

Круговорот воды в природе.

Основные этапы круговорота воды:

- Испарение воды с поверхности океанов и водоемов
- Конденсация водяного пара в атмосфере
- Образование облаков и перемещение их воздушными потоками
- Выпадение осадков на поверхность Земли
- Сток воды по поверхности и в толще земной коры
- Возвращение воды в Мировой океан

Водные ресурсы – это пресные и слегка солоноватые воды суши, доступные для использования. Они распределены по территории планеты крайне неравномерно, что обусловлено различными географическими, климатическими и геологическими условиями регионов.

Страны СНГ обладают одними из крупнейших водных ресурсов в мире, занимая второе место после Бразилии по объему среднегодового речного стока. Общий объем стока составляет около 4,7 тыс. км<sup>3</sup> в год.

Водные ресурсы Республики Беларусь.

Ресурсы поверхностных вод Беларуси оцениваются в 58 км<sup>3</sup> в год. Большая часть речного стока формируется внутри страны.

Основные характеристики:

- Местный сток составляет 36,4 км<sup>3</sup> в год
- Приток воды с территории соседних государств – 21,6 км<sup>3</sup> (36%)
- Удельная обеспеченность стоком – 279,4 тыс. м<sup>3</sup> в год на 1 км<sup>2</sup>

Водная система Беларуси

Речная сеть страны включает:

- 20,8 тысяч рек и ручьев
- Общая протяженность водотоков – 90,6 тыс. км
- Крупнейшие реки: Западная Двина, Неман, Виляя, Днепр,

Березина, Сож, Припять

Озероведение:

- Около 11 тысяч озер
- Наиболее богата озерами северная часть (Белорусское Поозерье)

Подземные воды:

- Разведано более 230 месторождений пресных подземных вод
- Возобновляемые ресурсы оцениваются как достаточные для

потребностей страны

Использование водных ресурсов

Основные направления использования:

- Сельское хозяйство (орошение, животноводство)
- Промышленное производство
- Жилищно-коммунальное хозяйство
- Производство энергии и охлаждения

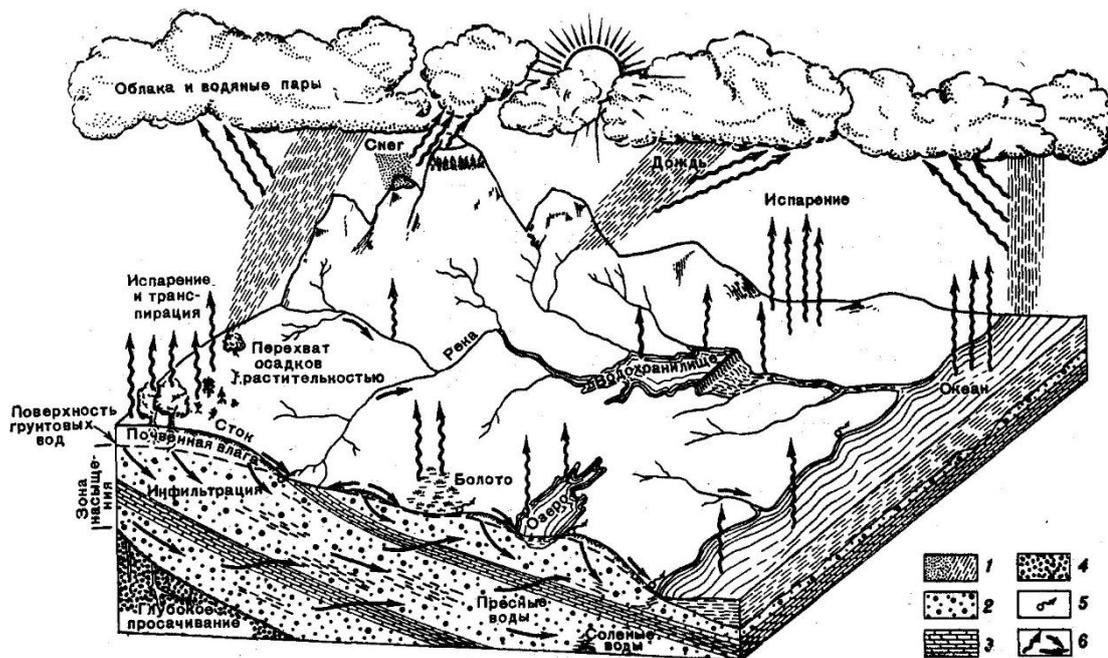
Водные ресурсы являются важнейшим природным богатством, требующим рационального использования и охраны. Несмотря на неравномерность их распределения, современные технологии позволяют эффективно использовать имеющиеся водные ресурсы для удовлетворения потребностей населения и экономики.

Воды земного шара находятся в постоянном взаимодействии и в процессе круговорота связаны воедино. Под влиянием солнечной радиации с поверхности океанов, морей, рек, озер, ледников, снежного покрова и льда, почвы и растительности происходит испарение воды. Испарение с поверхности океанов и морей – основной источник поступления влаги в атмосферу. Большая часть этой влаги выпадает в виде атмосферных осадков непосредственно на поверхность океанов и морей, совершая так называемый малый круговорот. Меньшая ее доля участвует в большом круговороте, вступая в сложные взаимодействия с земной поверхностью. Большой круговорот включает в себя ряд местных влагооборотов и представляет собой многообразный процесс перемещения, расходования и возобновления влаги на земной поверхности, в недрах земли и в атмосфере. Атмосферные осадки, орошая поверхность материков, частично просачиваются в почву, частично стекают по склонам и образуют ручьи, реки, озера, болота. Поглощенная почвой вода частью испаряется непосредственно или транспирируется растениями, частью просачивается вглубь и формирует подземные воды. Последние участвуют в питании рек, озер или достигают моря подземными путями.

Влага, поступившая в атмосферу в результате испарения с поверхности суши и ее водоемов, дополняет то количество ее, которое поступает с океана. Воздушными течениями она переносится вглубь материка и, выпадая в виде дождя и снега, орошает территории, более или менее удаленные от океана. Выпавшие осадки вновь испаряются, просачиваются, стекают по земной поверхности. Сток воды рек, впадающих в океан, завершает большой круговорот воды на земном шаре. Упрощенная схема представлена на рис. 1.1. В действительности явление круговорота значительно сложнее.

Круговорот воды состоит из нескольких звеньев, главные из которых атмосферное, океаническое, материковое. В атмосферном звене происходит перенос влаги в процессе атмосферной циркуляции и образование атмосферных осадков. Единовременный запас влаги в атмосфере невелик, всего 14 тыс. км<sup>3</sup>, но при постоянном возобновлении этой влаги в процессе испарения с поверхности Земли объем осадков, выпадающих на эту поверхность, равен 525 тыс. км<sup>3</sup>. Таким образом, в среднем каждые 10 суток влага атмосферы возобновляется.

Для океанического звена круговорота характерно непрерывное восстановление запасов влаги в атмосфере путем испарения. С поверхности океанов в атмосферу поступает 86,0 % общего количества испарившейся влаги на земном шаре.



**Рис. 1.1** Схема круговорота воды (по М.И. Львовичу).

1 – осадки, 2 – водопроницаемые породы, 3 – слабопроницаемые породы, 4 – непроницаемые породы, 5 – источник, 6 – направление движения воды и водяных паров

Материковое звено по активности участия его вод в круговороте отличается большим разнообразием. В этом звене М. И. Львович в свою очередь выделяет почвенное, литогенное, речное, озерное, ледниковое и биологическое звенья.

Почва осуществляет обмен влагой как с атмосферой, реками и озерами, так и с недрами земли – литогенным звеном. Обмен этот происходит путем просачивания, стекания по поверхности, испарения и транспирации сравнительно быстро, в пределах одного года.

Степень подвижности воды в литогенном звене неодинакова. Наиболее активно участвуют в общем круговороте воды подземные воды, залегающие вблизи земной поверхности до уровня дренирования их речной сетью и питающие реки. Продолжительность их обмена – от месяца до нескольких лет. С удалением от земной поверхности, на больших глубинах, подземные воды становятся менее подвижны.

Реки возвращают в океан воды, которые поступили в процессе круговорота на сушу. Обмен воды, содержащейся в руслах рек, происходит весьма быстро: в среднем, по данным разных авторов, за 12–25 суток. Но если к объему русловых вод прибавить объем проточных озер, то активность водообмена значительно уменьшится и его продолжительность возрастет до трех лет.

В ледниках как бы законсервированы большие массы воды в виде льда. Движение льда медленное, поэтому продолжительность обмена воды (льда) в ледниках колеблется, по разным данным, от 8300 до 15 000 лет.

Анализ активности водообмена раскрывает весьма интересную и важную черту ресурсов пресных вод – их относительно быстрое возобновление.

Таким образом, круговорот воды в природе, совершающийся под влиянием солнечного тепла и силы тяжести, объединяет несколько геофизических процессов, происходящих в его звеньях, – это испарение, перенос влаги в атмосфере, ее конденсация и выпадение осадков, просачивание их в почву и горные породы, сток поверхностных и подземных вод.

Особую роль в круговороте воды занимают биологические процессы – транспирация и фотосинтез. В среднем расход воды на транспирацию приблизительно равен 30 000 км<sup>3</sup> в год (по Львовичу). Эта величина превышает 40 % суммарного испарения со всей суши и составляет 7 % испарения с поверхности земного шара, включая океан.

Воды, стекающие по земной поверхности, не все попадают в океаны и моря. Ниспадающие к океанам покатости, сток с которых направлен в океан, называются сточными или периферийными областями стока. Замкнутые пространства, не имеющие связи с океанами, сток с которых не достигает океана, называются областями внутреннего стока или бессточными (по отношению к океану). Воды этих областей расходуются на испарение либо по пути стока, либо с поверхности конечных замкнутых водоемов, куда они стекают. Области внутреннего стока обмениваются влагой с периферийными областями только путем переноса ее воздушными течениями в атмосфере или в незначительной мере подземными путями.

Общая площадь периферийных областей земного шара составляет 117 млн. км<sup>2</sup> и почти в 4 раза превосходит площадь областей внутреннего стока, равную 32 млн. км<sup>2</sup>. Большая периферийная область в нашей стране – ниспадающая к Арктическим морям, с которой собирают свои воды реки Сибири: Обь, Енисей, Лена, Яна, Индигирка, Колыма и др. Огромные периферийные области направлены к Атлантическому океану, с них стекают большие реки мира: Амазонка, Миссисипи, Нигер, Конго, и многие реки Европы: Нева, Западная Двина, Висла, Одра, Эльба, Рейн, Луара и др.

Большая область внутреннего стока – Арало-Каспийская. К ней принадлежат бассейны рек Волги, Урала, Куры, Сырдарьи, Амударьи и др. К бессточным же областям относятся пустыни Сахара, Аравийская и Центрально-Австралийская.

*Естественные циклы основных биогенных веществ.* Для обеспечения жизнедеятельности растений и животных требуются различные химические элементы, но только некоторые из них имеют преобладающее значение. Основа жизни – белки, углеводы и жиры складываются из шести основных элементов: водорода, углерода, азота, кислорода, фосфора и серы. Кроме фосфора они все образуют растворимые и летучие соединения и таким образом участвуют в повторном цикле воды.

В процессе фотосинтеза зеленые растения и водоросли на свету выделяют кислород, причем не из углекислого газа, как это считалось раньше, а из воды.

В первичной атмосфере Земли было мало или совсем не было кислорода, поэтому первые организмы были анаэробными. Накопление кислорода началось в докембрии. Сейчас запасы свободного кислорода оцениваются приблизительно в  $1,6 \cdot 10^{15}$  т.

Кислород является самым распространенным элементом на Земле. В гидросфере его содержится 85,82 % по массе, в литосфере 47 %, в атмосфере 23,15 %. Кислород стоит на первом месте по числу образуемых им минералов (1364). Среди них преобладают силикаты, кварц, окислы железа, карбонаты и сульфаты. В живых организмах содержится в среднем около 70 % кислорода. Он входит в состав большинства органических соединений (белков, жиров, углеводов и т.д.) и в состав органических соединений скелета.

Свободный кислород играет большую роль в биохимических и физиологических процессах, особенно в аэробном дыхании.

В области свободного кислорода формируются резко окислительные условия, в отличие от сред, в которых кислород отсутствует (в магме, глубоких горизонтах подземных вод, илах морей и озер, в болотах), где образуется восстановительная обстановка.

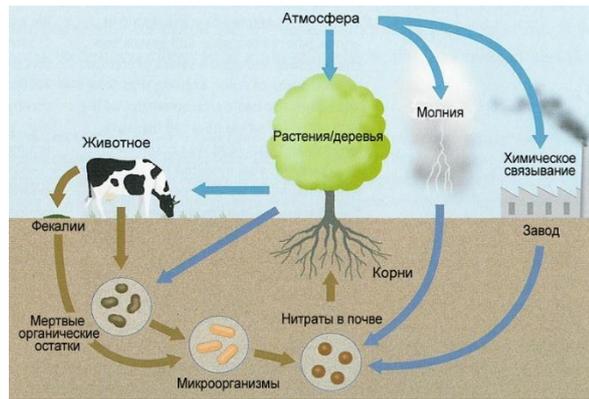
Огромное значение для атмосферы имеет также двуокись углерода. Его содержание в атмосфере до промышленной революции, в 1800 г составляло 0,029 %, а в настоящее время ее содержание превысило 0,033 %. В океане этого газа растворено в 50 раз больше.

Углерод в больших количествах содержится в земной коре, прежде всего в карбонатных породах –  $9,6 \cdot 10^{15}$  т и горючих ископаемых (угли, нефть, сланцы, битумы, газы, торф). Разведанные запасы горючих ископаемых по углероду оцениваются в  $10^{13}$  т.

Синтезированные растениями углеводы (глюкоза, сахароза, крахмал и другие) являются главным источником энергии для большинства гетеротрофных организмов.

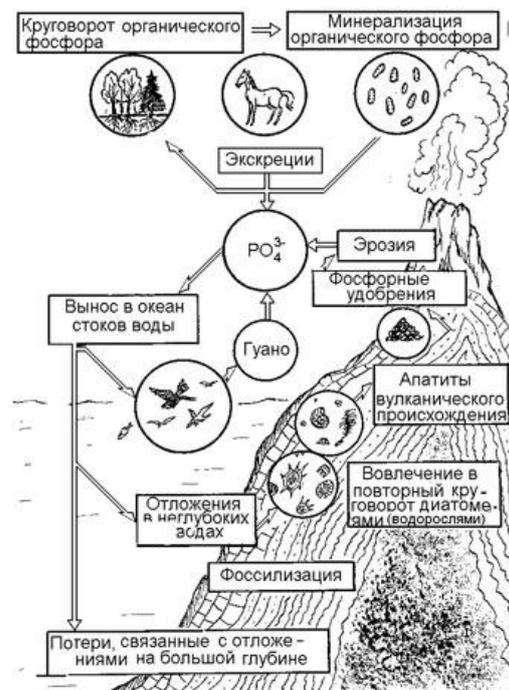
Воздух по объему почти на 80 % состоит из молекулярного азота  $N_2$  и представляет собой крупнейший резервуар этого элемента. Естественный цикл азота является более сложным, чем углерода. Большинство биологических форм не могут усваивать газообразный азот. Поэтому сначала происходит фиксация азота – превращение  $N_2$  в неорганические и органические соединения, которые происходят как физико-химическим, так и биологическим путем. Основными фиксаторами азота являются бактерии, грибки и водоросли (прежде всего синезеленые).

В процессе цикла продуцент – консумент – редуцент нитраты становятся составной частью белков, нуклеиновых кислот и других компонентов. Погибшие организмы являются объектом деятельности редуцентов – бактерий и грибов, при этом они азот превращают в аммиак. И далее в нитрит и обратно газообразный азот (рис 1.2).



**Рис. 1.2** Круговорот азота

Фосфор, необходимый животным и растениям для построения белков протоплазмы, поступает в круговорот за счет эрозии фосфатных пород и гуано, минерализации продуктов жизнедеятельности и органических остатков. Фосфаты потребляются растениями. Не образующий летучих соединений фосфор имеет тенденцию накапливаться в море. Вынос фосфора из моря на сушу осуществляется в основном с рыбой и с пометом морских птиц (рис 1.3).



**Рис. 1.3** Круговорот фосфора (по П. Дювиньо и М. Тангу)

Сера относится к весьма распространенным химическим элементам, которые встречаются в свободном состоянии – самородная сера и в виде соединений – сульфидов, полисульфидов и сульфатов. Известно более 150 минералов серы, среди которых доминируют сульфаты. В природе широко распространены процессы окисления сульфидов до сульфатов, которые обратно восстанавливаются до  $H_2S$  и сульфидов. Эти реакции происходят при активном участии микроорганизмов, прежде всего десульферирующих бактерий и серобактерий.

В виде органических и неорганических соединений сера постоянно присутствует во всех живых организмах и является важным биогенным элементом, она входит в состав широко распространенных соединений: аминокислот, коферментов, витаминов.

Организмы в основном состоят из вышеперечисленных элементов, однако они не смогут жить, если не будут содержать в достаточных количествах некоторые катионы: калий, кальций, магний и натрий, которые относятся к группе макроэлементов, потому что их содержание выражается в сотых долях сухого вещества. Некоторые вещества нужны организмам в очень маленьких количествах, к ним, например, относятся железо, бор, цинк, медь, марганец, молибден и анион хлора. Микроэлементы выражаются в миллионных долях сухого вещества. В пищевую цепь они поступают в основном через круговорот воды. Они обладают высокой биологической активностью и участвуют во всех процессах жизнедеятельности: белковом, жировом, углеводном, витаминном, минеральном обмене, газо- и теплообмене, тканевой проницаемости, клеточном делении, образовании костного скелета, кроветворении, росте, размножении, иммунобиологических реакциях.

*Циклы некоторых токсичных элементов.* Второстепенные для живых организмов химические элементы, также как и жизненно важные, мигрируют между организмами и средой. В естественных экологических системах они содержатся в таких концентрациях и формах, что не оказывают отрицательного влияния на организмы. В настоящее время стала весьма острой проблема токсичных веществ.

Ртуть, также как и другие тяжелые металлы, почти не влиял на организмы до наступления индустриальной эры, потому что ее концентрации в природе были невелики, а она сама химически малоподвижна. Разработка месторождений и промышленное использование ртути (в электротехническом оборудовании, термометрах, красках и фунгицидах) увеличили ее поток в экосистемы. Чистый элемент не токсичен. Превращение в токсичные органические соединения ртути, такие как метилртуть и этилртуть, происходит благодаря бактериям, присутствующим в детритах и осадках. Эти соединения легко растворимы, подвижны и очень ядовиты. Химической основой агрессивного действия ртути является ее сродство с серой, в частности с сероводородной группой в белках. Эти молекулы связываются с хромосомами и клетками головного мозга. Рыбы и моллюски могут накапливать их до концентраций опасных для человека, употребляющего их в пищу, вызывая болезнь Минамата.

Кадмий представляет собой один из самых опасных токсикантов среды, он значительно токсичнее свинца. В последние 30–40 лет он находит все большее техническое применение. Его попадание в пищевые цепи связано с его промышленными выбросами в воздух и воду. Кадмий имеет свойство накапливаться в организмах животных и растений. Отравление кадмием

получило название кадмиоз или Болезнь Итай-итай (в переводе с японского «больно»).

Стронций-90 и цезий-137 – продукты деления атома, имеющие большой период полураспада. Эти ранее малоизученные элементы теперь являются объектами пристального внимания в связи с их большой опасностью для человека и животных. Они попадают в окружающую среду при производстве и использовании различных источников ядерной энергии. Эти вещества активно циркулируют по пищевым цепям и накапливаются в тканях животных и растений. Это связано с тем, что стронций по свойствам похож на кальций, а цезий – на калий. Стронций может оказывать также канцерогенное действие.

Дихлордифенилтрихлорэтан или просто ДДТ– пестицид (пестис – зараза, циде – убиваю, лат.), использовавшийся, а местами используемый до сих пор в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми. В свое время его открытие было отмечено Нобелевской премией. Он малорастворим и никогда не поступает в верхние слои атмосферы и при этом встречается повсюду. Его обнаруживают в тканях пингвинов Антарктиды. Он в основном мигрирует по пищевым цепям, при этом в конце пищевого цикла его концентрация может увеличиться в 1000 раз. Сейчас его использование запрещено.

Диоксины – это группа веществ, в которую входят сотни видов хлор-, бром- и хлорброморганических циклических эфиров. Диоксины образуются во многих технологических процессах различных производств, включая сжигание отходов, биологическую очистку сточной воды и сгорание топлива в двигателях. Эти вещества превосходят по своей токсичности соединения тяжелых металлов.

## Лекция № 2

### Водные ресурсы и гидрологический режим рек.

1. Значение водных ресурсов. Виды водных ресурсов
2. Понятие «водные ресурсы», их использование и охрана.
  - 2.1. Использование воды в мире.
  - 2.2. Использование воды в РБ.
  - 2.3 Охрана и защита водных ресурсов.

#### 1. Значение водных ресурсов. Виды водных ресурсов

К водным ресурсам относятся все виды воды, исключая воду, физически и химически связанную с горными породами и биосферой. Они делятся на две различные группы, состоящие из стационарных запасов воды и возобновимых запасов, участвующих в процессе круговорота воды и оцениваемых балансовым методом. Для практических нужд необходимы в основном пресные воды.

Распределение и потребление воды по территории Земли и отдельным регионам неравномерно (табл. 2.1.1).

Водные ресурсы не всегда соответствуют требованиям хозяйства. Это относится к качеству воды, устойчивости водных ресурсов во времени и распределению по территории. Наиболее высокие требования к качеству водных ресурсов предъявляются при использовании их в рыбозаведении и для питьевого водоснабжения.

Для использования речного стока в связи с его неравномерным территориальным и временным распределением необходимо регулирование стока, что достигается путем создания водохранилищ и переброской стока.

Первые стандарты качества питьевой воды были утверждены в СССР и в США в 1937 г. Советский стандарт включал 30 обязательных показателей. Всемирная организация здравоохранения рекомендует учитывать более 100 показателей качества питьевой воды. Полномасштабный контроль качества воды требует значительных вложений, направленных на организацию соответствующих служб, создание приборов, разработку систем очистки.

**Таблица 2.1.1** Распределение воды и ее потребление по континентам (общее/безвозвратное) [по Глухову В.В., 1999]

Континент	Среднегодовой сток рек	Водопотребление,			
		км <sup>3</sup> /год		% к стоку	
		1970	2000	1970	2000
Европа	3210	320/100	730/240	10/3,1	23/7,5
Азия	14410	1500/1130	3200/2000	10,4/7,6	22,7/13,9
Африка	4570	130/100	380/250	2,8/2,2	8,3/5,5
Северная Америка	8200	540/160	1300/280	6,6/2,0	15,8/3,4
Южная Америка	11760	70/50	300/130	0,6/0,4	2,5/2,1
Австралия и Океания	2390	23/12	60/30	1,0/0,5	2,5/2,1

Весь мир	46540	2583/1552	5970/5930	5,8/3,4	13/6,7
----------	-------	-----------	-----------	---------	--------

Особенностью природных водоемов является их способность к самоочищению за счет осаждения примесей, деятельности водных растений, разложения веществ в воде, кругооборота воды.

На территории бывшего СССР около 2870 тыс. рек и других естественных водотоков длиной больше 0,5 км формируют сток, среднемноголетний объем которого составляет более 4 тыс. км<sup>3</sup> в год.

По величине формируемого стока территория СНГ естественным образом делилась на регионы, принадлежащие к водосборным бассейнам трех океанов или их частям. Наибольший речной сток формируется на западном, северном и восточном склонах территории бывшего СССР, а также в бассейнах Балтийского моря и Тихого океана. Особенно низкий сток характерен для бессточной области Казахстана и Средней Азии.

Распределение речного стока по территории Беларуси и сопредельных государств очень неравномерно, о чем свидетельствует табл. 2.1.2. В ней приведены данные о местном речном стоке, формируемом на территории какой-либо республики или СССР в целом, и общем стоке рек, представляющем сумму местного и поступающего извне речного стока.

**Таблица 2.1.2** Ресурсы речного стока Беларуси и сопредельных стран

Республика	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Речной сток, км <sup>3</sup> /год	
		Местный	Общий
Россия	17075,4	4043	4270
Украина	603,7	52,4	209,8'
Беларусь	207,6	34,1	55,8
Латвия	64,5	15,2	31,9
Литва	65,2	12,8	23,2
Эстония	45,1	10,9	15,6
Бывший СССР в целом	22403,2	4414	4740

Значительная доля общего речного стока приходится на приток речных вод извне (транзитный сток). Это объективно создает трудности в управлении располагаемыми водными ресурсами рек, которые иногда довольно трудно использовать. Например, около 73 % общих ресурсов речного стока на Украине – это сток р. Дунай.

Наибольший речной сток формируется в Грузии, величина слоя стока достигает 765 мм. Хорошо обеспечены собственным речным стоком Армения, Киргизия, Прибалтийские республики, Россия и Таджикистан. Небольшими ресурсами поверхностных вод располагают Молдавия и Узбекистан, а наименьшими – Туркмения, где удельная величина речного стока составляет лишь 2,3 мм.

Республика Беларусь относительно небогата водными ресурсами. Это обусловлено рядом объективных и других факторов, которые показывают реальную ситуацию с проблемами обеспечения и использования поверхностных и подземных вод республики.

Виды водных ресурсов:

1. Гидросфера: Мировой океан, континентальные и подземные воды, ледники.
2. Газообразное состояние атмосферы.
3. Подземные воды.
4. Влага в растениях и животных организмах.
5. Искусственные водоёмы.
6. Ледники и снежные вершины горной местности.
7. Воды поверхностного типа.

Чтобы правильно оценить реальные запасы водных ресурсов необходимо учитывать следующие аспекты, которые возникают при их использовании и которые в разной степени ограничивают их использование в хозяйстве:

- Неравномерность размещения ресурсов по территории республики;
- Их изменение на протяжении года и по отдельным годам;
- Необходимость в воде в связи с развитием хозяйства;
- Загрязнение воды сточными водами;
- Загрязнение верхних горизонтов подземных и грунтовых вод, которые используются для обеспечения сельского и городского населения питьевой водой;
- Загрязнение воды радионуклидами после аварии на ЧАЭС, нитратами и нитритами.

**Таблица 2.1.3** Удельные ресурсы речного стока

Республика	Население, тыс. чел (1987 г.)	Речной сток, мм		Обеспеченность одного жителя речным стоком в средний по водности год, тыс. м <sup>3</sup>	
		местный	общий	местного формирования	общим
Россия	145311	236	250	29,2	29,4
Украина	51201	86,8	348	1,02	4,10
Беларусь	10078	164	269	3,38	5,54
Латвия	2647	239	495	5,74	12,1
Литва	3641	196	356	3,52	6,37
Эстония	1556	242	346	7,01	10,0
Грузия	5266	765	878	10,1	11,6
СССР	281700	198	212	15,7	16,8

По степени водообеспеченности страны Европейской части СНГ разделены на 3 зоны: высокой, средней и низкой обеспеченности.

Зона высокой обеспеченности занимает около половины территории, в которой наблюдаются излишки воды, что приводит к образованию болот и заболоченных земель.

Зона средней обеспеченности отличается достаточным количеством водных ресурсов для нужд хозяйства (Центральная Россия, Урал).

Зона низкой, или недостаточной водообеспеченности включает юг Украины, Крым, Донбасс, Заволжье и т. д., где водные ресурсы составляют несколько процентов от всех запасов, а для обеспечения водой необходима переброска воды из других речных бассейнов.

Территория республики Беларусь относится ко второй зоне. По данным ГВК преобладают самые малые и малые реки (табл. 2.1.4.)

**Таблица 2.1.4** Число рек Беларуси и их длина

Градации	Интервалы длины, км	Число рек	Общая длина, км	% от общей длины речной сети
Самые малые	Менее 25	20 403	65 966	72
Малые	26 – 100	329	14 554	16
Средние	101 – 500	41	6 702	8
Большие	Более 501	7	3 409	4
Всего		20 780	90 631	100

Однако, значительная часть воды находится в водоемах замедленного водообмена, круговорот ресурсов которых происходит за длительный период (табл. 2.1.5.).

**Таблица 2.1.5** Объемы воды и площадь водной поверхности водотоков и водоемов Беларуси

Водные объекты	Объем воды		Площадь поверхности	
	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%
Реки	3,08	29,7	1 028	26,6
Озера	6,00	50,0	2 000	50,2
Водохранилища	2,43	20,0	606	16,2
Пруды	0,38	0,3	301	8,0
Всего	11,89	100	3 935	100

## 2. Понятие «водные ресурсы», их использование и охрана.

Ресурсы пресных вод Земли формируются в процессе глобального круговорота воды, который является опреснителем вод и способствует их непрерывному возобновлению. При кажущемся обилии воды на планете пресная вода составляет всего 3 % от общих запасов, причем <sup>3</sup>/<sub>4</sub> пресной воды составляют льды Арктики и Антарктиды. Пятуую часть составляют подземные воды. Лишь 1 % циркулирует в реках и озерах.

Общее потребление пресных вод из года в год возрастает во всех регионах мира. Если в начале нашего столетия человечество потребляло 400 км<sup>3</sup> воды в год, то ныне нам ежегодно необходимо уже около 4000 км<sup>3</sup>, т.е. около 10 % объема мирового речного стока.

По регионам мира использование водных ресурсов сильно варьирует. Указанный процент отражает отношение количества воды, используемой на

хозяйственные нужды, к запасам местных водных ресурсов.

В результате постоянно растущего водопотребления происходит истощение ресурсов пресных вод за счет загрязнения источников пресных вод, безвозвратного расходования воды. Необходимо рассмотреть основные виды мирового водопотребления и его экологические последствия.

Орошение являлось основой жизни в Древнем Египте, Месопотамии, Индии, Китае. Орошаемое земледелие как в древности, так и теперь является главным водопотребителем.

Со второй половины нынешнего столетия начался качественно новый этап в развитии орошения, характеризующийся существенным ростом орошаемых площадей, расширением их географии. В результате в настоящее время практически нет стран, где бы ни применялось орошение.

Наибольшей орошаемой площадью располагает Азия. Здесь практически во всех странах используется орошение. На юге и востоке континента сосредоточены основные массивы орошаемых земель, большая часть которых используется для выращивания риса.

Другим видом водопотребления является коммунально-бытовое водопотребление. Этот вид расходования водных ресурсов связан с потреблением воды населением городов и сельской местности. При этом особые требования предъявляются к качеству воды.

В настоящее время суммарный объем потребляемой населением воды превысил  $250 \text{ км}^3$  в год. Но лишь 4 % населения земного шара пользуются водой в достаточном количестве,\* т.е. около 300–400 л/сутки на человека (из которых 10 % доброкачественная питьевая вода), а для  $\frac{2}{3}$  населения, сосредоточенных главным образом в Африке и Азии, удельное потребление воды в 10 раз меньше.

По данным международной конференции в Рио-де-Жанейро (1992 г.), в развивающихся странах каждый третий житель страдает от недостатка питьевой воды. 80 % всех болезней и  $\frac{1}{3}$  всех смертных случаев в них вызваны потреблением загрязненной воды. Поэтому важной проблемой становится обеспечение всех жителей планеты доброкачественной питьевой водой за счет рационального ее использования. Весьма показателен такой пример. По оценкам американских экспертов, в США в среднем потери питьевой воды, связанные с ее утечкой из водопроводов, составляют около 120 л в сутки на человека. Эта величина соответствует суммарному среднесуточному потреблению воды одного жителя Индии и Китая.

В настоящее время на нужды промышленности и энергетики расходуется  $760 \text{ км}^3$  воды, что уступает только орошению. Суммарные оценки современного и будущего расходования воды в промышленности и энергетике представлены в таблице 2.2.1.

**Таблица 2.2.1.** Использование воды в промышленности и энергетике, км<sup>3</sup>/год (по И.Р. Голубеву)

Регионы	Современное состояние			Прогноз на начало XXI в.		
	Водозабор	Безвозвратный расход	Сточные воды	Водозабор	Безвозвратный расход	Сточные воды
Европа	193	19	174	<b>200–210</b>	<b>30–37</b>	<b>160–175</b>
Азия	118	30	88	<b>320–340</b>	<b>65–70</b>	<b>215–270</b>
Африка	6,5	2	4,5	<b>30–35</b>	<b>5–10</b>	<b>25</b>
Северная Америка	294	29	265	<b>363–370</b>	<b>50–60</b>	<b>310</b>
Южная Америка	30	6	24	<b>100–110</b>	<b>20–25</b>	<b>60–87</b>
Австралия	1,5	0,1	1,5	<b>3,0–4</b>	<b>1</b>	<b>2–3,0</b>
Бывший СССР	117	11,9	105	<b>140–150</b>	<b>20–27</b>	<b>120–130</b>

Объемы потребления воды в промышленности весьма различаются по отраслям. Так, на производство 1 т хлопчатобумажных тканей расходуется 250 м<sup>3</sup> воды, а для выпуска 1 т синтетического волокна – 2500 – 5000 м<sup>3</sup> воды. Очень много воды расходуется в производстве цветных металлов: выплавка 1 т никеля требует 4000 м<sup>3</sup> воды. Наибольшее количество воды расходуется в промышленности США – 260 км<sup>3</sup>/год, что составляет почти треть суммарного мирового расходования. По прогнозам ученых, к концу XX в. водозабор в странах Азии, Африки, Латинской Америки возрастет в 3–5 раз, а в экономически развитых странах – лишь на 10–25 %, поскольку их водные ресурсы истощены как количественно, так и качественно.

Всего на земном шаре к настоящему времени сооружено свыше 30 тыс. водохранилищ, суммарный объем которых составляет около 6 тыс. км<sup>3</sup>. Общая площадь водохранилищ мира составляет 400 тыс. км<sup>2</sup>, что соответствует территориям таких государств, как, например, Норвегия, Марокко, Парагвай.

С поверхности водохранилищ испаряется значительное количество воды – до 240 км<sup>3</sup>. Для Африканского континента в целом этот вид расходования воды прочно удерживает второе место после орошения, превышая в 5 раз по абсолютной величине промышленное водопотребление.

Суммарное использование водных ресурсов превысило 3500 км<sup>3</sup>. Основное водопользование – орошаемое земледелие.

Необходимым является определение основных путей охраны водных ресурсов в процессе их использования. Главным в охране водных ресурсов должна стать борьба с причинами загрязнений, а не с их последствиями, преобладающая ныне. Именно такой подход предусматривает интересы современного и особенно будущего поколения.

Современная стратегия охраны вод, ориентированная на нейтрализацию сточных вод очистными сооружениями, рано или поздно заведет мировое сообщество в тупик. Ведь, для того чтобы нейтрализовать даже хорошо очищенную сточную воду, необходимо иметь в водных объектах, куда сбрасываются стоки, чистую воду, обеспечивающую разбавление стоков как минимум в 10–12 раз. Только в этом случае естественный процесс самоочищения может справиться с доочисткой. Некоторые виды очищенных сточных вод требуют разбавления в 40–50-кратном количестве.

Вместе с тем ряд технологических мер должен служить ориентирами для рационального использования ресурсов вод всех стран мира.

В XXI веке вода стала лимитирующим фактором для существования человечества. В таблице 2.2.2. приведены данные о подушевом потреблении воды современного человека.

**Таблица 2.2.2.** Потребление воды на одного человека в мире

Вид потребления	Объем, м <sup>3</sup> сут <sup>-1</sup>
Бытовое в сельской местности	0,045
Бытовое в городах	0,460
Промышленное потребление	0,900
Производство электроэнергии	1,600
Сельскохозяйственное потребление	2,200
Итого:	5,200
В том числе: безвозвратное	1,500

## 2.2. Использование воды в РБ.

Поверхностные водные ресурсы Беларуси обеспечиваются суммарным стоком больших и средних рек и запасами воды в водоёмах. Основным источником водных ресурсов Беларуси являются крупные и средние реки. Количественная оценка водных ресурсов производится с учётом местного стока, формирующегося в пределах страны, и общего, учитывающего поступление транзитного стока из соседних стран.

Общий объём стока рек в средний по водности год составляет 57,9 км<sup>3</sup>/год, увеличиваясь в многоводные до 96 км<sup>3</sup>/год и уменьшаясь в маловодные до 29,8 км<sup>3</sup>/год. На реки бассейна Чёрного моря приходится более 55 % суммарного годового стока, бассейна Балтийского моря — почти 45 %.

Большая часть речного стока (34 км<sup>3</sup>>, или 59 %) формируется в пределах страны (местный сток), основной объём которого (73 %) образуется в водосборах Западной Двины, Нёмана, Днепра и его притоков Березины и Сожа.

Приток воды с территорий соседних государств (России и Украины) составляет 23,9 км<sup>3</sup>/год, или 41 %. Значительная часть транзитного стока поступает по Днепру (32 %), Припяти (31 %) и Западной Двине (28 %).

Поверхностными водными ресурсами (за счёт местного стока рек) в наибольшей степени обеспечена Витебская область (7,38 км<sup>3</sup>), далее Минская (6,38) и Гомельская (6,02), в наименьшей — Гродненская (4,83), Могилёвская (4,53) и Брестская (4,3 км<sup>3</sup>) области.

По величине водных ресурсов рек Беларусь занимает 4-е место в Европе после Норвегии (376 км<sup>3</sup>/год), Великобритании (152 км<sup>3</sup>/год) и Польши (85,4 км<sup>3</sup>/год).

В мировой практике для оценки водообеспеченности используются, как правило, удельные показатели объёма среднегодового речного стока, отнесённые к количеству населения.

Водообеспеченность на душу населения в Беларуси близка к средневропейской, а по сравнению с соседними странами — выше, чем в Польше и Украине, но ниже, чем в Латвии и Литве.

Обеспеченность водными ресурсами в Беларуси достигает 3 590 м<sup>3</sup> на человека в год, превышая в 2,1 раза пороговую величину 1 700 м<sup>3</sup> на человека в год, которая является маркером для отнесения той или иной страны к категории испытывающих напряжённость в отношении водных ресурсов.

За 2001–2022 гг. суммарный годовой сток рек изменялся в широком диапазоне: его наибольшие объёмы (60–73,1 км<sup>3</sup>) были выше нормы (104–127 % её величины), наименьшие (29,8–42,4 км<sup>3</sup>) — ниже (51–71 % нормы). Максимальный объём возобновляемых водных ресурсов отмечен в 2013 г. (73,1 км<sup>3</sup>), минимальный — в 2015 г. (29,8 км<sup>3</sup>). Общий сток рек страны в 2020, 2021 и 2022 гг. был меньше среднемноголетней величины (57,9 км<sup>3</sup>) и составлял 38,1, 49,8 и 53,4 км<sup>3</sup> соответственно.

Распределение стока рек в течение года весьма неравномерно. За 3 весенних месяца по рекам западной и центральной части страны, в бассейнах Нёмана, Вилии и Березины, протекает в среднем 42–47 % годового стока, по остальным — до 56–62 %.

Ресурсы поверхностных вод включают также объём водной массы озёр и водохранилищ. Полный объём воды в водоёмах достигает 3,13 км<sup>3</sup>, полезный — около 1,24 км<sup>3</sup>, что составляет больше 3 % общего речного стока, формирующегося на территории страны.

Ресурсное значение имеют озёра площадью более 1 км<sup>2</sup>, общий объём воды которых составляет 6–7 км<sup>3</sup>. Наибольший объём воды заключён в озёрах бассейна Западной Двины (72 % всех запасов), в бассейне Нёмана уменьшается до 20 %, далее следуют бассейны Припяти и Днепра. Основная часть объёма озёрных вод сосредоточена в водоёмах Витебской области (3,38 км<sup>3</sup>).

Согласно данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, суммарный объём забора поверхностных и подземных вод в 2022 г. составил 1 414 млн м<sup>3</sup>. Из поверхностных водных объектов забрано 610,4 млн м<sup>3</sup> воды, из подземных источников — 803,6 млн м<sup>3</sup>.

Общий объём добычи природных вод по сравнению с 1990г. уменьшился более чем в 2 раза за счёт снижения забора воды из поверхностных водных объектов и сокращения добычи подземных вод (таблица 2.2.3.)

**Таблица 2.2.3.** Добыча воды в Беларуси в 1990–2022 гг., млн м<sup>3</sup> в год

Категория забранных вод	Год								
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Всего	2 883	2 112	1883	1773	1598	1448	1329	1425	1414
Поверхностные	1 210	1 104	801	739	721	603	529	612	610
Подземные	1 673	1008	1082	1034	877	845	799	813	803

В 2022 г. на различные нужды в сфере экономики страны использовано 1 270,5 млн м<sup>3</sup> воды. При этом в домашнем хозяйстве использовано 330 млн м<sup>3</sup>, в сельском, лесном и рыбном хозяйстве — 388,6 млн м<sup>3</sup>, в обрабатывающей промышленности — 180 млн м<sup>3</sup> воды. За период 1990–2022 гг. использование воды сократилось в 2,1 раза. При этом наибольшее снижение имело место в промышленности.

Удельное водопотребление, характеризующее количество воды, расходуемое на хозяйственно-бытовые нужды в расчёте на одного человека в сутки, является важным экологическим показателем, свидетельствующим о доступности воды для нужд населения и об эффективном её использовании.

По данным Белстата общий объём хозяйственно-питьевого водопотребления с учётом централизованного и самоводообеспечения населения в 2022 г. составил 36,3 м<sup>3</sup> воды на одного человека. За последние 20 лет (2002–2022) данный показатель уменьшился почти в 2 раза.

В поверхностные водные объекты Беларуси в 2022 г. сброшено 1 120 млн м<sup>3</sup> сточных вод (увеличение объёмов сброса в 2016–2022 связано с началом учёта в статистике поверхностных сточных вод). В целом за период 1990–2022 гг. сброс сточных вод в поверхностные водные объекты уменьшился в 1,7 раза.

Среди сброшенных сточных вод, как и ранее, количественно преобладали нормативно-очищенные воды (737 млн м<sup>3</sup>). Объём сброшенных недостаточно очищенных сточных вод составил около 2,8 млн м<sup>3</sup>. Основной объём сточных вод (более 50 %), содержащих загрязняющие вещества, формируется в секции «водоснабжение, сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений».

Основным источником загрязнения речных вод являются сточные воды, формирующиеся в областных центрах и Минске.

Основные загрязняющие вещества, сбрасываемые в составе сточных вод в поверхностные водные объекты: аммонийный азот, фосфаты, нитритный азот, органические вещества (по БПК<sub>5</sub> — биохимическому потреблению кислорода за 5 дней). Загрязнение рек страны прослеживается в основном на участках водотоков ниже городов.

### **2.3 Охрана и защита водных ресурсов.**

К задачам водного законодательства относятся: регулирование водных отношений с целью обеспечения рационального использования вод для нужд населения и народного хозяйства; охрана вод от загрязнения, засорения и истощения; предупреждение и ликвидация вредного воздействия вод;

улучшение состояния водных объектов; охрана прав предприятий, организаций, учреждений и граждан; укрепление законности в области водных отношений.

Законодательно закреплён принцип первоочередного удовлетворения хозяйственно-питьевых потребностей населения. Этот принцип означает, что промышленный, сельскохозяйственный или какой-либо другой вид эксплуатации водных объектов не должен препятствовать хозяйственно-питьевому водоснабжению населения.

Все промышленные предприятия, использующие воду, обязаны принимать меры к уменьшению ее расхода и прекращению сброса сточных вод путем совершенствования технологии производства и схем водоснабжения, развивать безводные технологические процессы, заменять водяное охлаждение воздушным, внедрять оборотное водоснабжение и другие технические приемы, исключающие сброс сточных вод. Должны быть созданы технически совершенные очистные сооружения и устройства, обеспечивающие надлежащую очистку сточных вод от загрязняющих веществ. Сброс сточных вод допускается только с разрешения органов по регулированию использования вод и охране их и при условии, что он не приведет к увеличению содержания в водном бассейне загрязняющих веществ выше установленных норм.

Значительное место уделено вопросам государственного учета и планирования потребления вод. Первоочередной задачей учета вод является установление имеющегося количества и качества, а также данных об использовании вод для нужд населения и народного хозяйства. С этой целью введена ежегодная статистическая отчетность, которая позволяет судить не только о количестве забранной из источников воды, но и об объемах затраченной на разные цели воды, а также иметь данные о количестве вредных веществ, вносимых в водоемы сточными водами.

Исходя из общих принципов охраны водных объектов в них запрещается сбрасывать:

- сточные воды, содержащие вещества или продукты трансформации веществ в воде, для которых не установлены ПДК или ориентированный допустимый уровень (ОДУ), а также вещества, для которых отсутствуют методы аналитического контроля;
- сточные воды, которые могут быть устранены путем организации бессточного производства, рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения после соответствующей очистки и обеззараживания в промышленности, городском хозяйстве и для орошения в сельском хозяйстве;
- неочищенные или недостаточно очищенные производственные, хозяйственно-бытовые сточные воды и поверхностный сток с территорий промышленных площадок и населенных мест;
- сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний; опасные в эпидемическом отношении сточные воды могут сбрасываться в

водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания.

На водных объектах, используемых преимущественно для водоснабжения населения, запрещается молевой сплав леса, а также сплав древесины в пучках и кошелях без судовой тяги.

Сброс сточных вод в водные объекты, используемые для водо- и грязелечения, а также в водные объекты, находящиеся в пределах округов санитарной охраны курортов, запрещается.

*Мероприятия по сохранению и восстановлению чистоты водоемов.* Для сохранения чистоты водоемов необходимо: обеспечивать полную очистку коммунально-бытовых и промышленных стоков; совершенствовать и изменять технологию промышленного производства; разрабатывать и внедрять маловодную и безводную технологии; широко внедрять оборотное водоснабжение, расширять повторное использование очищенных сточных вод в целях сокращения сброса в водоемы, даже прошедших очистку; применять рациональные способы и приемы использования удобрений и пестицидов; разрабатывать и осуществлять государственные планы водоохранных мероприятий в масштабах бассейнов рек и водоемов с учетом перспективного размещения производительных сил.

Общей мерой по предотвращению попадания загрязняющих веществ в открытые водоемы является *создание прибрежных водоохранных зон* с проведением лесных и гидротехнических мелиорации, а также агротехнических мероприятий.

*Лесные мелиорации* заключаются в создании защитных полос в пределах верхней и средней частей речных бассейнов, в результате чего уменьшается поверхностный сток и ослабляются процессы водной эрозии, Число и вид лесных полос определяются климатическими, топографическими, гидрологическими и гидрогеологическими условиями.

*Агротехнические мероприятия* предполагают соблюдение правильного ведения сельскохозяйственных работ. Так, на участках, подверженных эрозии, вспашку проводят поперек склонов с последующим выращиванием растений, обладающих достаточно развитой корневой системой. В прибрежной водоохранной зоне склоны должны быть изъяты из сельскохозяйственного использования и залужены. Выпас скота на крутых склонах запрещен.

*Гидротехнические мелиорации* заключаются в основном в поддержании благоприятного водно-воздушного режима почвогрунтов, препятствующего вымыванию питательных веществ из почвы. При орошении нужно не допускать больших поливных норм, приводящих или к смыву удобрений, или к подъему грунтовых вод и засолению.

К мелиоративным мероприятиям относятся также работы по предотвращению образования оврагов, оползней и обрушений берегов. Для этого проводят террасирование крутых склонов, крепление откосов и прокладку специальных дренажей и каналов. Организованное проведение

комплексных мелиоративных мероприятий позволяет существенно уменьшить загрязнение природных вод.

*Охрана болот.* Болота играют большую роль в поддержании экологического равновесия окружающей среды, установившихся природных комплексов. Они служат источником питания многих рек, регулируют весенний сток, делая менее бурными и разрушительными половодья; накопленные в них весенние и дождевые воды поддерживают уровень грунтовых вод, питающих окрестные поля и луга. Кроме того, болота являются местом обитания промысловых птиц, зверей и дают богатые урожаи ягод. По этим причинам к осушению болот надо подходить чрезвычайно осторожно, тщательно взвешивая возможные последствия.

При необходимости осушения болот с целью вовлечения в сельскохозяйственное производство новых площадей необходимо проводить комплексные мероприятия, снижающие отрицательные последствия осушения. Для этого рекомендуется оставлять часть болота нетронутой, со сложившейся экологической обстановкой. Для поддержания естественной влажности и уровня грунтовых вод вокруг охраняемой территории или с одной стороны (в зависимости от рельефа местности) надлежит устраивать инфильтрационные каналы с подачей в них воды насосными станциями. Эти заповедные участки будут служить местом гнездования птиц и обитания диких животных, источником получения ягод. Их желательно обносить лесными и кустарниковыми насаждениями, которые будут снижать силу ветра и загрязнение воздуха пересохшими частицами торфа, улучшат условия гнездования птиц и придадут территории эстетическую прелесть.

Сохранение части болот в естественном состоянии снизит отрицательную перестройку сложившихся природных процессов не только на осушаемых объектах, но и на прилегающих территориях.

*Водоохранные зоны.* На водоохраных полосах (зонах) малых рек запрещаются размещение животноводческих комплексов и ферм, летних лагерей скота, складирование навоза, отходов производства, устройство свалок мусора, складов для хранения ядохимикатов и минеральных удобрений, строительство новых и расширение действующих предприятий, стоянка, заправка топливом, мойка и ремонт автотранспортного парка, мочка льна, конопли, кож, проведение без согласования замыва пойменных озер и стариц.

Установлена следующая ширина водоохраных полос. Для ручьев и мелких речек длиной до 10 км – 15 м, для рек длиной до 50 км – 100 м, длиной до 100 км – 200 м, длиной свыше 100 км – 300 м.

*Удаление сточных вод и отходов.* Уже высокоразвитые культуры Древнего Востока, Египта и античные культуры создали системы удаления сточных вод и отходов, которые, к сожалению, исчезли вместе с исчезновением этих культур. Следствием этого в Средние века явились опустошающие эпидемии. В 1417 г. в Страсбурге от инфекций погибло около 15 тыс. человек. При этом причину болезни не могли узнать, ибо беспечно оставляли экскременты людей и животных рядом с домами на тесно

застроенных улицах или устраивали ямы для навозной жижи рядом с колодцами, откуда брали питьевую воду. Зачастую сточные воды из домов выпускали прямо на улицу через так называемые желоба. Следствием этого было не только заражение почвенных вод, но и невыносимая грязь на улицах, а также катастрофическое гигиеническое состояние городов.

## Лекция № 3 Водное хозяйство

1. Отрасли водного хозяйства.
2. Влияние различных отраслей экономики на динамику водопотребления в РБ.
3. Рыбное хозяйство. История развития водного транспорта и лесосплава в РБ.
4. Водный транспорт.
5. Борьба с наводнениями.

### **1. Отрасли водного хозяйства.**

Водное хозяйство формируется как отрасль народного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием и прогнозированием комплексного использования водных ресурсов, охраной поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения, транспортировкой их к месту потребления.

Водное хозяйство - отрасль экономики, занимающаяся разработкой вопросов водообеспечения, водоотведения, охраны водных ресурсов и борьбы с негативным воздействием вод.

Основная задача водного хозяйства - обеспечение всех отраслей и видов хозяйственной деятельности водой в необходимом количестве и соответствующего качества.

Функции водного хозяйства Функциями

ВХ являются: водообеспечение и водоотведение, охрана водных ресурсов и борьба с негативным воздействием вод.

Функция «водообеспечения» осуществляется за счет располагаемых ресурсов воды и требований разных отраслей экономики к объемам и режиму подачи воды для производства ими запланированной продукции, с учетом экологических требований, направленных на сохранение устойчивости природных водных экосистем.

Функция «борьба с негативным воздействием вод» осуществляется, чтобы предотвратить или снизить ущербы, оползневыми явлениями, затоплением и подтоплением земель, водной эрозией и т.д. В этом случае выявляются территории подверженные воздействию, проводится их районирование по степени опасности проявления сил природы, разрабатываются мероприятия по снижению ущербов.

Функция «охраны вод» необходима для снижения антропогенного воздействия на водные объекты и восстановления нарушенных водных экосистем, например в результате поступления в них неочищенных стоков.  
Пример:

- посадка водоохранных лесных насаждений;
- залужение эрозионно-опасных территорий;
- создание и обустройство зон отдыха на озерах, водохранилищах и реках;

– обустройство автостоянок в местах отдыха.

Выполнение отмеченных функций возможно на основе решения следующих задач:

- создание системы мониторинга,
- изучение водных объектов,
- определение потребностей в воде и рациональных способов ее использования,
- определение состава и количества сточных вод,
- разработка мероприятия по охране водных ресурсов,
- создание и эксплуатация водохозяйственных систем.

## **2. Влияние различных отраслей экономики на динамику водопотребления в РБ.**

Одним из важных аспектов изучения динамики водопотребления является анализ воздействия человеческой деятельности на водные ресурсы и экосистемы. Повышенное потребление воды в промышленности, сельском хозяйстве и городской среде может привести к истощению подземных вод, загрязнению водоемов и изменению гидрологического режима. Изучение этих процессов позволяет разрабатывать меры по устранению негативных последствий и обеспечению устойчивого использования водных ресурсов для будущих поколений.

Для этого нами предпринята попытка изучения влияния различных отраслей экономики на потребление воды, что позволило выявить ключевые проблемы и в дальнейшем разработать стратегии эффективного использования водных ресурсов и содействовать сохранению экологического равновесия.

Сравнительно недавно для удовлетворения потребностей в воде нужно было лишь подвести ее от источника к потребителю. Изъятия вод из источника составляли незначительную часть и не оказывали значимых изменений его режима. По мере развития экономики и благоустройства населенных мест, все чаще возможности забора воды ограничиваются объемом ресурсов вод источника и обуславливают необходимость мероприятий по увеличению имеющихся водных ресурсов. Забор воды из источников составляет несколько процентов от среднего годового стока. Однако, уже сейчас, сравнение потребности в воде с ее наличием в основных водосборах рек с трудом уязвляется в водохозяйственном балансе.

Основные причины:

- непропорциональность размещения водоемких потребителей распределению водных ресурсов по территории;
- значительные колебания стока от года к году.

Значительная часть водопотребления не поддается или не подлежит сокращению, например, испарение воды с поверхности водохранилищ, снижению норм коммунально-бытового водопотребления. Соответственно, деятельность по сокращению водопотребления должна быть направлена на

уменьшение ее затрат в коммунальном и промышленном водоснабжении; на уменьшение потерь воды в системах водоснабжения. Каждое из этих направлений требует больших материальных и трудовых затрат. Развитие оборотного водоснабжения не вызывает сомнений с точки зрения охраны природных вод от загрязнения.

Однако это ведет к увеличению потерь воды, т. к. при сохранении водозатрат в технологических циклах с внедрением водооборота ее потери на испарение и фильтрацию растут на коммуникациях и сооружениях системы оборотного водоснабжения. При этом, переход на замкнутые системы водоснабжения должен сопровождаться материальными затратами на мероприятия по утилизации отходов производства; в противном случае отходы на том или ином этапе превратятся в источники загрязнения окружающей среды. Большая часть населения территории Беларуси проживает на территориях речных бассейнов Западной Двины, Днепра, Немана. Значительные заборы воды из рек приводят к неблагоприятному изменению режима водоемов, что в свою очередь влечет за собой хозяйственные щербы и отрицательно воздействует на окружающую среду.

Развитие водопотребления сопровождается увеличением объемов отработанных вод, которые в той или иной мере попадают в водные источники. В стране проводится большая работа по сокращению количества попадающих в водные источники загрязнений. Значительные средства вкладываются в создание оборотных систем водоснабжения (без сброса сточных вод в водоемы), в разработку безотходных технологических процессов и др. Однако, если в динамике загрязнения водных источников отходами промышленности в некоторых районах и намечается перелом, то решение проблемы в целом требует еще немалых усилий и крупных капиталовложений. Помимо загрязнений водоемов удобрениями и ядохимикатами, поступающими с полей в виде дренажных вод, а также с тальными водами, обильные загрязнения приносят с собой ливневые стоки городов.

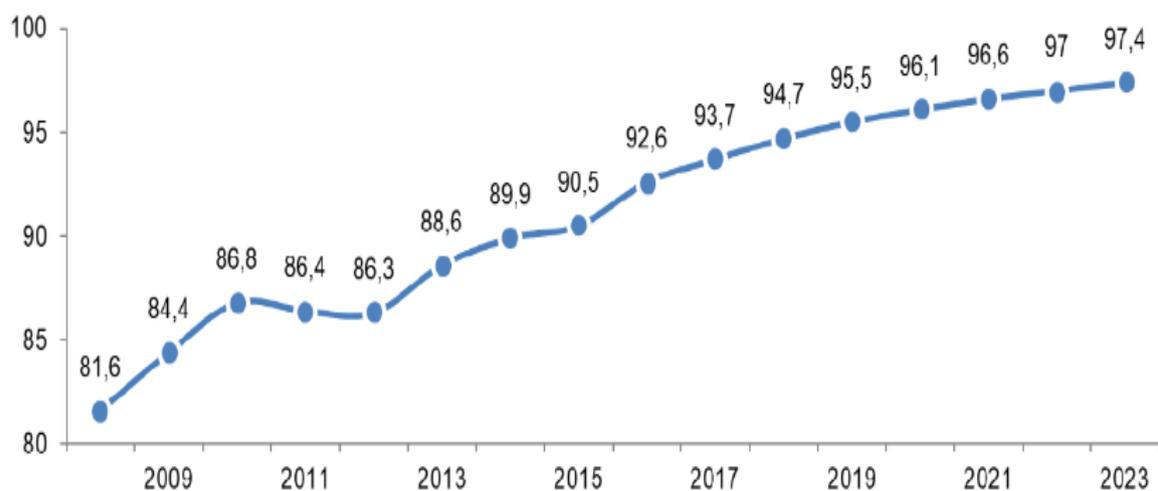
Рост некомпенсируемого изъятия воды из рек Припятского бассейна повлечет за собой сокращение лимитов воды на функционирование экосистем. Поэтому становится ясно, что одна только рационализация водопотребления в бассейнах крупных рек страны не может открывать широкие возможности для развития водоемких производств. Крайне важно определить величину допустимых изъятий воды. Необходимы исследования, направленные на выработку системы методических подходов, пригодных для различных ситуаций, где будут учитываться хозяйственные и природоохранные аспекты как в зоне намечаемого изъятия вод, так и в зоне их использования. По мере возрастания требований на воду все большее значение приобретает оптимальное управление водными ресурсами, которое включает:

- распределение водных ресурсов между отраслями хозяйства и отдельными водопотребителями;
- распределение водных ресурсов между регионами страны;

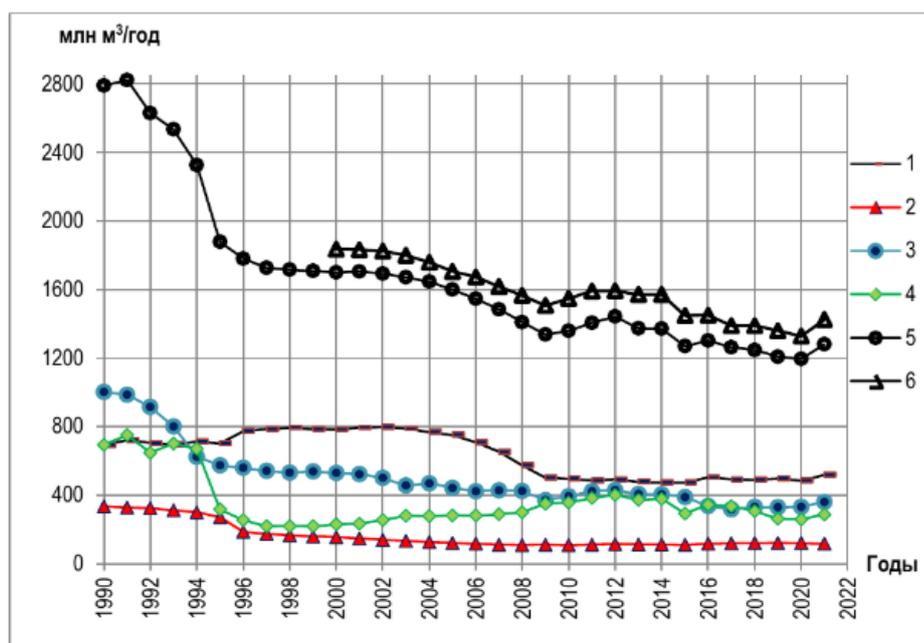
– комбинированное использование поверхностных и подземных вод с периодическим восполнением запасов подземных вод поверхностными (в периоды избытка последних).

Проблему водообеспечения страны нельзя решать без учета социальных аспектов, и, прежде всего:

- без выполнения требований питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения к качеству гарантируемых в этих целях объемов воды;
- поддержания занятости населения (с учетом естественного прироста) в отраслях, связанных с режимом водных источников (их водностью и качеством вод) или путем создания новых рабочих мест в отраслях хозяйства, функционирование которых не будет ущемляться при возможном нарушении режима природных вод и водных объектов;
- сохранения связанных с режимом водных объектов условий для отдыха, спорта, рекреаций или развития альтернативных путей удовлетворения указанных потребностей общества. Системы питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения нуждаются в дальнейшем развитии и должны отвечать современным требованиям к жилищам, а именно в малых городах и сельских населенных пунктах. Решение этой проблемы на большей части территории не вызывает затруднений.



**Рисунок 1** – Удельный вес домашних хозяйств, проживающих в квартирах (домах), оборудованных водопроводом (централизованной или нецентрализованной (локальной) системой питьевого водоснабжения), в общем числе домашних хозяйств на начало года



**Рисунок 2** – Водопотребление в Беларуси за период с 1990 по 2021 гг.  
 1 – хозяйственно-питьевое; 2 – сельскохозяйственное; 3 – промышленное; 4 – рыбо-прудовое; 5 – общее; 6 – водозабор

В промышленном секторе вода используется для различных целей, как правило, в качестве теплоносителя или охлаждающего средства, для мойки гидротранспорта продукции и сырья, для парообразования и т. д. Ведущими отраслями в Республике являются пищевая промышленность; текстильное производство, включая производство одежды; обработка древесины и производство изделий из дерева; химическое производство.

Основными потребителями воды по предприятиям являются:

- производство нефтепродуктов, химическое производство и производство резиновых и пластмассовых изделий: ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк), ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Беларуськалий», ОАО «Гродно Азот».
- металлургический комплекс: ОАО «Белорусский металлургический завод», ОАО Завод «Легмаш».
- энергетика: ОАО «Газпромтрансгаз Беларусь».
- производство продуктов питания, напитков и табачных изделий: ОАО «Савушкин продукт», СП «Санта Бремор» ООО.

Анализируя рисунок 2 за период наблюдений 1990–2021 гг., видно, что водопотребление в промышленности уменьшается. Снижение связано, прежде всего, с сокращением потребления воды на производственные нужды, переход на современные водоемкие технологии, изменение политики в области водопотребления и водопользования направленной на рациональное использование водных ресурсов, а также с разработкой технологических норм водопользования. Под нормирование попадает потребление общего количества воды, для производства единицы продукции; потребность в питьевой и технической воде; оборотной и повторной (последовательной) используемой воде; число отводимых от предприятий сточных вод.

На промышленных предприятиях значительный объем потребляемой воды приходится на системы оборотного и повторного (последовательного) водоснабжения. Обустройство таких систем водоснабжения значительно снижает объем сбрасываемых в водоем промышленных стоков и, как следствие, снижает уровень его загрязненности и, соответственно, улучшает качество воды в водных объектах.

Поэтому необходимо рационально использовать водные ресурсы и не допускать ухудшения качества поверхностных, подземных вод, являющихся приемниками сточных вод предприятий различных отраслей промышленности.

Изменение в последние годы сельскохозяйственного водоснабжения связано с ростом благоустройства сельских поселков, а также развитием сельскохозяйственного производства. Вода в данной отрасли расходуется в значительных количествах на хозяйственно-питьевые нужды населения, на животноводческих фермах, на предприятиях по первичной переработке сельскохозяйственной продукции, на приготовление жидких подкормок для пропашных культур, на охлаждение двигателей сельскохозяйственных машин и автомобилей, на полив растений в парниках и теплицах и т. д. С 1990 года прослеживается тенденция к уменьшению сельскохозяйственного водоснабжения по Республике и это обусловлено, в первую очередь, существенным сокращением орошаемых сельскохозяйственных полей, переходом на более прогрессивные дождевальные машины и устройства и т. д.

В Республике Беларусь рыбохозяйственная деятельность осуществляется по двум основным направлениям: разведение и выращивание рыбы в искусственных условиях и ведение рыболовного хозяйства в рыболовных угодьях. Что непосредственно связано с использованием водных ресурсов и предъявляет высокие требования к качественным и количественным характеристикам природных вод. Для успешного воспроизводства и нормального развития рыбы необходимы чистая вода с достаточным количеством растворенного кислорода и отсутствием вредных примесей, соответствующая температура и обеспеченность кормами. Нормативы качества воды для рыбохозяйственных объектов более строгие, чем для источников питьевого водоснабжения.

На рисунке 2 в последние годы четко прослеживается увеличение водопотребления в рыбо-прудовом хозяйстве. Так, с реализацией подпрограммы 5 «Развитие рыбохозяйственной деятельности» государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 года № 196, обеспечены сохранение рыбных запасов и устойчивое использование их ресурсов. В период 2021–2025 гг. будет продолжена реализация мероприятий Государственной программы на 2016–2020 годы, что также повлияет на изменение в рыбо-прудовом хозяйств. оценка изменения потребления воды.

### 3. Рыбное хозяйство. История развития водного транспорта и лесосплава в РБ

Рыбное хозяйство, как участник ВХК, осуществляет ведение рыболовства и освоение рыбных ресурсов на водных объектах. Может представлено двояко: как водопотребитель или как водопользователь.

**Водопотребителем** рыбное хозяйство выступает в качестве прудового рыбоводства, когда вода изымается из водного объекта для наполнения прудов, насыщения их ложа, компенсации потерь воды на испарение и фильтрацию, обеспечения требуемого водообмена, проведения санитарных промывок.

Рыбное хозяйство, развивающееся на базе естественных водоемов и водохранилищ, относится к **водопользователям**.

В условиях отсутствия доступа РБ к морским промыслам, огромное значение приобретает для РБ ведение рыбного хозяйства на внутренних водных объектах.

**Таблица 3.1.** Потенциальные ресурсы

Объекты	Области					
	Брестская	Витебская	Могилевская	Минская	Гродненская	Гомельская
Водохранилища	50	20	40	70	22	12
Озера	170	1100	130	103	78	950
Пруды	120	70	10	10	30	4
Карьеры	10			4	3	5
Пригодных площадей, км <sup>2</sup>	188	<b>913</b>	65	297	47	98

Дефицит рыбопродуктов компенсируют настоящее время, ведущие экспортеры рыбопродуктов РБ.

Причинами **малоэффективной работы** местных водных объектов по выращиванию рыбы, являются:

- выращивание монокультуры (карась, толстолобик);
- низкое качество концентрационных кормов, а также недостаточное финансирование.

В водоёмах и реках Беларуси обитает **56 видов** рыб. Из общего числа видов, отмечаемых в настоящее время, определённое промысловое значение имеют **не более 20**.

Анализ статических данных промыслового вылова из озёр, рек и водохранилищ за последние пять лет показал, что около 75% уловов приходится на три вида – плотву, леща и карася.

На долю сиговых рыб приходится не более 0,2%, угря – 1.9%, крупных хищников, это щука, сом, судак, жерех – 4.4%.

Рыбное хозяйство вступает в противоречия с другими участниками ВХК. Строительство подпорных сооружений, регулирование речного стока каскадами водохранилищ, сброс сточных вод, нарушают естественные условия воспроизводства рыбных запасов и ухудшает условия обитания рыб.

Причины нарушения естественных условий воспроизводства рыбопродуктов:

- преграждение путей миграции проходных и полупроходных рыб;

К *проходным* (осетровые, лососевые и некоторые сельдевые), большую часть жизни проводящих в море и поднимающихся вверх по рекам для размножения на сотни и тысячи километров. Это инстинкт **генетически закодирован** в их поведении.

Нарушаются также условия воспроизводства и развития *полупроходных* (судак, сазан, лещ, вобла), которые размножаются в дельтах крупных рек, откладывая икру на затопленную луговую и водную растительность.

Два вида лососевых рыб, **СЕМГА** и **КУМЖА**, совершают ежегодные миграции до 500 км из Балтийского моря в наши реки Беларуси для нереста. Лосось по Зап. Двине поднимался до верховьев, самые крупные нерестилища были на притоках рек **ВИЛИЯ**, **НЕМАН**, **ЛОСОСНА** и их обнаруживали в реке Щара.

В исторических материалах **XIII-VIV** веков есть упоминание о количестве лососей в бассейне Немана. Их было так много, что ими питались крупные сомы! Водилась ценная красная рыба в реках Беларуси до начала XX века, когда началось строительство **Каунасской ГЭС** на Немане в Литве и **Кегумской ГЭС** на Западной Двине в Латвии. Чуть позже латвийцы соорудили на реке еще две ГЭС — Плявиньскую и Рижскую, чем окончательно отрезали для рыбы путь в Беларусь. К счастью, р. Вилия, имеющая множество мелких и быстротечных ручьев, впадает в Неман ниже ГЭС. Благодаря чему, в небольшом количестве лосось пока еще входит в р. Вилию, по которой единичные экземпляры доходят до г. Вилейки. Однако и здесь ежегодно попадает в уловах лишь по несколько штук, главным образом в осенний период. Возможно, отдельные рыбы доходят до пределов Беларуси по Зап. Бугу.

- **исчезновение нерестилищ** не только проходных и полупроходных рыб, но и туводных;

Вызвано это тем, **изменяется водный режим** на участках зарегулированных рек, **снижаются пики паводков**, а в отдельные годы наблюдается полное **отсутствие разливов рек**, в устьях рек **уменьшаются зоны затопления**, а это, к сожалению, отрицательно сказывается на воспроизводстве части проходных и особенно полупроходных рыб.

При образовании водохранилищ создаются условия близкие к озёрным и прудовым, малопривлекательные для *проходных* и *полупроходных* рыб, но в свою очередь создаются благоприятные условия для *туводных* рыб (лещ, карась, щука, окунь), ведущих оседлый образ жизни.

- **ухудшение условий скатывания молоди вниз по реке,**

**Z.B.** Основной сброс воды в НБ производится через гидроагрегаты ГЭС, что поневоле приводит к гибели части молоди при прохождении гидроагрегатов. Сброс же воды через водосбросные сооружения плотины производится главным образом в период весенних и в меньшей степени осенних паводков.

Порядок использования водных объектов в РБ для промыслового лова рыбы и водных беспозвоночных, их перечень и виды ограничений определяются **СТ.56 ВК**. Так, любительский лов для личного потребления может осуществляться на всех водных объектах, кроме заповедников, рыбопитомников, прудовых хозяйствах и на водных объектах, переданных в аренду.

Рыбное хозяйство, как участник ВХК предъявляет **особые требования к качеству воды**, содержанию в ней **кислорода** (зимой **6** мг/л, летом - **4** мг/л), **солей** (повышение солёности Арала, Балхаша на 30% - снизил о рыбопродуктивность в 10 раз), **температуры** (в НБ вода не замерзает, водосбросные тёплые каналы ТЭС способствуют развитию аквариумных рыб) и содержанию водорода, **pH=7-8**.

Нормативное качество воды на водных объектах рыбного хозяйства, **установлены** применительно к двум категориям:

1. водные объекты, служащие для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям;
2. водные объекты для спортивной и любительской ловли рыбы.

Состав и свойства воды рыбохозяйственных объектов нормировано по 521 ингредиентам, и должно соответствовать нормам в контрольных створах, установленных не далее 500 м от места выпуска сточных вод.

Исторически, развитию водного транспорта, благоприятствует расположение территории РБ на водоразделах Балтийского и Чёрного морей, превращает эти земли в своеобразный узел водных путей, открывая возможность движения во всех направлениях. Этому благоприятствует и сам характер рек: отсутствие порогов, водопадов и быстрин. В тоже время большая густота речной сети (44 км на 100 км<sup>2</sup> площади) позволяет использовать реки и в качестве местных средств сообщения.

Первые достоверные сведения об использовании речных путей относятся к IV-VI векам, годам интенсивного продвижения на север и их расселение по рекам. Постепенно формировался единый путь «из варяг в греки». Отдельные его участки использовались как внутренние пути, тогда в целом он имел международное значение. Общая схема (с юга на север) выглядела так:

От Царьграда (Стамбул), суда шли вдоль западных берегов Чёрного моря к устью Днепра. Оттуда путь шёл вверх по Днепру до водораздела Днепра и Зап. Двины, где суда перетаскивались по системе волоков.

Существует мнение, что их было несколько, наиболее правдивым, считается волок из р. Сергун притока Березины через систему озёр в р. Эсса и затем в Зап. Двину.

Далее путь шёл по Зап. Двине, реке Ловать, оз. Ильмень и в Волхов - Ладожское озеро, Неву и Балтийское море.

От главного пути отходили боковые ветви на запад вверх по Березине и к Нёману, а также по Припяти вверх к рекам системы Висла (Буга). С верхнего Днепра по ряду небольших речек открывались пути на восток к Оке и Волге.

Примитивным, но особенно живучим видом сплавного устройства издавна были плоты. Однако самыми распространёнными и удобными средствами перевозки небольших грузов считались челны-однодревки. Большие суда имели уже высоту до 3,5 м и 12-18 м в длину, до 10-15 вёсел с каждой стороны. Позже применялись паруса. Грузоподъёмность судов – 200 т, команда 30-40 человек. В конце XVIII века – широко были распространены струи, деревянные плоскодонные суда с отвесными бортами и длиной 40-45 м.

В XIV-XV вв. возросло транспортное значение Зап. Двины. В Полоцке, Витебске стали устраивать ярмарки. Возросло значение Нёманского пути, в системе которого располагались Каунас и Вильнюс. К этому времени относится усиление судоходства по Бугу и Висле к городу Гданьск. По имеющимся данным в 1648-1655 гг. по Нёману и Зап. Двине ежегодно сплавлялось 30 тыс. тонн зерна. Появились новые грузы: минеральные строительные материалы (гранит, песок, гравий) и лес.

Перевозки лесных грузов росли особенно быстро. И белорусские речные пути постепенно превращались в лесосплавные. В XVI-XVII вв. на белорусских землях стали возникать лесозаготовительные и лесосплавные канторы. Речной транспорт и лесосплав в XVII-XVIII вв. способствовали развитию промышленности и городов Борисова, Пинска, Бобруйска, Верхнедвинска.

Грузооборот водных путей Белоруссии рос до середины XVIII века, т. е. до широкого железнодорожного строительства. Движение судов было очень жизненным, средняя скорость 20-40 вёрст в день, вверх 10-12 вёрст.

Но и для лесосплава возможности рек были ограничены, ***волоки становились уже помехой.*** Появились идеи строительства судоходных каналов.

На территории Беларуси имеется **ТРИ** таких канала: Днепро-Бугский (ДБК), Августовский каналы и Огинский.

Днепровско-Бугский канал должен был соединить две речные системы на юге Белоруссии: Днепр и Западный Буг, который впадает в реку Висла, в районе Варшаву, а затем па Висле в Балтийское море.

В 1655 г. на сейме (Речь Посполитая) был утверждён проект ДБК из р. Пина в р. Мухавец.

Днепровско-Бугский канал, сооружавшийся с 1755 г. В 1817 году по каналу прошел первый караван судов. По тем временам грузооборот в 3—4

судна и 1—2. плота был очень велик. В 1837—1848 гг. канал реконструировался. Для обеспечения высокой воды в канале дополнительно были сооружены еще три водоподводные канала: Белоозерский, Ореховский и Турский.

В период весеннего половодья на водоразделе вода в канале течет на **запад и восток**. Место водораздела непостоянно и меняется от устья Белоозерского до устья Ореховского каналов.

Канал *постоянно расширялся*, а его длина достигла 196 км, из них 110 км от города Кобрин до деревни Дубой (на реке Пине) выкопаны вручную.

В навигационный период необходимые уровни обеспечиваются гидротехническими сооружениями на реке Мухавец, водоразделе и реках Пина и Припять. В зимний период плотины полностью открыты и уровни близки к естественному. На канале работает 10 гидроузлов, 14 водовыпусков и 5 земляных плотин. В период навигации ими обеспечиваются глубины 1,6 м при ширине 22—28 м.

Развитие судоходства способствовало *росту Бреста*, который к 1850 году занимал первое место по грузообороту среди портов расположенных на Буге.

Канал не имеет выхода в Буг, так как в устье Мухавец создана плотина для поддержания уровня воды в канале. Канал до наших времен сохранил свое назначение и получил новую жизнь, гидросооружения которого неоднократно реконструировались, трасса канала исправлялась и обновлялась.

В период первой мировой войны канал был разрушен; до 1940 г. был не судоходным. И только перед Великой Отечественной войной он был снова восстановлен. Вторично канал восстановлен и реконструирован в **1947** г.

В июне 2014 года в Бресте состоялось заседание представителей ПОЛЬШИ, УКРАИНЫ и БЕЛАРУСИ по восстановлению водного пути. В частности, речь шла о строительстве на Припяти судоходных шлюзов, подпорных сооружений для поддержания необходимых уровней воды, а также проведении работ по увеличению габаритов в низовьях реки вблизи Мозыря. По предварительной оценке, на реализацию проекта на белорусском участке водного пути E40 потребуется около 100—150 млн евро. Основной объем работ по восстановлению водной магистрали предстоит провести в Польше. Их стоимость оценивается в 12 млрд евро. Также к этому масштабному проекту готова присоединиться Украина.

*Августовский канал* соединяет р. Нёман и р. Висла. Имеет ширину 5 м и длину 102 км, из них 22 км проходят по Гродненщине. Канал проходит от Вислы по рекам Нарев, Бебжа, Нетте, далее систему озёр, по реке Чёрная Ганга и соединяется с р. Нёман.

Строительство канала по проекту Игнатия Прондзинского началось в 1824 году и закончилось в 1835 году. Необходимость в таком водном пути объяснялась тем, что после разгрома наполеоновской Франции, Польша по Венскому конгрессу 1814-1815 годов, была разделена между Австрией, Россией и Пруссией.

Таким образом, центральная часть Польши, отошедшая к России, оказалась ограниченной от Балтийского моря, а Пруссия, владевшая северной частью, ввела непомерно большие пошлины на товары провозимые по её территории. Несмотря на то, что Пруссия вскоре пошлины отменила, Августовский канал достроили и стали использовать для сплава леса.

В городе Августово (Польша) построен порт, были проложены специальные дороги для лошадей, чтобы тянуть баржи вверх по течению. Наивысшая точка находится в районе озера Серва, отсюда в сторону Немана спад составляет 39,5 м, а в сторону Бебжа – 15 м.

Поначалу Августовский канал использовался довольно активно. Но с середины 19 века стал приходить в запустение, огромный урон каналу нанесли две мировые войны, позже «помогла» бесхозяйственность.

После войны была отреставрирована польская часть канала, от Августово до границы с Беларусью канал признан историческим памятником. Во время визита в Польшу Папа Римский Павел II почтил своим присутствием канал. Чем на долгие годы обеспечил ему большой наплыв туристов. В Европе Августовский канал пользуется огромной популярностью.

Часть канала на территории РБ никак не используется, никем не реставрируется. На этом участке расположены 4 уникальных шлюза: Немцово, Домбровка, Волкушек и Кужинец. Два последних на нейтральной полосе.

В настоящее время планируется включить Августовский канал в список наследия ЮНЕСКО, наряду с Беловежской пущей и Мирским замком.

На конец XVIII в. приходится и расцвет Огинского канала, сооруженного в 1783 г. на средства родственника композитора М. К. Огинского. Канал, длиной 47 км, соединил реку Ясельду (приток Припяти) с рекой Щарой (приток Немана). Максимальный грузооборот был достигнут в 1847—1848 гг.

Транспорт по Огинскому каналу шел в обе стороны. Вниз по течению шел лес, хлеб и другие товары; вверх по течению было «взводное» судоходство. По обе стороны канала были *бичевники* для буксировки судов на лямках вручную и на лошадях.

*Суэцкий канал* – судоходный бесплужовой морской канал на северо-востоке Египта, соединяющий Средиземное и Красное моря, кратчайший водный путь между портами Атлантического и Индийского океанов (на 8-15 тыс. км меньше пути вокруг Африки), проходит по равнине пустыне через два озера, которые пришлось углублять для обеспечения судоходных глубин. Канал был открыт для судоходства 17 ноября 1869г. (День студента), глубина 22,5м, В=200м, длина 162, 25 км, начало строительства 1859г, работало 1,5млн.чел.

*Панамский канал* — судоходный канал, соединяющий Панамский залив Тихого океана с Карибским морем и Атлантическим океаном, расположен на Панамском перешейке на территории государства Панама. Церемония закладки канала в 1880г, окончание строительства -1914 год.

Длина — **81,6 км**, имеет S-образную форму и две группы шлюзов. Со стороны Атлантического океана трёхкамерный шлюз, шириной до 32м. а со стороны Тихого океана двухкамерный шлюз. Все шлюзы канала — двухниточные, что обеспечивает возможность одновременного шлюзования, водовмещением до 130тыс.т. Разница между уровнем Мирового Океана и уровнем Панамского канала составляет 25,9 метра. Дополнительное водоснабжение обеспечивается водохранилищем — озером Алахуэла.

#### **4.Водный транспорт.**

Из современных видов транспорта РБ, водный наиболее древний. Речной флот -683 судна, из них в пригодном состоянии 497, фактический износ составляет более 60%. Скоростные пассажирские суда на подводных крыльях типа «Гомель» пассажировместимостью 53 человека, прогулочные суда пригородных линий, буксирный флот.

*Десять* речных портов РБ способны перевезти около 22 млн. тонн грузов, только три из них «Гомель, Бобруйск, Мозырь» имеют ж/д подъездные пути и приспособления для отгрузки грузов. В РБ имеется четыре судостроительных завода, протяжённость судоходных путей около 2000 км, только Днепровско-Бугский канал на 80% отвечает требованиям международного стандарта.

Правительством принята программа развития морского транспорта, предусматривающая создание 10 судов типа «река-море». Первое из них «Надежда» - уже построено на судоремонтном заводе в Гомеле и работает на перевозках калийных удобрений в Николаев, где они перегружаются на морские суда для отправки потребителям в дальние страны.

Водный транспорт наиболее эффективен при перевозке крупнотоннажных грузов (уголь, нефть, строительные материалы). Экспорт калийной соли в 38 стран мира: Бразилия – 30%; Китай – 20%. Основные направления порты Литвы, Латвии и Украины. Себестоимость перевозки на водных магистралях на 35% ниже ж/д, в 3-5 раз ниже автомобильного транспорта. Это особенно актуально для РБ, которая исторически представляла своеобразный водный узел, открывающий возможность движения во всех направлениях. Большая густота речной сети 44 км на 100 км<sup>2</sup> позволяет использовать внутренние водные пути в качестве местных средств сообщения.

В настоящее время в отрасли работает около 3 тыс. человек. *При строительстве АЭС в Гродненской области, необходимо было доставить оборудования 750 тонн. Так «ловушка» для предотвращения утечки радиации, в случае нештатной ситуации» весом 350 тонн, высотой 6м, изготавливалась на заводе АТОММАШ в Волгоградке. При доставке путешествовала по реке ДОН, далее по Азовскому и Черному морям. В Херсоне была перегружена на баржи белорусского пароходства, далее по Днепру до Березины. Здесь была устроена пристань для перегрузки крупногабаритных грузов, далее на десятиосный тягач и по автомобильным дорогам в ОСТРОВЕЦ. Осадки баржи составляла 1,75м. В одном створе, для перехода под ж/д мостом,*

баржу пришлось притопить еще на 80см, так как невозможно было транспортировать.

Основные требования водного транспорта сводятся к тому, чтобы во время навигации на водных путях поддерживались безопасность и необходимые для этого: глубина, ширина и радиус закругления. Безопасность движения обеспечивается созданием вдоль по реке определённой сигнализации и расстановкой по берегам знаков, принятых в речном транспорте.

Минимальная гарантированная глубина судоходного хода определяется из условия:

$$S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$$

где  $\Delta S_1$  – максимальная осадка судна при нулевой скорости;

$\Delta S_2$  – минимальный килевой запас под днищем судна (0,1м, для скальных 0,3м)

$\Delta S_3$  – увеличение осадки при скорости,

$$\Delta S_3 = 0,035 V_C$$

$\Delta S_4$  – запас глубины на волну ( $0,3h_B$ ).

Построенные в СССР круизные лайнеры в основном имеют осадку 2, - 3.0 м. Загруженный под завязку сухогруз может просесть и глубже.

К мероприятиям по обеспечению судоходных глубин относятся:

- руслоочищение – очистка фарватера от предметов загромождающих русло (камней, корневищ, затонувших брёвен).

- дноуглубление – увеличение глубин в пределах судового хода при помощи землечерпалки, устройство прорезей и удаление грунта;

- выправление русла путём спрямления или устройства выправительных сооружений, чтобы сузить или изменить направление потока, придать желаемую форму и глубину судовому ходу;

- шлюзование рек – основной метод улучшения судоходных условий.

Увеличение глубин по всей длине шлюзуемой реки достигается устройством ряда плотин, разбивающих реку на отдельные бьефы, сопрягающиеся между собой судоходными шлюзами. Применяют двухсклоновую (а) и односклоновую (б) схемы шлюзования.

Навигационные мероприятия по повышению глубин за счёт кратковременных попусков являются мало эффективными, так как они распространяются на сравнительно небольшие расстояния, а размеры повышения глубин невелики.

Попуски воды для участка между створами 1-1 и 2-2, с несудоходными глубинами будут более целесообразны, если они осуществляются из водохранилища 1, расположенного недалеко от устья 2 на притоке 3.

Ограниченное влияние попусков на глубину вытекает из параболической связи между наполнением и расходом:

$$Q = KH^n$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности  
 $n$  – показатель, близкий к 2 (из формулы видно, что увеличение глубин в двое, расход следует увеличить в четверо).

Для существенного приращения глубин требуется водохранилища с очень большой ёмкостью.

Ширина судового хода  $B_0$  определяется из условия:

$$B_0 = n \cdot b_c + (n + 1) \cdot a$$

где  $b_c$  - ширина расчетного судна;  $n$  - число судов (караванов), могущих находится в поперечном сечении судоходного канала;  $a$  - минимальный промежуток между встречными судами при разминовании, а также между крайним судном и берегом.

Радиус закругления  $R$  судоходного хода должен быть:

Для жестко сочлененных судов не менее  $R \geq 3 \cdot l_{cm}$ ,

Для гибко сочлененных судов  $R \geq 5 \cdot l_{cm}$

где  $l_{cm}$  - длина расчетного судна или жестко сочлененных судов.

На поворотах предусматривается уширение  $\Delta B$  судоходного хода:

$$\Delta B = \frac{0.7 \cdot l_{cm}^2}{R}$$

Параметры судоходного хода должны обеспечивать предельно допустимую *продольную* (*не более 1м/с*) и *поперечную* (*не более 0,25м/с*) *скорости* течения.

Безопасность движения во многом определяется *судоходной обстановкой*, включая навигационные знаки безопасности направления, поворота, границы и допустимые габариты судов.

Водный транспорт относится к водопользователям. Вместе с тем, наносят ущерб энергетике и другим водопотребителям *отъёмом* воды из водохранилищ при навигационных попусках и при шлюзовании судов, оказывает влияние окружающую среду.

- **высокая опасность разрушения береговой линии;**

При интенсивном движении судов реальна опасность разрушения береговой линии.

- **химическое и тепловое загрязнение водной среды;**

Основными источниками загрязнений являются судовые двигатели. Вода, используемая при их работе, сбрасывается в водоемы, вызывая тепловое и химическое загрязнения. Кроме того, часть токсичных веществ из отработанных газов также растворяется в воде. Загрязнение происходит за счет утечки или сброса в акваторию *льяльных вод* (лял – специальное пространство в трюме). Эти воды содержат большое количество смазочных материалов, остатков нефтяного топлива. Часто акватории загрязняются веществами, перевозимыми на судах. Особенно опасной является утечка нефти. Поступление в воду значительных количеств нефти связано не только с потерями при транспортировке или авариями, но и с промывкой емкостей

танкеров перед очередной загрузкой, а также со сбросом балластных вод (после доставки нефтегрузов танкеры возвращаются пустыми, и для обеспечения безопасности их заполняют балластной водой). Нефтепродукты распределяются по поверхности воды тонкой пленкой, что нарушает воздухообмен, жизнедеятельность водного сообщества на громадных водных площадях, а при авариях танкеров имеет самые катастрофические последствия для населения акватории.

- **изъятие земель под портовые и причальные сооружения;**
- **дискомфорт для окружающих (шум, освещение, звуковые сигналы подъемных механизмов и т.п.).**

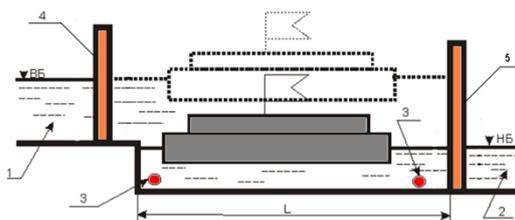
В соответствии с Санитарными правилами и нормами 2.1.2.12-33-2005 «ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОХРАНЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ»

- не допускаются утечки от нефте- и продуктопроводов, нефтепромыслов, а также сброс мусора, неочищенных сточных, балластных вод и утечки других веществ с плавучих средств водного транспорта;
- сброс сточных вод с судов допускается после очистки и обеззараживания на судовых установках, разрешенных к эксплуатации органами и учреждениями государственного санитарного надзора, вне черты населенных мест.

#### *Сооружения водного транспорта.*

К основным сооружениям водного транспорта относят **судопропускные** сооружения (судоходные шлюзы и судоподъемники) и **причальные** сооружения для проведения разгрузочно-погрузочных операций.

**Судоходный шлюз** представляет собой подпорное гидротехническое сооружение, пропускающее суда и плоты из ВБ в НБ и обратно при помощи неподвижной камеры, в которой находится судно. Процесс пропуска судов или плотов через шлюз называется шлюзованием.



1 – подводящий (отводящий) канал, прямолинейный участок равен  $(3\div 4)L$ ; 2 – верхняя голова; 3 – нижняя голова; 4 – камера судового шлюза; 5 – система питания.

Размеры судоходного шлюза определяют в зависимости от длины и ширины расчетного судна или каравана судов. Расход воды на шлюзование определяется по формуле:

$$W_{шлз} = (L \cdot B \cdot H - W_{выт}) \cdot n$$

где  $n$  – количество шлюзований;  $L, B, H$  – длина, ширина и напор камеры судоходного шлюза;  $W_{\text{выт}}$  – объем вытесненной воды, определяемый водоизмещением судна.

**Система питания** необходима для наполнения и опорожнения камеры судоходного шлюза. Различают сосредоточенную и распределительную.

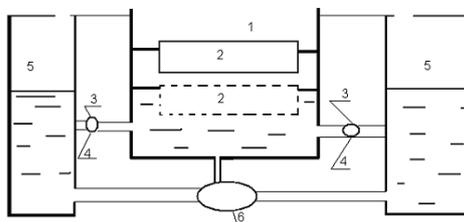
**Сосредоточенная** система представлена короткими водоводами, расположенными в створе ворот. Применяется при  $L \cdot H \leq 2000$ .

Если  $L \cdot H \geq 2000 \text{ м}^2$ , то применяется распределительная система питания, которая может **ПРОСТОЙ**:



Такой подход к выбору системы питания объясняется необходимостью сокращения продолжительности наполнения камеры и обеспечением устойчивого водного режима в нижнем бьефе (при больших выходных скоростях из водоводов, суда не смогут пришвартоваться и подойти к НГ камеры).

Для сокращения объемов воды на шлюзование, применяют систему наполнения со сберегательными бассейнами.



При переводе судна из ВБ, камера судоходного шлюза 1 заполняется водой из верхнего бьефа. Судно 2 входит в камеру 1, закрывают ворота верхней головы и открывают затворы 3 на водовыпусках 4 системы питания. Вода из камеры 1 попадает в сберегательный бассейн 5. Когда уровни воды в камере 1 и в НБ уравниваются, открывают ворота НГ. При двухстороннем шлюзовании сразу же на место вышедшего из камеры 1 судна 2 вводят другое, плывущее на встречу, и камера 1 наполняется водой из сберегательных бассейнов с помощью насосов 6.

**Камера** судоходного шлюза образуется продольными неподвижными стенками и двумя шлюзовыми воротами, заменяющими поперечные стены и могущими открываться и закрываться для пропуска судов из камеры или в камеру.

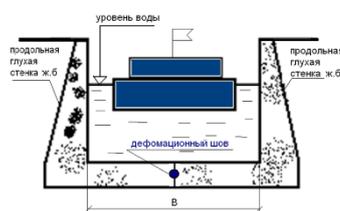
При небольших напорах, продольные стенки шлюза могут быть откосными, существенным их недостатком является значительное увеличение

объемов воды, расходуемых на шлюзование (до 30-40%) а также необходимость устройства направляющих эстакад.



к.п.д.-0,6-0,7 ТРИШИН

Наиболее надежными и долговечными являются камеры с вертикальными стенками, **доковой конструкции**, выполненные из железобетона. Через каждые 20-30м по их длине, устраивают деформационные швы.



При значительных напорах, более 50м, значительной амплитуде колебания уровней, устраивают судоподъёмники, с помощью которых, судно из бьефа в бьеф перемещается механизмами в наполненной водой камере или насухо.



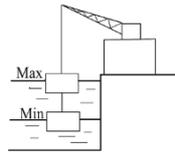
Красноярская ГЭС

Перевозка насухо осуществляется только небольших судов, так как для крупных груженых судов возможно возникновение недопустимых деформаций корпуса.

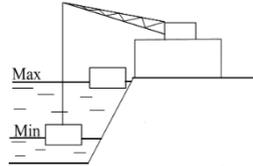
Для строительства **наклонных** судоподъёмников используют низовой откос плотины или пологий береговой склон (1:7÷1:10) долины, по которому сооружают судовозные пути. По ним, перемещается судовозная тележка, на которой установлена судовозная камера.

**Причальные сооружения** водного транспорта предназначены для производства разгрузочно-погрузочных работ. Конструкции их зависят от амплитуды колебания уровней воды и глубин.

При амплитуде колебания уровней **до 2м** применяют **вертикальный** тип причала.



При амплитуде колебания уровней **2-3м откосный** тип причала.



При глубине более 20м и амплитуде колебания уровней более 5м, причальные сооружения применяют плавучих конструкций, в остальных случаях - стационарными.

### **5. Борьба с наводнениями.**

Наводнение - затопление территории водой, являющееся стихийным бедствием, в результате подъема уровня воды в реке, озере или море, вызываемого различными причинами. От наводнений в большей или меньшей степени страдает население и хозяйство практически всех стран мира. Частые и порою разрушительные наводнения бывают и в ряде районов нашей страны.

Наводнения при весенних половодьях и летних паводках. В зависимости от количества и интенсивности поступления воды с водосбора, размеров основного русла, характера речной долины уровень в реках в половодье и паводки поднимается до 10 - 15 м, а иногда и значительно больше. Расходы воды при этом увеличиваются в десятки, сотни и даже тысячи раз по сравнению с меженными их значениями. Половодные и паводочные расходы обычно не вмещаются в основное русло, вода изливается в долину, затопляя большие пространства.

Наводнения от половодий и паводков распространены в странах Юго-Восточной Азии, Дальнего Востока, Европы и др. В нашей стране такие наводнения имеют место на Дальнем Востоке, на Кавказе, Севере и Северо-Западе, в Центральных районах и т. д.

Наводнения при заторах и зажорах льда. Кроме весенних, летних и осенних наводнений на реках нашей страны бывают еще зимние заторные и зажорные наводнения. Они могут продолжаться до 1,5 -2,0 месяцев и сопровождаться не менее тяжелыми последствиями.

Высокие подъемы уровней от заторов льда во время весеннего ледохода характерны для рек, вскрытие которых начинается с верховьев. Обычно это свойственно рекам, текущим с юга на север. Большие массы льда поступают к нижним участкам, где еще сохраняется ледостав. При этом забивается живое сечение, происходит нагромождение льдин, образуются своего рода плотины и, как следствие, подпор уровней. Сильные заторы и высокие подъемы уровней наблюдаются на реках Сухоне, Северной Двине, Иртыше, Днестре, Енисее и многих других. Зажоры льда с катастрофическими подъемами уровня

образуются в период ледостава. Такие подъемы уровней чаще всего наблюдаются на реках Северо-Запада (Нева, Нарва), Карелии (Нижний Выг), Севера (Северная Двина), Сибири (Ангара, Енисей).

В настоящее время существуют такие методы борьбы с наводнениями, как регулирование паводочных водохранилищами, сооружаемыми в руслах рек; отвод паводочных вод; регулирование поверхностного стока на водосборах; обвалование; спрямление русел рек; дноуглубление; берегозащитные сооружения; подсыпка территории; комбинированный способ. При борьбе с наводнениями с помощью обвалований наблюдается стеснение долины дамбами, что приводит к уменьшению естественной аккумуляции и вследствие этого к увеличению максимальных расходов и уровней воды. Это следует учитывать при назначении отметок гребней дамб. Вопрос о том, какими средствами должна быть решена проблема борьбы с наводнениями, полностью определяется экономикой. Опыт осуществления противопаводочных мероприятий показывает, что наибольший экономический эффект и надежная защита пойменных территорий от наводнений могут быть достигнуты при использовании комплекса мероприятий и прежде всего активных методов защиты в сочетании с пассивными методами (обвалование, выправительные работы и т. п.).

#### **Организация защиты**

В Республике Беларусь действует комплексная система защиты населения и территорий от наводнений. **Специальные комиссии** создаются при местных исполнительных и распорядительных органах для координации всех мероприятий по защите от наводнений.

#### **Инженерно-технические мероприятия.**

- **Регулирование паводкового стока** через систему гидротехнических сооружений (плотины, дамбы, шлюзы)
- **Правильное проектирование** жилых районов и промышленных объектов вне зон потенциального затопления
- **Адаптация зданий** - использование нижних этажей для административных целей
- **Защита инфраструктуры** - обеспечение устойчивости дорог, линий связи и электропередач
- **Создание резервов** - накопление строительных материалов и плавсредств для укрепления гидротехнических сооружений

#### **Организационные мероприятия**

- **Планирование защиты** населения и территорий, включая организацию эвакуации
- **Подготовка сил** для проведения спасательных работ с обязательным наличием плавсредств
- **Обеспечение населения** простейшими спасательными средствами
- **Мониторинг состояния** рек и водоемов гидрометеорологическими службами

- **Система оповещения** о наводнениях, включая использование плавательных средств
- **Обучение населения** действиям в условиях наводнения
- **Прогноз возможных** наводнений и их последствий

**Особенности подготовки**

Особое внимание уделяется:

- Организации упреждающей и экстренной эвакуации
- Определению маршрутов движения и мест размещения эвакуируемых
- Обеспечению транспортными средствами
- Подготовка спасательных подразделений на плавсредствах
- Созданию мобильных разведывательных подразделений

Все мероприятия проводятся на основании прогноза возможной обстановки и направлены на минимизацию последствий наводнений, защиту населения и сохранение материальных и культурных ценностей.

## Лекция №4

### Нормативные основы управления качеством поверхностных вод

1. Понятие о качестве воды. Виды загрязнений.
2. Организация контроля качества вод. Современные методы оценки качества вод.
3. Самоочищение вод и инженерные методы ее активизации.

#### **1. Понятие о качестве воды. Виды загрязнений.**

Под **охраной водных ресурсов** понимают систему юридических, организационных, экономических и технических мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения и истощения вод.

Под **загрязнением** понимают такое изменение состояния и свойств воды, вызванное прямым или косвенным влиянием производственной деятельности, при котором она становится полностью или частично непригодной хотя бы для одного из видов водопользования. Водный объект считается *загрязненным* если, начиная с контрольного створа, не соблюдаются при расчетной водности установленные для данного вида водопользования требования к составу и свойствам воды и значения ПДК.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК)** веществ в водном объекте – концентрация веществ в воде, выше которой она становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования.

Под **засорением** понимают поступление в водоем посторонних нерастворимых предметов, практически не изменяющих качество воды (мусор, древесина, металлолом), но затрудняющих ее использование.

Под **истощением вод** понимают сокращение количества воды в водоеме, происходящее под влиянием антропогенных факторов.

**Предельно допустимый сброс (ПДС)** веществ в водный объект – масса веществ в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе. Нормативы ПДС в водные объекты устанавливаются Минприроды Республики Беларусь после согласования с органами и учреждениями государственного санитарного надзора.

**Временно допустимые сбросы (ВДС)** химических веществ, устанавливаемые для действующих предприятий на период осуществления мер по достижению ПДС (на срок не более 5 лет), *не должны создавать* в контрольном створе концентрации, превышающие их ПДК. При сбросе сточных вод в систему водоотведения населенного j-го пункта или предприятия ответственность за соблюдение нормативных требований к сбросу в водные объекты несет предприятие, сбрасывающее сточные воды в водный объект.

**Нормативы допустимых сбросов** загрязняющих веществ в составе отводимых вод в водные объекты – максимально *допустимая масса* загрязняющих веществ в составе отводимых сточных вод в водный объект и

*допустимая концентрация* загрязняющих веществ, при установленном режиме водоотведения, при сбросе которой обеспечиваются нормативы качества воды водного объекта в контрольном створе;

Качество природных вод определяется наличием в них веществ неорганического, органического происхождения, а также микроорганизмов и характеризуется различными **физическими, химическими, бактериологическими** и **гидробиологическими** показателями.

К **физическим** показателям относятся мутность, прозрачность, цветность, температура, запах, вкус и электропроводность.

**Химическими** показателями качества воды являются общее количество растворенных веществ (ПДК) или сухой остаток, активная реакция (рН воды), окисляемость, щелочность, содержание газов, БПК, наличие азотных соединений, хлоридов, сульфатов, железа, марганца, магния, некоторых ядовитых и радиоактивных веществ.

**Бактериологические** (санитарные) показатели характеризуют общую бактериологическую загрязненность воды, а также содержание в ней бактерий кишечной палочки.

**Гидробиологические** показатели определяются наличием водных организмов, находящихся во взвешенном состоянии в толще воды (планктон) или располагающихся у дна и берегов водоемов (бентос).

Действующими санитарными правилами и нормами качество вод нормировано для трех видов водопользования:

- хозяйственно-питьевое;
- культурно-бытовое;
- рыбохозяйственное.

Нормативы допустимых сбросов устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, областными и Минским городским комитетами природных ресурсов и охраны окружающей среды в **разрешениях на специальное водопользование**.

При сбросе загрязняющих веществ в составе отводимых вод в *хозяйственно-питьевые и культурно-бытовые* водотоки нормативы качества водотоков должны обеспечиваться в контрольном створе, расположенном на расстоянии *одного километра выше* ближайшего по течению водозабора для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения, мест купания, организованного отдыха или территории населенного пункта.

При сбросе загрязняющих веществ в составе отводимых вод в *рыбохозяйственные водотоки* нормативы качества воды водотоков должны обеспечиваться на протяжении всего водного объекта или его участка, начиная с контрольного створа, расположенного на расстоянии не далее 500 метров ниже выпуска отводимых вод.

В случае сброса загрязняющих веществ в составе отводимых вод в водный объект в **границах населенного** пункта, допустимые концентрации загрязняющих веществ отводимых вод, принимаемые для расчета нормативов допустимых сбросов, не должны превышать нормативы качества воды

культурно-бытового водного объекта, если для этого водного объекта не применяются более жесткие нормативы качества воды.

## **2. Организация контроля качества вод. Современные методы оценки качества вод.**

За составом сточных вод и качеством воды водных объектов питьевого и культурно-бытового водопользования осуществляется государственный аналитический контроль и производственный аналитический контроль.

*Государственный аналитический контроль* за качеством воды водных объектов включает отбор проб воды для определения ее показателей в контрольном и фоновом створах. Эту работу осуществляют соответствующие территориальные органы учреждения в плановом порядке и по санитарно-эпидемиологическим показаниям. Аналитический контроль качества поверхностных вод может быть *плановым* (в соответствии с планом-графиком) и *внеплановым* (по предписанию, устному или письменному распоряжению руководства Минприроды или его территориальных органов, возникновения ЧС).

*Производственный лабораторный контроль* за составом сточных вод и качеством воды водных объектов обеспечивается организациями и предприятиями, иными хозяйствующими субъектами, являющимися водопользователями, независимо от подчиненности и форм собственности, в лабораториях, аккредитованных (аттестованных) в установленном порядке.

Для проведения наблюдений за качеством поверхностных вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям организуется сеть пунктов наблюдений:

- **стационарная сеть пунктов** наблюдений за естественным составом и загрязнением поверхностных вод;
- **специализированная сеть пунктов** для решения научно-исследовательских задач;
- **временная экспедиционная сеть** пунктов.

Пункты наблюдений организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих *большое народнохозяйственное значение*, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. На не загрязненных сточными водами водоемах и водотоках создаются створы фоновых наблюдений. Сеть наблюдений должна охватывать:

- **в пространстве** – по возможности все водные объекты, расположенные на территории изучаемого бассейна;

- **во времени** – *все фазы гидрологического режима* (весеннее половодье, летнюю межень, летние и осенние дождевые паводки, ледостав, зимнюю межень), *различные по водности годы* (многоводные, средние по водности и маловодные), *катастрофические сбросы* сточных вод в водные объекты, то есть, при установлении периодичности наблюдения учитываются все,

наименее благоприятные периоды (межень, паводки, максимальные попуски в водохранилищах и т.п.).

В пунктах наблюдений организуют один или несколько створов. Под **створом** понимают условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором производится комплекс работ для получения данных о качестве воды. Местоположение створов устанавливают с учетом особенностей водного объекта, расположения источников загрязнения, количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод, интересов водопользователей и водопотребителей.

Один створ устанавливают **на водотоках** при отсутствии организованного сброса сточных вод в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков, в местах пересечения государственной границы. Контроль качества воды в трансграничных водных объектах осуществляется на основе международных соглашений с использованием согласованных критериев и методов оценки качества поверхностных вод.

При наличии организованного сброса сточных вод устанавливают два створа и более. Один из них располагают выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод), характеризующий **фоновые показатели качества воды** водотока в данном пункте. Другие – ниже источника (или группы источников) загрязнения в месте полного смешения, *(между створами выше и ниже источников загрязнения могут быть установлены дополнительные створы)*. Сравнение фоновых показателей с показателями качества воды в пробе, отобранной ниже источника загрязнения, позволяет **судить о характере и степени загрязненности воды под влиянием источников загрязнения**. Изменение химического состава воды в пробах, отобранных в первом после сброса сточных вод створе и в расположенных ниже створах, дает возможность оценить **самоочищающую (ассимилирующую)** способность водоема.

**Верхний** (первый) фоновый из них располагают на расстоянии до 500 м и выше источника загрязнения, вне зоны его влияния. При этом следует учитывать, чтобы на данном участке не имелось других источников загрязнения (выпусков сточных вод, притоков, сбросов с мелиоративных систем и т.д.).

**Второй** - в месте полного смешивания сточных вод с водами водотока, но не далее 500 м ниже источника загрязнения. Необходимо, чтобы нижний створ характеризовал состав воды в целом по сечению, т.е. был расположен в месте достаточно полного (на менее 80%) смешения сточных вод с водой водотока.

Пробу отбирают на глубине 0,3-0,5 м от поверхности, а в зимний период - у нижней кромки льда. Не допускается отбор проб стоячей воды, в изгибах, глухих рукавах и т.п.

При отборе проб на водоемах (озера, водохранилища, пруды) устанавливается не менее трех створов. Один совмещают со створом сброса сточных вод, второй - на расстоянии 0,5 км от места сброса и третий - вне зоны

влияния источника загрязнения. При глубине озер более 3 м дополнительно отбираются пробы у дна (0,5 м).

**Количество вертикалей в створе** на водотоке определяется условиями **смешения** речных вод со сточными водами или водами притоков: при неоднородности химического состава в створе устанавливают не *менее двух* вертикалей (на стержне и на расстоянии **3-5 м от берегов**), при однородности химического состава – одну вертикаль на стержне реки. На небольших водотоках пробы отбираются на середине водотока. На реках шириной 20 и более метров у обоих берегов и на середине реки.

**Количество горизонтов на вертикали** определяется глубиной водоема или водотока в месте измерения: при глубине до 5 м устанавливается один горизонт (у поверхности – в 0,2-0,3 м от поверхности воды летом и у нижней поверхности льда зимой), при глубине от 5 до 10 м – два (у поверхности и в 0,5 м от дна), а при глубине более 10 м – три (дополнительно промежуточный, расположенный на половине глубины).

Для наблюдений за качеством вод по водоему в целом створы устанавливают с учетом условий водообмена водоемов.

**На водоемах с интенсивным водообменом** (коэффициент водообмена более 5 раз в год) расположение створов аналогично расположению их на водотоках: один створ устанавливают в 1 км выше источника загрязнения, остальные створы (не менее двух) располагают ниже источника загрязнения на расстоянии 500 м от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязнения.

**На водоемах с умеренным** (от 0,1 до 5 раз в год) и **замедленным** (до 0,1 раз в год) **водообменом** один створ устанавливают вне зоны влияния источника загрязнения, второй створ совмещают с местом сброса сточных вод, остальные створы (не менее двух) располагают параллельно второму по обе стороны на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей загрязненной зоны.

Периодичность отбора проб в водных объектах, используемых в рекреационных целях, устанавливаются в каждом конкретном случае территориальными органами и учреждениями государственного санитарного надзора, но *не менее двух раз* по всем показателям, указанным в приложении 1 до начала купального сезона и *не менее двух раз в месяц в период* купального сезона.

**Основой** оперативности и своевременности принятия управленческих решений в мероприятиях по охране вод является наличие современных и простых в эксплуатации методов оценки качества природных вод.

В настоящее время, в водные объекты поступает огромное количество соединений, значительно превышающих ингредиентов, определенных по нормам. С другой стороны, методы теории вероятностей и математической статистики для обработки и обобщения *гидрохимических показателей* не всегда приемлемы. *Большое количество гидрохимических показателей предопределяет необходимость использования обобщенного показателя*, по

которому можно судить о качестве воды. Поэтому оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям (рН, БПК, ПДК) не всегда свидетельствует о действительном состоянии водного объекта.

На современном этапе при оценке качества природных вод, наибольшее распространение получили **гидробиологические методы**. Их действие основано на реакции водного организма на воздействие загрязняющих веществ, они включают:

- оценка степени загрязнения по показательным организмам. Оценка производится с использованием систем **индикаторных организмов**, по реакции которых оценивается качество воды. Недостаток: требуется для каждого региона подбирать свои индикаторные организмы. Исследования показали, что организмы Западной Европы могут применяться у нас только с поправками на действие климата. В качестве биоиндикаторов используются различные группы организмов: бактерии, грибы, водоросли, лишайники, мхи, некоторые высшие растения (особенно хвойные породы деревьев и животные (чаще беспозвоночные)). К числу преимуществ биоиндексации перед инструментальными методами следует отнести ее относительно высокую скорость, низкую стоимость и возможность характеризовать состояние природной среды за длительный промежуток времени. *Так в качестве биологического теста на чистоту воды могут использоваться «золотые» рыбки, которых выращивают в аквариумах. Когда их помещают в аквариум с речной водой, то учуяв «грязь» они начинают метаться, биться о решетки, чувствуют себя не комфортно.*

- оценка степени загрязнения по видовому разнообразию. В основу положена идея, что в условиях устойчивой экосистемы должно наблюдаться **высокое** видовое разнообразие.

### **3. Самоочищение вод и инженерные методы ее активизации.**

Многочисленность локальных источников загрязнения делает экономически малореальным строительство на них станций физико-химической очистки воды. В настоящее время суммарная производительность этих станций отстает от количества загрязнений примерно в два раза. В связи с этим огромное значение приобретает задача повышения ассимилирующей способности и активизация процесса самоочищения водного объекта.

**Самоочищение** природных вод – совокупность протекающих в загрязненных водах природных процессов, направленных на восстановление первоначального качества воды. Эти процессы происходят под влиянием солнечной радиации, жизнедеятельности микроорганизмов и водной растительности. В естественных условиях процессы протекают медленно, так, полное очищение Мирового океана – 2600 лет, подземных вод – 5000 лет.

Факторы самоочищения многообразны. Их можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

Среди **физических** факторов самоочищения водоемов первостепенное значение имеют разбавление, растворение и перемешивание поступающих

загрязнителей. Обеззараживание происходит под влиянием ультрафиолетового излучения Солнца.

К **химическим** факторам самоочищения водоема относится окисление органических и неорганических веществ. Интенсивность этого процесса во многом определяется **кислородным насыщением**. В обычных условиях вода насыщается кислородом из атмосферного воздуха. Наиболее интенсивно процесс насыщения проходит на реках с быстрым турбулентным движением воды.

Под влиянием растворенного кислорода происходит окисление органических веществ и выпадение их на дно водоемов в виде минерального осадка.

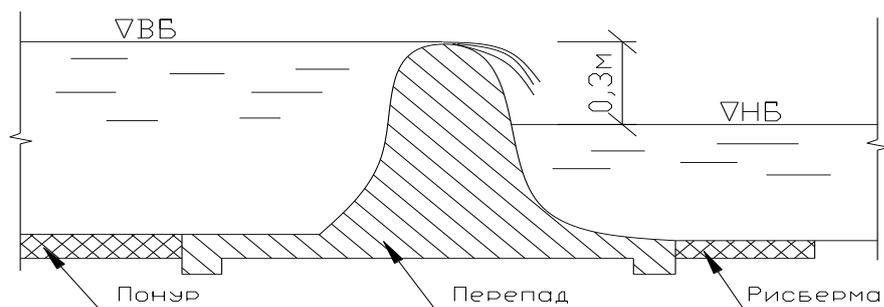
Санитарный режим водоема определяется содержанием в нем кислорода. Его содержание должно быть не менее 4мг/л для всех водоемов хозяйственно питьевого водоснабжения, а также находящихся в городской черте. Водоемы, предназначенные для сохранения воспроизводства ценных пород рыб, должны иметь кислорода не менее 6мг/л.

Содержание кислорода в воде может быть повышено искусственными способами. Наиболее часто применяют гидротурбинную, механическую и пневматическую аэрацию на водосливах.

*Аэраторы — специальные сооружения и устройства для насыщения кислородом. особенно широко применяют на водовыпусках рыбоводных прудов. Аэраторы устанавливают и в голове магистрального канала, и при даче воды непосредственно в каждый отдельный пруд. По принципу устройства аэраторы можно разделить на две основные группы: 1) аэраторы, которые разбрызгивают воду, поступающую, на мелкие струи, при этом струя, насыщаясь кислородом, падает в водоем; 2) аэраторы, при помощи которых в водоем (или в специальное устройство) подается сжатый воздух при помощи специально устроенных распылителей.*

**Гидротурбинную** аэрацию применяют для улучшения кислородного режима в нижнем бьефе водохранилищ. Для этого в зону разрежения отсасывающих труб гидротурбин предусматривают впуск воздуха. Это снижает расход  $Q_{ГЭС}$  на 5-9%, приводит к потере мощности, но обеспечивает повышение использования воздуха на 25%.

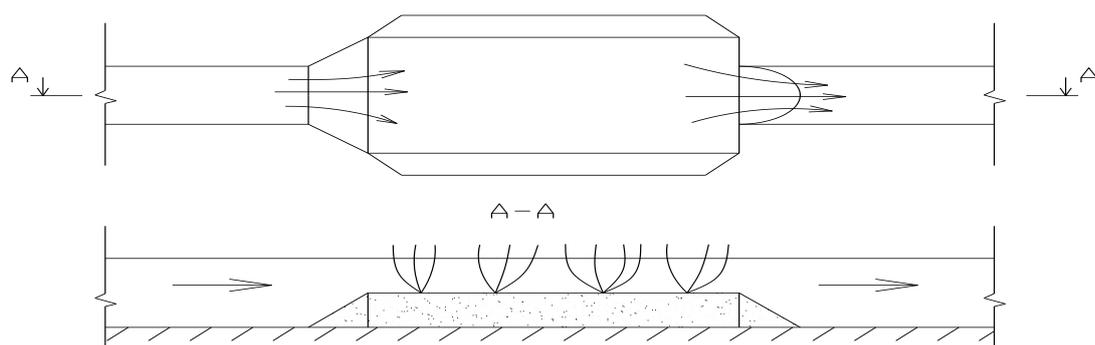
**Аэрация на водосливах** эффективна на участках *несудоходных рек*, когда устраивают перепады — аэраторы в виде русловых плотин автоматического действия с развитым водосливным фронтом, обеспечивающим перепад не более 0,3 м в пределах русла рек. Насыщение кислородом воды может повышаться от 10 до 55%.



Аэрация **сжатым воздухом** (пневматическая) и **механическая** применяется на озерах и водохранилищах. Примером пневматической аэрации является барботажный аэратор, представляющий собой перфорированную трубу, расположенную на глубине 1 м, куда подается сжатый воздух. Механическая аэрация воды осуществляется поверхностными аэраторами, разбрызгивающими воду в воздушном пространстве.

Как мероприятие искусственной аэрации (менее эффективное) является полезные попуски воды из водохранилищ для улучшения качества вод (самоочищение загрязненных вод может происходить лишь при многократном 1:7÷1:12 их разбавлении чистой водой).

К **биологическим** факторам самоочищения относятся полезные микроорганизмы: сапрофитные бактерии, грибы, водоросли – для которых основным источником энергии и жизнедеятельности является потребление неживого органического материала. Важным **направлением** инженерного улучшения процесса очищения является применение биоинженерных систем (биоплато) с использованием очистительной способности биоценозов водной растительности.



Механизм очищения воды макрофитами (рогоз узколистный, рогоз широколистный, камыш, тростник, ряска водная) на биоплато заключается в следующем:

- осаждение взвесей в зарослях водной растительности из-за снижения скоростей потока;

- выделение растениями веществ, стимулирующих развитие нефтеокисляющих бактерий, что в несколько раз ускоряет разложение в воде нефтепродуктов;

- активное поглощение быстроразвивающейся корневой системой из воды донного грунта биогенных элементов (соединений азота и фосфора);

- подводная часть растений обогащает толщу воды кислородом и создает благоприятную среду для обрастания ее организмами-фильтрами, способствующими очищению воды.

Эффективность биоинженерных систем (биоплато) основывается на данных об очистительной способности макрофитов по отношению к органическим веществам, бактериальному загрязнению, соединениям азота и фосфора, отдельным видам пестицидов и удобрений. Время эффективной работы биоплато в средней полосе – 4-5 месяцев (май – сентябрь, при температуре от 6<sup>0</sup>С). При сильном начальном загрязнении предусматривают двух- многосекционные биоплато.

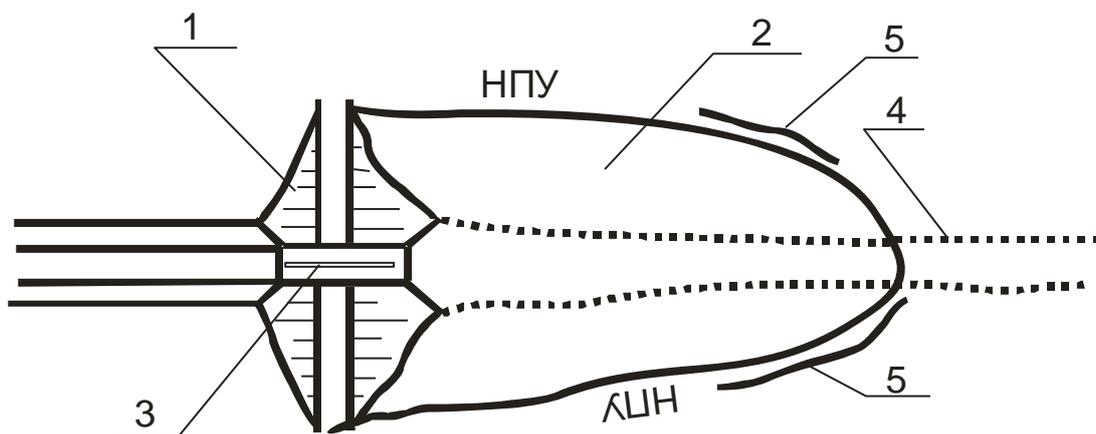
В зависимости от гидрологического режима, возможны три стратегии управления процессом самоочищения:

1. Вода пропускается через биоплато только в летнее время, зимняя и паводковая вода запасается в первичном отстойнике. Это вариант обеспечивает наиболее полную очистку, но требует больших затрат по устройству первичного отстойника.

2. Вода пропускается через биоплато постоянным потоком круглый год, в том числе зимой, и резко увеличивающимся расходом в период весеннего половодья. Таким образом, зимние и весенние воды практически не очищаются.

3. Меженные воды пропускаются через биоплато постоянным потоком, а паводковые отводятся через специальную сбросную сеть.

Для активации процесса *комплексного* самоочищения предусматривают устройство прудов – биоотстойников. В этом случае достигается гармоничное сочетание физико-химических процессов очистки, протекающих в фильтрующей толще ложа пруда, с очистительной способностью биоценозов высших растений, культивируемых в нем. Ориентировочные (наименьшие) параметры пруда: средняя глубина воды в пруде – 0.3м, средняя ширина (по урезу воды) – 40...50м, длина более 300 метров. Такие параметры пруда, обеспечивают очистку русел рек от взвешенных минеральных частиц и донных отложений, последние в большинстве случаев содержат тяжелые металлы.



1 – плотина; 2 – биоотстойник; 3 – водосброс; 4 – река

В среднем течении малых рек устраивают плотину 1 из местных материалов, полностью или частично фильтрующую. Для усиления процесса очистки воды в материал фильтрующей плотины добавляют цеолиты (микропористые минералы). Водосброс 3 выполняется как водослив с широким порогом, а в нижнем бьефе устраивают рассекатели потока для повышения степени аэрации. Накапливаемые в прудах-биоотстойниках донные отложения удаляют и утилизируют. В некоторых случаях, по периметру пруда (урезу воды) устраиваются ограждающие насыпи 5 (дамбочки) с отметкой поверху равной отметке гребня перегораживающей дамбы. За ограждающими насыпями устраиваются дренажные каналы для исключения возможного подтопления прилегающих к пруду сельхозугодий.

## Лекция № 5

### Диффузное загрязнение водных экосистем

1. Типы неточечных источников.
2. Методы оценки диффузного загрязнения.
3. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы.
  - 3.1 Лесомелиоративная защита водных объектов.
  - 3.2 Водоохранные мероприятия в проектах гидротехнических мелиораций
  - 3.3 Водоохранные мероприятия при орошении стоками

#### 1. Типы неточечных источников.

Типы не точечных источников - загрязняющие вещества в водных объектах

Тот факт, что загрязняющие вещества могут выноситься в водные объекты поверхностным и подповерхностным стоком с водосборных территорий, означает, что практически любая деятельность человека на водосборе реки или озера создает предпосылки диффузного загрязнения соответствующего водного объекта. Даже определенная классификация неточечных источников может быть проведена на основе видов землепользования, как это показано в таблице, где виды хозяйственной

Иногда, особенно в ранних работах по проблеме антропогенного загрязнения водных объектов, ливневые канализационные сооружения относили к точечным источникам, основываясь, видимо, на определенности их локализации на водном объекте. Позднее, однако, ввиду определяющей роли метеорологических условий и параметров водосборной территории в формировании ливневой нагрузки, сложилось современное представление о диффузном характере этого загрязнения.

**Таблица 5.1.** Основные виды хозяйственной деятельности как неточечные источники загрязнения водных объектов

Категория неточечных источников	Примеры хозяйственного использования земель
Сельское хозяйство	Растениеводство, животноводство, пастбища, кормо производство
Лесное хозяйство	Лесозаготовки, дороги, лесоводство
Строительство, в т. ч. дорожное	Автострады, строительство мостов и путепроводов, капитальное и жилищное строительство
Городские территории	Ливневая канализация (раздельная или полураздельная), поверхностный сток, маломерный флот
Добыча полезных ископаемых	Карьерные и шахтные выработки, драги и земснаряды, шахтные и обогатительные отвалы
Полигоны	Отстойники, поля орошения, санитарные системы, свалки твердых отходов

Гидротехническое строительство	Сооружение плотин, каналов и шлюзов, зарегулирование стока, береговые сооружения
Другие	Атмосферные выпадения, локальные загрязнения, аварийные разливы жидких загрязняющих веществ, утечка из хранилищ

Основные виды нагрузки на водные объекты от неточечных источников.

- Пестициды,
- Токсические органические соединения,
- Нетоксические органические соединения,
- Металлы,
- Аммонийные соединения,
- Хлориды,
- Другие неорганические соединения,
- Элементы-биогены (азот и фосфор),
- Кислые воды (с низким рН),
- Взвешенные вещества,
- Сильно минерализованные воды,
- Патогенные организмы,
- Радионуклиды,
- Нефтепродукты и масла.

Более распространенной и общепринятой, однако, считается иная типизация, когда все многообразие неточечных источников, обусловленное и различием физико-географических и гидрологических особенностей территорий, и различием видов хозяйственной деятельности на них, разделяют на два типа. К первому типу относят урбанизированные территории, т. е. территории городов и крупных населенных пунктов с преобладающей долей водонепроницаемой или слабо водопроницаемой поверхности (асфальтовые и бетонные покрытия, плотная застройка) и развитыми системами ливневой канализации. Внегородские территории, на значительной части которых инфильтрационные свойства поверхности близки к естественным (природным), относят ко второму типу рассредоточенных источников.

Среди последних особо выделяют сельскохозяйственные территории, поскольку общепризнанно, что именно интенсификация сельского хозяйства стала одной из главных причин превращения неурбанизированных территорий в источники диффузного загрязнения.

Например, по данным агентства подземные воды подвержены, прежде всего, загрязнению пестицидами - токсичными химическими веществами, которые применяются на сельскохозяйственных площадях в составе ядохимикатов для борьбы с сорняками и насекомыми вредителями. И это также представляет собой чрезвычайно острую экологическую проблему, поскольку именно артезианские воды практически повсеместно используются для водоснабжения населенных пунктов.

Выделение городских территорий в особый тип неточечных источников обусловлено следующими соображениями.

- Во-первых, города, как территории с большой плотностью населения, развитой промышленностью и интенсивной хозяйственной деятельностью, дают значительные по объему нагрузки на близлежащие водные объекты (реки, эстуарии, прибрежные воды), причем спектр загрязняющих веществ от мегаполисов, как правило, является несравненно более широким, чем от территорий неурбанизированных.

- Во-вторых, для застроенных и благоустроенных территорий городов характерна значительная доля водонепроницаемой поверхности, что по мере строительства канализационных сооружений создает на них совершенно особые гидрологические условия. Главной чертой последних является ускоренное формирование поверхностного стока при выпадении дождей или в процессе

Объемы поступления в реки и водоемы с поверхностным стоком пестицидов и других токсических химических веществ (например, ПАУ, нефтепродуктов) с сельскохозяйственных территорий выражаются, как правило, в меньших абсолютных цифрах, чем объемы нагрузки по взвешенным веществам, азоту и фосфору. Однако ввиду особой токсичности этих веществ для водных организмов и человека исследование их смыва с водосборных бассейнов следует проводить с особой тщательностью.

Мойка улиц и дорожных покрытий в условиях развитой системы ливневой канализации также дает дополнительную нагрузку на водные экосистемы. По данным исследований, выполнявшихся на североамериканских Великих озерах [Johnson and Owens, 1971; Whipple and Hunter, 1974], поверхностный сток с городских территорий выносит в водоемы до 40% общей нагрузки на них по органическим и минеральным веществам.

- Наконец, в-третьих, водные объекты, подвергающиеся такому комплексному воздействию, часто непосредственно используются населением этих городов в самых разных целях - от водоснабжения до рекреации, что в случае опасного выброса загрязняющих веществ может сказаться на здоровье сразу большого числа людей. Этим и объясняется то пристальное внимание, которое уделяется во всем мире изучению дренажного стока с городских территорий.

## **2. Методы оценки диффузного загрязнения. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы.**

Методы оценки диффузного загрязнения в Республике Беларусь.

Основные источники диффузного загрязнения.

- Сельскохозяйственное производство
- Неканализованные территории населенных пунктов
- Атмосферные выпадения
- Мелиоративные системы
- Транспортные средства

Методология оценки.

В Республике Беларусь применяются следующие методы оценки:

- Гидроэкологический мониторинг с использованием систематических синхронных гидрохимических и гидрологических наблюдений

- Эмиссионный метод оценки диффузных источников загрязнения
- Имиссионный метод оценки воздействия на окружающую среду

Индикаторы качества природной среды

Для оценки используются следующие показатели:

- Агроклиматические характеристики:
- Залесенность территории
- Заболоченность
- Мелиоративная обустроенность
- Плотность населения
- Распаханность территории
- Сельскохозяйственные показатели:
- Наличие сенокосов и пастбищ
- Урожайность культур
- Применение удобрений и пестицидов
- Геоморфологические условия:
- Типы почв
- Преобладающие уклоны
- Фильтрационные характеристики грунтов

Особенности оценки атмосферных выпадений

- Трансграничный перенос играет значительную роль (81% для серы, 85% для окислов азота)

Оценка автотранспортного загрязнения

- Учитывается концентрация вредных веществ:
- СО
- NO<sub>2</sub>
- Углеводороды
- Свинец
- Сажа
- На территории районов накапливается от 1,5 до 4,5 тыс. тонн вредных веществ от автотранспорта

- Значительная часть этих веществ попадает в водные источники

Критерии оценки

- Критические нагрузки серы составляют 1-2 г/м<sup>2</sup> в год
- Учитываются защитные мероприятия, снижающие концентрацию веществ на 50%

- Проводится расчет уровня превышения ПДК в различных районах

Данная методология позволяет проводить как количественную, так и качественную оценку экологического состояния водосборов и выполнять прогнозные расчеты допустимой антропогенной нагрузки.

### 3. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы.

#### 3.1. Лесомелиоративная защита водных объектов

Под *лесомелиорационной защитой* водных объектов понимают систему водоохраных и противоэрозионных защитных насаждений на берегах рек, озёр, прудов, водохранилищ и водосборной площадки с целью предохранения их от загрязнения, излишнего испарения и повышения устойчивости берегов. Породы лесных насаждений подбирают с учётом способности их переносить ту или иную продолжительность затопления. Лесные насаждения, используемые для закрепления берегов, должны развивать мощную корневую систему и, густо переплетая слой грунта, выносить засыпание наносами и образовывать при засыпании новые побеги и корни, обладать быстрым ростом и хорошо возобновляться после вырубki. Этими свойствами обладает тополь чёрный, ольха чёрная, ива белая и другие.

Конструкции защитных лесонасаждений определяются их назначением, различают:

- лесомелиорацию истоков рек;
- лесомелиорацию русловых берегов рек;
- лесомелиорацию прудов (водохранилищ) и озёр.

*Лесомелиорация истоков* преследует две цели:

- защита истока реки от излишнего испарения и заиления;
- пополнение речных вод за счет фильтрации поступающего поверхностного стока с вышерасположенных склонов.

Минимальная ширина лесомелиоративных приистоковых насаждений ( $X$ ) зависит от водосборной площади  $F$  и запасов воды в снеге, определяется по формуле:

$$X = \frac{F \cdot M \cdot K}{0,8 \cdot B}$$

где  $M$  - запас воды в снеге (10-ой обеспеченности на 1 га, м<sup>3</sup>;  $B$  – ширина водосбросного участка, м;  $K$  – коэффициент стока, зависящий от залегания расположения водоупора, принимают  $K=(0.8...0.2)$ .

Если на приистоковой территории имеются родники, ключи и другие водоохраные объекты, то ширину ППП у истоков рек необходимо расширять не менее чем в 3 раза и оставлять их в естественном состоянии, обеспечивая при этом их сохранность.

Подбор лесных пород определяется их биологическими свойствами и экологическими условиями произрастания. Для выполнения лесомелиоративных функций истоковые насаждения *должны быть* двух-трех ярусными. Густой подлесок у них служит как фактор кальматирования атмосферных осадков, а на опушках колючие кустарники предохраняют истоковые насаждения от вытаптывания.

На *последистоквом* участке реки (в пределах 25км от истока малой реки), где энергия течения воды еще недостаточная для интенсивной деформации русла, выброса на пойму руслового песка во время половодья,

минимальная ширина прирусловой полосы лесных насаждений принимается равной 12м. Состоит из берегозащитного древесно-кустарникового пояса и кустарниковой опушки со стороны поймы. **Обязательная** двухъярусность лесных насаждений этого участка реки, включает густой подлесок (ива белая, ольха черная, тополь белый), как фактор кальматирования и фильтрации атмосферных осадков, а на опушках колючие кустарники (боярышник, шиповник, слива колючая) предохраняющие истоковые насаждения от вытаптывания.

По мере удаления от истока, создаются условия для более интенсивной деформации русла. Характерной особенностью этого участка реки, является образование подмывов у вогнутых берегов, большая извилистость реки, оползни, развитие которых увеличивается выпасом скота и слишком крутые берега. В конструктивном отношении прирусловые лесные полосы для указанного звена рек существенно не отличаются от предыдущей, лишь ширина кустарникового пояса принимается более значительной, 20...30м. Ширину прирусловой полосы целесообразно **дифференцировать** (в пределах 50%): на возвышенных участках берегов, где выходит поток меньшей мощности, полоса может быть уже, на пониженных участках берега и местах поступления воды по пойменным ложбинам – шире.

Для прогона скота в водоохранных лесных полосах, окаймляющих пруды и водоемы, составляют скотопрогоны шириной 15...20м, которые обсаживаются колючими кустарниками.

**Лесомелиорация прудов и озер** предусматривает создание защитных водоохранных насаждений ППП и формирование ВЗ, защищающих их берега от разрушения и дальнейшего заиления, а также загрязнения. Лесные насаждения представлены полосами, которые подразделяются на **нижние, средние и верхние** (СМ. ЛК). Верхние лесные насаждения имеют обязательную двухъярусную структуру.

### **3.2 Водоохранные мероприятия в проектах гидротехнических мелиораций**

В проектах гидротехнических мелиораций необходимо предусматривать мероприятия по предотвращению загрязнения воды (подземной и поверхностной), формированию культурного ландшафта и увеличению рекреационной ценности местности.

Все водоохранные мероприятия подразделяются на организационно-хозяйственные, агротехнические, мелиоративные и гидротехнические. Особое внимание в проектах уделяют разработке организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий непосредственно на водосборе.

**К организационно-хозяйственным мероприятиям** относят:

- мелиорация не проводится на территории заповедников, национальных парков, памятников природы и отдельных категорий заказников. Вблизи них (на расстоянии 7 км) мелиорация возможна только после экологического обоснования.

- в целях экологической устойчивости и эстетической ценности, выполнения ресурсо-воспроизводящих функций и сохранения саморегулирующей способности оставлять (не мелиорировать) часть мелиоративного фонда водосбора реки, равного 25 - 30% площади водосбора, но не мене 15% площади торфяных месторождений.

- для поддержания количества и качества водных ресурсов не мелиорируются торфяные месторождения, расположенные на водоразделе и являющиеся источником питания рек и озер.

- для сохранения дикорастущих ягод и лекарственных трав не мелиорируются торфяные месторождения, если ценные растения одного вида покрывают 15% и более площади участка, или при разнообразии видового состава территории.

- из объекта сельскохозяйственной мелиорации исключаются:

а) естественные водоемы (в том числе глубокие непересыхающие старицы), верховые болота, ключи, родники, участки активной разгрузки подземных вод;

б) леса, имеющие научное, историко-культурное, рекреационное, водоохранное значение, особо защитные участки леса;

в) все леса, если лесистость водосбора составляет менее 20%; при 20 - 40% предусматривается обоюдная трансформация, не снижающая в итоге общую лесистость;

г) полезащитные лесные полосы, защитные и декоративные насаждения у населенных пунктов;

д) торфяные месторождения в истоках и устьях водотоков в пределах природоохранных полос и ландшафтно-экологических ниш;

е) участки заготовки дикорастущих ягод, лекарственных растений;

ж) места обитания (произрастания) редких и исчезающих, ценных хозяйственно-полезных видов животных и растений;

з) миграционные коридоры;

и) ландшафтно-экологические ниши;

к) глубокие сильно обводненные болотные и минеральные заболоченные замкнутые понижения;

л) покрытые кустарником участки дерновых, дерново-карбонатных, дерново-подзолистых песчаных и рыхлосупесчаных почв;

м) запрещается регулирование русла реки без специальных обоснований и согласований.

- соблюдение правил транспортировки, хранения и внесения удобрений и пестицидов;

- запрещение внесения любых видов удобрений по снежному покрову;

- ограничить применение азотных удобрений осенью;

- соблюдение норм применения удобрения и пестицидов и их равномерное распределение по площади сельскохозяйственных угодий;

- исключение авиаобработки посевов в случаях отсутствия условий для ее применения, в частности полное запрещение авиаобработки пестицидами

полей, расположенных ближе 1000 м от населенных пунктов и 2500 м от берегов водоемов;

- строительство складов для хранения удобрений и пестицидов, взлетно-посадочных полос, площадок для заправки удобрениями в местах, отвечающим техническим условиям в согласии с санитарно-эпидемиологической службой и рыбоохраной;

- при обосновании размещения животноводческих подразделений на водосборах с высокой нормой осадков предусматриваются системы, предотвращающие слив навоза и навозных стоков дождевыми и тальными водами. Выбор места для открытых площадок производится с учетом топографии, крутизны склона и наличия протекающих водотоков;

- избегать выпаса скота на крутых склонах со слабым почвенным покровом.

#### **Агротехнические мероприятия:**

##### *а) при внесении минеральных удобрений:*

- применение оптимальных доз удобрений с учетом вида и планируемого урожая, а также содержания питательных веществ в почве;

- внесение фосфорно-калийных удобрений под зяблевую вспашку в полной или не менее 65% от полной нормы;

- внесение азотных удобрений весной с заделкой на глубину вспашки;

- использование минимально подвижных форм азотных удобрений (сульфат аммония, мочевины, аммиачная селитра);

- внесение дробно высоких доз азотных удобрений с снижением основной дозы на 20-40% от запланированной на вегетацию с последующей 2-3 разовой подкормкой в период наибольшей потребности растений в азоте;

- ограничение распашки пойм, выполнение ее пахотой поперек склона и выращивание культур с развитой корневой системой;

- увеличение густоты посевов с целью создания условий для повышенной влагообеспеченности и максимального использования растениями питательных веществ из удобрений и почвы, уменьшая тем самым вероятность выноса биогенных веществ с поверхностным стоком;

- осуществление междурядной обработки пропашных культур с целью интенсивного использования биогенных элементов и увеличения аккумулирующей емкости пахотного слоя почвы;

##### *б) при применении пестицидов:*

- определять необходимость химических обработок, устанавливать минимальные дозы расхода пестицидов и оптимальные сроки обработки посевов;

- практиковать ленточный способ внесения пестицидов одновременно с посевом или междурядной обработкой для снижения опасности накопления остаточных количеств пестицидов и в целях уменьшения норм расхода;

- применять гранулированные формы почвенных пестицидов для обеспечения стабильной концентрации и уменьшения вероятности смыва их поверхностным стоком;

- использовать пестициды кратковременного действия;
- применять хлорорганическую группу пестицидов в севообороте не чаще одного раза в три года.

#### **Мелиоративные:**

- сохранение вдоль магистральных каналов нераспаханных полос шириной не менее 1-2м;
- залужить прилегающие к каналам полосы шириной 1-2м;
- устройство пахотных угодий при малых уклонах поверхности (меньше 0,0005) не ближе 30 м, а при больших уклонах (больше 0,002) – не ближе 100 м от уреза среднегодового горизонта воды в реке, озере;
- проведение распашки земель параллельно береговой полосе водоема с оставлением луговины;
- осуществление систематического ухода за каналами, не допуская при этом применения гербицидов;
- регулирование интенсивности дождя при орошении, не допуская возникновения поверхностного стока;
- максимальное применение осушения с помощью закрытых дренажных систем, так как они снижают вынос биогенных веществ;
- поддержание оптимального положения УГВ в зависимости от сельскохозяйственной культуры и периода вегетации, что обеспечивает наиболее полное усваивание удобрений растениями.

#### **Гидротехнические:**

- устройство прудов-отстойников, прудов накопителей в устьевых частях мелиоративных каналов для выдерживания и обеззараживания дренажного стока перед сбросом в водный объект;
- создание сооружений, повышающих степень аэрации воды в магистральных каналах;
- сооружение прудов биологической очистки дренажных вод;
- создание систем обвалования земель, исключающих затопление во время паводков;
- минимальные потери земляных угодий под сооружениями (дамбами, насосными станциями, проводящей сетью и дорогами);
- сохранение растительного слоя, снятого с трасс каналов, дамб, дорог для последующего использования при покрытии откосов дамб и каналов;
- залесение низкопродуктивных почв, не пригодных для сельскохозяйственного использования;

Из обширного экспериментального материала известно, что только 40...60% вносимых азота, калия, фосфора усваивается растениями. Остальное количество или закрепляется в почве или с грунтовыми водами попадает в водные объекты. Качество воды ухудшается, ее использование для различных нужд требует специальных методов очистки.

Известно использование *цеолита* в качестве сорбента при очистке дренажных вод от питательных элементов на хорошо фильтруемых почвах. Однако это довольно недешевый способ очистки грунтовых вод, поскольку для

качественного решения данной задачи требуется большое количество цеолита - 250 т/га. С учетом того, что месторождения цеолита находятся, в основном, в Сибири, стоимость использования цеолита увеличивается из-за высокой стоимости его транспортировки.

Учеными предлагается использовать высушенный и замороженный в отстойниках сапропель, представляющий собой сыпучий материал диаметром фракции до 3мм, влажностью до 60 %. Он с трудом намокает в воде даже в размолотом состоянии, в контакте с почвой он становится активным сорбентом.

Экраны из смеси почва-сапропель можно создавать как в процессе укладки дренажных труб в траншеи, так и для уже действующей дренажной системы. В первом случае после укладки дрен 1 на дно траншеи и засыпки 2 их рыхлым грунтом на 30...50 см, производят отсыпку смеси почвы+сапропеля 3 слоем до 20 см и окончательно засыпают траншею грунтом. Глубина расположения прослойки с сапропелем варьирует в зависимости от вида грунта, глубины закладки дрен и других конкретных условий укладки дренажа. **Во втором случае** вскрывают дренажную засыпку на глубину 50 см, проводят засыпку смеси до поверхности почвой. После создания экрана осуществляют глубокое рыхление любым способом, не двигаясь не через глинистый монолит, а по подошве следа рыхлителя к рыхлой дренажной засыпке и через нее, фильтрующую прослойку со смесью сапропеля и грунта в дренаж.

Поглощающая способность слоя сапропеля-почва, сохраняется до 5 лет при внесении минеральных удобрений (РК)<sub>90</sub> ежегодно. В конце этого срока отбирают дренажные воды с анализом на содержание РК. Если они превысят нормативы, то с помощью плуга с винтовым корпусом с глубиной пахоты до 50см слой сорбента разрушается и с полным оборотом пласта оказывается на поверхности почвы. Обычными почвообрабатывающими машинами (плуги, бороны и т.п.) происходит подготовка поля для посева сельскохозяйственной культуры. Вдоль трассы дрен образует слой, обогащенный питательными элементами. Можно опять создать слой поглотителя на нужной глубине и т.д. При большом содержании РК в смеси почва+сапропель возможно сгребание этой смеси в кучи бульдозером с погрузкой в разбрасыватель органических удобрений РОУ-5 с последующим рассеиванием по полю.

### **3.3 Водоохранные мероприятия при орошении сточными водами.**

Оросительные системы с использованием стоков следует размещать на равнинных и слабонаклонных участках с глубоким залеганием подземных вод. Коэффициент фильтрации подстилающих пород должен быть не менее 3 м/сут. При низких коэффициентах фильтрации проводят глубокое рыхление. По отношению к жилой застройке оросительные системы размещают с подветренной стороны, между застройками (производственными, железными и автомобильными дорогами) предусматривают санитарно-защитные зоны шириной от 25 м (для дорог) до 200 м. Зоны имеют полосы лесных насаждений шириной 15-20 м.

Орошение сточными водами решает две задачи:

- **обогащает почву** водой и питательными веществами, что способствует получению высоких урожаев и сокращает затраты удобрений;
- **производит очистку** и обеззараживание сточных вод, снижая тем самым вероятность загрязнения водных объектов.

**Водоохранные мероприятия** при орошении стоками включает следующие требования (организационно-хозяйственные и технические):

- ЗПО должны располагаться не ближе 200-1000 м от населенного пункта, шахтного колодца или другого водоисточника;
- не допускается использовать территорию под ЗПО, где имеется выход на поверхность подземных вод;
- запрещается использовать при ЗПО территорию первого и второго поясов зоны санитарной охраны водоисточников водоснабжения, а также территорию санитарной охраны курортов;
- запрещается использовать под поля ЗПО территорию водоохраных зон поверхностных водных объектов;
- запрещается сброс стоков из навозохранилищ и оросительных систем в водоемы и водотоки. Дренажный сток, поступающий в водоем, должен отвечать требованиям «Правил охраны поверхностных вод», **регламентирующий** условия сброса для водоемов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного использования;
- для предотвращения неблагоприятного санитарно-эпидемиологического влияния на насаждения и животных между орошаемой стоками территории и застройками, автомобильными и железными дорогами, животноводческим комплексом **необходимо предусматривать санитарно-защитную зону**. Величина ее устанавливается расчетом прогноза бактериального загрязнения грунтовых вод и назначается не менее 100 м;
- сельскохозяйственные угодья, орошаемые стоками, отводятся под **кормовые, технические и зернофуражные культуры**. Многолетние травы, играющие буферную роль по приему и обеззараживанию сточных вод в период избыточного увлажнения должны составлять 60-80% севооборота;
- для разбавления сточных вод используют поверхностные воды, подземные и очищенные стоки (прошедших механическую очистку) предприятий пищевой промышленности;
- территория ЗПО снабжаются прудами-отстойниками для аккумуляции точных вод, поступающих с орошаемой территории;
- подготовленные для орошения дождевые сточные воды должны иметь влажность не менее 99%, а размер твердых фракций не более 2,5 мм;
- выбор территории ЗПО, назначение их границ обсуждается на собраниях трудовых коллективов, жителей ближайших к комплексу населенных пунктов.

В условиях достаточной естественной дренированности, во влажные годы поливная норма при использовании стоков не должна превышать 150-180 м<sup>3</sup>/га при влажности не менее 98%.

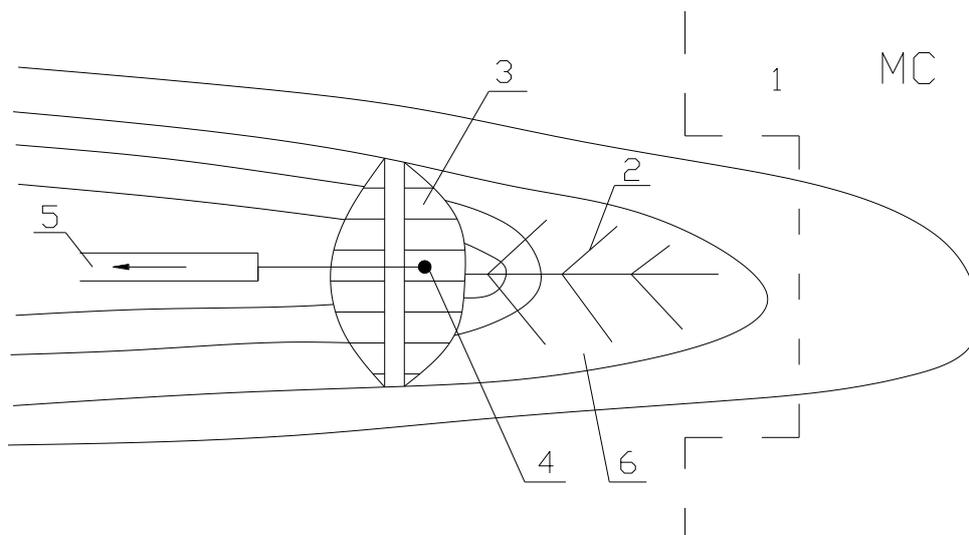
Минимальный показатель степени разбавления стоков  $m$  до требуемой влажности определяется по формуле:

$$n = \frac{W_{TP} - W_{ИСХ}}{100 - W_{TP}}$$

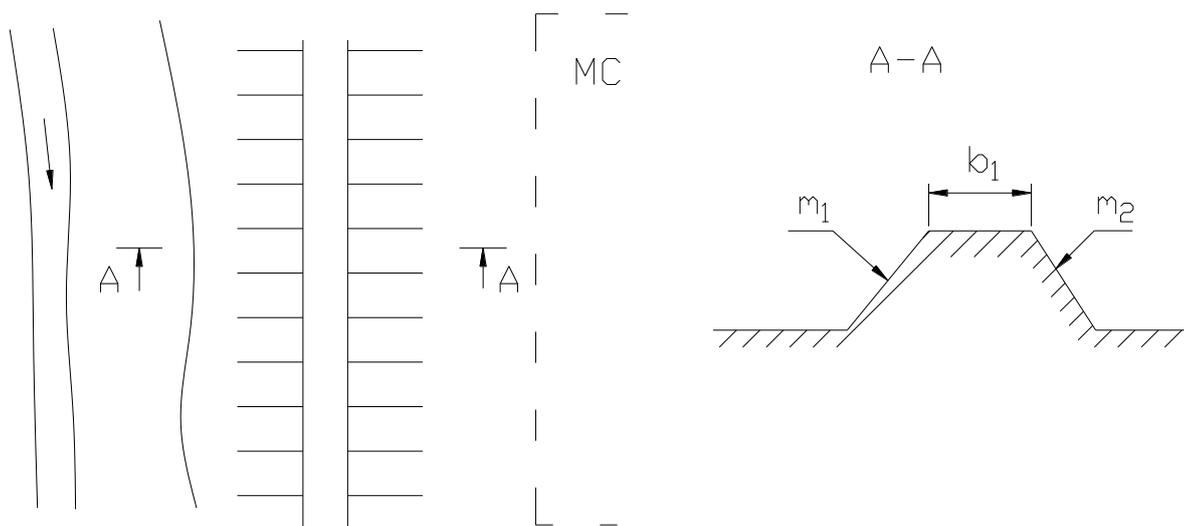
где  $W_{ИСХ}$  – исходная влажность подготовленных стоков в навозохранилище.

Водоохранные мероприятия направлены на предотвращение бактериального загрязнения водных объектов.

а) Пруд-отстойник

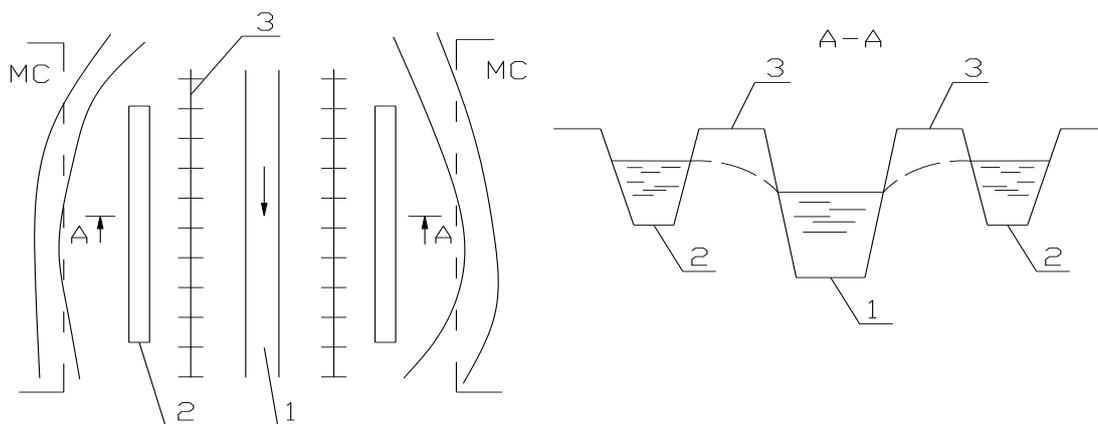


- 1 – поля орошения; 2 – дренаж в ложе пруда; 3 – подпорное сооружение;  
 4 – водовыпуск; 5 – канал; 6 – пруд-фильтр  
 б) Оградительный валик



$m_1 \geq 3, m_2 = 1,5 \div 2,5, b_1 = 3 \text{ м.}$

в) Схема гидравлической завесы, исключающей загрязнение



- 1 – сбросной канал
- 2 – фильтрующий канал-накопитель
- 3 – ограждающая дамба

## Лекция № 6

### Оценка загрязненности поверхностных вод.

1. Этапы оценки загрязненности вод.
2. Проведение оценки.
3. Комплексная оценка.
4. Агроэкономические исследования

#### 1. Этапы оценки загрязненности вод.

**Этапы: I оценивается существующее состояние водных объектов по следующим показателям**

- годовой сток реки различной обеспеченности (50, 75 и 95%);
- максимальный сток весеннего половодья;
- максимальный сток дождевых паводков;
- характеристика уровня режима реки;
- температура воды.

Дополнительно:

А) Для рек рассчитываются гидрологические величины на основании данных гидрометрических наблюдений.

Б) Для водохранилищ и озер также определяются батиграфические характеристики, показатели водообмена, характер зарастания высшей водной растительностью.

В) Для водохранилищ и прудов указываются следующие сведения: название водохранилища (пруда), название зарегулированного водного объекта, тип водохранилища (пруда), назначение водохранилища (пруда), вид регулирования, объем и площадь при нормальном подпорном уровне, данные о гидротехнических сооружениях и др.

Г) Для озер указываются: название озера, морфометрические данные (ширина, глубина, длина, площадь зеркала озера), генетический тип, название впадающих и вытекающих из озера водотоков.

II Приводится характеристика использования водных объектов с указанием цели водопользования (питьевые, хозяйственно-бытовые, сельскохозяйственные, промышленные, рекреационные и др.).

III Оценивается существующий уровень загрязнения водных объектов с точки зрения соответствия/несоответствия содержания загрязняющего вещества в воде нормативам качества воды водного объекта. Анализуются данные о содержании загрязняющих веществ по показателям, используемым для характеристики водных объектов. Для объектов, используемых в целях рекреации, кроме основных загрязняющих веществ рассматривается и уровень загрязнения по показателям санитарно-токсикологического и органолептического характера. Проводится также оценка существующего состояния водных объектов по гидробиологическим показателям.

IV В случае, если проектными решениями предусматривается отведение сточных вод в водные объекты, производится оценка степени загрязнения

донных отложений этих водных объектов по следующим показателям: железо общее, медь, нефтепродукты, никель, ртуть, свинец, хром, цинк. Источниками сведений для оценки существующего состояния водных объектов являются данные мониторинга поверхностных вод Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, государственного водного кадастра и т.п. В случае, если планируемая деятельность (объект) является источником сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод, регулярные наблюдения за содержанием которых в водных объектах не ведутся, рекомендуется проводить измерения содержания таких загрязняющих веществ в поверхностных водах. Производится отбор проб воды, отбор проб донных отложений водных объектов. Место отбора проб определяется исходя из предполагаемого места организации сброса сточных вод в водный объект.

### **3. Проведение оценки.**

Оценка состояния поверхностных вод имеет два аспекта: количественный и качественный. И тот и другой аспекты составляют одно из важнейших условий существования живых существ, в том числе и человека. Оценка качества поверхностных вод относительно хорошо разработана и базируется на законодательных, нормативных и директивных документах. Оценка количественных аспектов водных ресурсов (в том числе их загрязнения) преследует двоякую цель. Во-первых, необходимо оценить возможности удовлетворения потребностей планируемой деятельности в водных ресурсах, а во-вторых, – последствия возможного изъятия оставшихся ресурсов для других объектов и жизнедеятельности населения.

Для таких оценок необходимо иметь данные гидрологических особенностей и закономерностей режима водных объектов, являющихся источниками водоснабжения, а также существующих уровней потребления и объемов водных ресурсов, требуемых для реализации проекта. Последнее включает в себя также технологическую схему водопотребления (безвозвратное, оборотное, сезонное и т. д.) и является оценкой прямого воздействия планируемой деятельности на количество водных ресурсов. Однако большое значение имеет также косвенное воздействие, влияющее в конечном счете на гидрологические характеристики водных объектов. К косвенным воздействиям относятся нарушение русла рек (драгами, земснарядами и др.), изменение поверхности водосбора (распашка земель, вырубка лесов), подпруживание (подтопление) при строительстве или понижении грунтовых вод и многое другое. Необходимо выявить и проанализировать все возможные виды воздействий и вызываемых ими последствий для оценки состояния водных ресурсов. В качестве критериев оценки ресурсов поверхностных вод рекомендуются два наиболее емких показателя: величина поверхностного (речного) стока или изменение его режима применительно к определенному бассейну и величина объема единовременного отбора воды. Наиболее распространенным и существенным фактором, обуславливающим дефицит водных ресурсов является загрязнение

водных источников, о котором обычно судят по данным наблюдений служб мониторинга, контролирующих состояние водной среды. Каждый водный объект обладает присущим ему природным гидрохимическим качеством, являющимся его исходным свойством, которое формируется под влиянием гидрологических и гидрохимических процессов, протекающих в водоеме, а также в зависимости от интенсивности его внешнего загрязнения. Совокупное воздействие этих процессов способно как нейтрализовать вредные последствия попадания в водоемы антропогенных загрязнений (самоочищение водоемов), так и привести к стойкому ухудшению качества водных ресурсов (загрязнение, засорение, истощение).

**Способность самоочищения каждого водного объекта, т.е. количество ЗВ, которое может быть переработано и нейтрализовано водоемом,** зависит от разных факторов и подчиняется определенным закономерностям (поступающее количество воды, разбавляющей загрязненные стоки, ее температура, изменение этих показателей по сезонам, качественный состав загрязняющих ингредиентов и др.). Одним из главных факторов, определяющих возможные уровни загрязнения водоемов, помимо их природных свойств, является исходное гидрохимическое состояние, возникающее под влиянием антропогенной деятельности.

Прогнозные оценки состояния загрязнения водоемов могут быть получены путем суммирования существующих уровней загрязнения и дополнительных количеств ЗВ, планируемых к поступлению проектируемого объекта. При этом необходимо учитывать как прямые (непосредственный сброс в водоемы), так и косвенные (поверхностный сток, внутрпочвенный сток, аэрогенное загрязнение и т. д.) источники. Основным критерием загрязнения воды также являются ПДК, среди которых различают санитарногигиенические (нормируют по влиянию на организм человека), и рыбохозяйственные, разработанные для защиты гидробионтов (живых существ водных объектов). Последние, как правило, строже, так как обитатели водоемов обычно более чувствительны к загрязнению, чем человек. Важное место среди критериев экологической оценки состояния водных объектов занимают индикационные критерии оценки. В последнее время биоиндикация (наряду с традиционными химическими и физико-химическими методами) получила достаточно широкое распространение при оценке качества поверхностных вод. По функциональному состоянию (поведению) тест-объектов (ракообразные – дафнии, водоросли – хлорелла, рыбы – гуппи) возможно ранжировать воды по классам состояний и по существу давать интегральную оценку их качества, а также определять возможность использования воды для питьевых и других, связанных с биотой, целей.

### **3. Комплексная оценка.**

Методы комплексно оценки разделяются на две группы.

**К первой** относятся методы, позволяющие оценивать качество воды по совокупности гидрохимических, гидрофизических, гидробиологических, микробиологических показателей. Вода по качеству разделяется на классы с

различной степенью загрязнения. Однако одно и то же состояние воды по разным показателям может быть отнесено к различным классам качества, что является недостатком данных методов.

**Вторую группу** составляют методы, основанные на использовании обобщенных числовых характеристик качества воды, определяемых по ряду основных показателей и видам водоиспользования. Такими характеристиками являются индексы качества воды, коэффициенты ее загрязненности.

Ингредиенты, для которых величина общего оценочного балла больше или равна 11, выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ). Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. По величине комбинаторного индекса загрязненности устанавливается класс загрязненности воды.

На основании вышеизложенного, при проведении оценки воздействия на поверхностные воды необходимо изучить, проанализировать и оформить следующее: 1) гидрографическую характеристику территории; 2) характеристику источников водоснабжения, их хозяйственное использование; 3) оценку возможности забора воды из поверхностного источника на производственные нужды в естественных условиях (без регулирования речного стока; с учетом существующей зарегулированности речного стока); 4) местоположение водозабора, его характеристику; 5) характеристику водного объекта в расчетном створе водозабора (гидрологический, гидрохимический, ледовый, термический, скоростной режимы водного стока, режим наносов, русловые процессы, опасные явления, заторы, наличие шуги); 6) организацию санитарно-защитной зоны водозабора; 7) водопотребление в период строительства объекта, водохозяйственный баланс предприятия, оценку рациональности использования воды; 8) характеристики сточных вод – расход, температуру, состав и концентрации загрязняющих веществ; 9) технические решения по очистке сточных вод в период строительства объекта и его эксплуатации – краткое описание очистных сооружений и установок (технологическая схема, тип, производительность, основные расчетные параметры), ожидаемая эффективность очистки; 10) повторное использование вод, оборотное водоснабжение; 11) способы утилизации осадков очистных сооружений; 12) сброс сточных вод – место сброса, конструктивные особенности выпуска, режим отведения сточных вод (периодичность сбросов); 13) расчет ПДС (предельно допустимый сброс) очищенных сточных вод; 14) характеристику остаточного загрязнения при реализации мероприятий по очистке сточных вод (в соответствии с ПДС); 15) оценку изменений поверхностного стока в результате перепланировки территории и снятия растительного слоя, выявление негативных последствий этих изменений на водный режим территории; 16) оценку воздействия на поверхностные воды в процессе строительства и эксплуатации, включая последствия воздействия отбора воды на экосистему водоема; тепловое, химическое, биологическое загрязнение, в том числе при авариях; 17) оценку

изменений русловых процессов, связанных с прокладкой линейных сооружений, строительством мостов, водозаборов и выявление негативных последствий этого воздействия в том числе на гидробионты; 18) прогноз воздействия намечаемого объекта (отбор воды, остаточное загрязнение при сбросе очищенных сточных вод, изменение температурного режима и др.) на водную флору и фауну, на хозяйственное и рекреационное использование водных объектов, условия жизни населения; 19) организацию контроля за состоянием водных объектов; 20) объем и общую стоимость водоохраных мероприятий, их эффективность и очередность реализации, включая мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий аварий.

## Лекция № 7

### Расчет экологически опасных уровней воды.

1. Экологические последствия экстремальных уровней.
2. Расчет экстремальных уровней при наличии данных наблюдений.
3. Расчет экстремальных уровней при отсутствии наблюдений.

#### 1. Экологические последствия экстремальных уровней.

Экологические последствия экстремальных уровней. Кроме данных о стоке воды, очень важными для водного хозяйства являются и уровни воды рек и озер. Эксплуатация водного объекта, её эффективность иногда напрямую связана с высотой стояния уровня. Низкие уровни лимитируют работу водозаборов для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, судоходство, лесосплав, рыбное хозяйство. Высокие и наивысшие уровни вызывают подтопление и затопление территорий, сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов. Уровни в период наводнений вызывают большие хозяйственные потери и часто уносят человеческие жизни. Высота стояния уровней в реках и озерах влияет и на экологическую ситуацию: на биопродуктивность водоемов, подтопление и затопления вызывает гибель лесов, способствует заболачиванию, при высоких уровнях и затоплении хозяйственных и селитебных территорий смываются в реки различные загрязнения.

В целом к экологическим последствиям наводнений следует отнести изменения химического состава воды и резкое ухудшение ее качества, воздействие наводнений на почвы, русловые деформации, нарушения растительного покрова и воздействие на животный мир.

Во время наводнений мутность воды рек достигает своего максимума, при этом резкое ее увеличение наблюдается в период подъема уровня воды. Графики зависимости средней мутности и расхода взвешенных наносов от расхода воды имеют петлеобразный вид, что не характерно для обычных условий.

Во время наводнений резко уменьшается величина общей минерализации и содержание главных ионов Ca, Mg, Na, HCO<sub>3</sub>, Cl. Существенно увеличивается вынос калия и органических веществ с водосборного бассейна.

Зависимость содержания отдельных ионов от расходов воды имеет сложную, часто петлеобразную форму. К примеру, зависимость между содержанием в речной воде общего фосфора и расхода воды имеет форму, близкую к треугольнику. Еще более сложный характер имеют зависимости между расходами воды и концентрациями тяжелых металлов, пестицидов и других органических веществ. При наводнении качество воды в водотоках закономерно ухудшается: концентрации тяжелых металлов, биогенных элементов, пестицидов резко возрастают. Это ухудшение тем существенней, чем сильнее проявления антропогенных нарушений водосборной территории.

Особую опасность во время наводнений представляют аварийные разливы токсичных химических веществ, нефти и нефтепродуктов при нарушении трубопроводов и резервуаров. При этом количество веществ, попадающих в водные объекты, достигает многих сотен ПДК. В результате образуются потоки загрязненных вод, отличающихся исключительно нестационарным гидрохимическим режимом, который трудно поддается контролю.

Наводнения оказывают существенное влияние на почвы, их свойства и уровень плодородия. Гидрологические последствия наводнений носят как позитивный, так и негативный характер и отчетливо проявляются на территориях речных пойм.

Небольшие по интенсивности наводнения, наблюдающиеся во время весеннего снеготаяния на равнинных реках, при оптимальных сроках затопления, небольших скоростях прохода полых вод и определенной мощности аллювиальных наносов в пойме и первых террасах положительно влияет на почвы и сопредельные компоненты природных ландшафтов. К положительным следствиям таких наводнений относятся: выравнивание рельефа поймы, обогащение почв плодородными пылевато-илловатыми частицами и органическими остатками, удаление легкорастворимых солей, насыщение почв пресной водой, гибель сорных растений и вредителей сельскохозяйственных культур.

Плодородие пойменных почв возрастает, если продолжительность стояния воды не превышает 20-25 дней, а мощность отложений колеблется в пределах 0,1-0,7 см. Как правило, аллювиальные отложения небольшой мощности характеризуются повышенным содержанием мелких фракций, благоприятными минералогическим и химическими свойствами, значительными запасами биогенных элементов. Максимальная толщина отложений характерна для прирусловой полосы узких пойм. Аллювиальные отложения большой мощности часто состоят из песчаных частиц, бедных питательными веществами. Пойменные почвы, гумусовые горизонты которых оказываются погребенными под мощным слоем песка, теряют значительную часть своего плодородия.

Катастрофические наводнения негативно влияют на пойменные ландшафты. Такие наводнения, прежде всего, сопровождаются водной эрозией и потерей части плодородного гумусового слоя почв. Вопрос об оценке ущерба земель от эрозии и потерь плодородия почв в долинах рек от наводнений до сих пор остается мало изученным.

В зависимости от степени эродированности почв (градаций эродированности) снижаются запасы гумуса в метровой толще почв от 10 до 75-100% по сравнению с неэродированными аналогами. При этом абсолютные величины снижения запасов гумуса колеблются в широких пределах от 54—94 до 149-277 т/га в почвах разного генезиса. Отмечается заметное снижение плодородия эродированных почв и по запасам подвижных форм азота,

фосфора и калия (N, P и K). Потери N достигают от 2,7 до 14,0 т/га, P- до 1608 К - от 59,0 до 6353 кг/га

Очень продолжительная поемность, превышающая 30 дней, сопровождается развитием процессов оглеения и заболачивания, что негативно сказывается на уровне плодородия почв.

Во время наводнений происходят активные русловые деформации, которые могут быть как горизонтальными, изменяющими положение русла в плане, так и вертикальными, изменяющими отметки его дна. Размывы берегов приводят к разрушению построек и сооружений, опор линий электропередачи, мостовых переходов, активизируют оползни и обвалы, ведут к потерям земельных угодий. С другой стороны, могут произойти занесение и обмеление акваторий портов, водозаборных сооружений. Такие деформации, периодические по своему воздействию, особенно ярко проявляются при наличии широких пойм, когда ширина поймы в 2-3 раза больше ширины русла.

Существует классификация участков рек России по опасности проявления русловых процессов, основанная на объективных показателях (крупность аллювия, уклон рек, строение поймы), которая позволяет оценить устойчивость русел рек к размывам.

В процессе эволюции происходит естественный отбор растений, приспособившихся к кратковременным паводкам в поймах рек. Хорошо известно, что заливные луга в долинах рек отличаются наибольшей продуктивностью. Высококультурные кормовые угодья способны дать урожай до 60 ц/га при средней продуктивности остальных пойменных угодий до 20 ц/га.

Развитие растений на затопляемых угодьях во многом зависит от сроков затопления полыми водами, глубины затопления, уровня грунтовых вод, температуры полый воды и почв, мощности и состава аллювиальных отложений, а также от видовых особенностей растений.

Установлено, что затопление поймы на срок 10—20 сут. не нарушает развития луговой растительности, а в послепаводковый период наблюдается быстрый ее рост благодаря хорошему увлажнению почвы. При продолжительности затопления более 50 дней может произойти угнетение роста и развития растений, часто сопровождающееся их гибелью. Учет степени выносливости растений помогает правильно подобрать виды растений или их смеси для посева на пойме. Злаки отличаются большей устойчивостью к затоплению по сравнению с бобовыми. Если донник и люцерна нормально развиваются лишь при кратковременной и средней продолжительности затопления, то костер, овсяница, пырей, тимофеевка, канареечник и бекмания хорошо переносят условия более продолжительной поемности.

При длительном увлажнении почв (период затопления до 15 -20 сут.) наибольшие урожаи и хорошие кормовые качества травосмесей обеспечивают такие виды, как костер безостый, клевер красный, чина луговая, мышиный

горошек, клевер ползучий, лисохвост луговой, пырей ползучий, тимофеевка луговая.

Специальных исследований, посвященных влиянию наводнений на животный мир, не проводилось. В целом можно сказать, что наводнения, по-видимому, благоприятно сказываются на отдельных видах насекомых и земноводных, водоплавающих птиц и животных. Однако для большинства животных наводнение - это бедствие.

Во время катастрофических наводнений часто гибнут дикие и сельскохозяйственные животные. После спада воды многие животные вынуждены мигрировать в другие районы из-за недостатка пищи, а для сельскохозяйственных приходится закупать корма из-за потери естественных кормовых угодий. Ухудшение качества воды в водных объектах неблагоприятно сказывается на состоянии целых популяций рыб, птиц и животных. Особенно опасно для животного мира загрязнение природных вод токсическими веществами, нефтью и нефтепродуктами, что может привести к массовой гибели.

## **2. Расчет экстремальных уровней при наличии данных наблюдений.**

При наличии данных наблюдений в виде репрезентативного ряда наивысших (наинизших) уровней строят кривые обеспеченности аналогично годовому (максимальному, минимальному) стоку и определяют уровни заданной обеспеченности. При этом кривые обеспеченности строят для фазово-однородных уровней. Это наинизшие уровни летней и зимней межени или максимальные уровни весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков. Если ставится задача (например, при проектировании водозабора) определить наинизшие уровни независимо от генезиса, то в каждом году выбираются низшие уровни, фиксируемые в любое время года при условии однородности рядов. То же относится к максимальным уровням (Свод правил..., 2004). При наличии на реке ледовых явлений в период стояния максимальных уровней (например, при весеннем ледоходе) строят две кривые обеспеченности. Одну для наблюдаемых уровней, другую для наивысших уровней при свободном состоянии русла. Эти уровни определяют по кривой расходов воды  $Q=f(H)$ . Расчет наивысших уровней при свободном состоянии русла при однозначной связи  $Q=f(H)$  производится при условии равной обеспеченности максимальных уровней и расходов. Для каждого гидрометрического створа, где измеряют уровни и расходы воды, строят зависимость  $Q=f(H)$  (рис. 1).

Эта зависимость нужна для определения ежедневных расходов воды. Дело в том, что расходы воды измеряют не каждый день, а раз в десять дней. Уровень же воды измеряют ежедневно. Построив такую связь  $Q=f(H)$  и зная ежедневный уровень, можно по этой кривой определить ежедневные расходы.

Перенос расчетных наивысших уровней с одного пункта в другой при свободном состоянии русла в зависимости от наличия данных гидрометрических наблюдений может производиться следующими методами:  
- по кривым расходов;

- по кривым связи соответственных уровней;
- по уклону водной поверхности.

Перенос уровней по кривым расходов  $Q=f(H)$  возможен на беспроточном участке одной и той же реки при условии, что расход считается одинаковым на этом участке. Необходимо иметь опорный створ с длительным периодом наблюдений. Для этого створа строят кривую  $Q=f(H)$ . В расчетном створе проводят краткосрочные наблюдения, по ним так же строят кривую  $Q=f(H)$  в той же системе отметок, что и на основном створе. Получают две кривые (рис 7.3). По расходам заданной обеспеченности определяют расчетный уровень в расчетном створе: Перенос по кривым связи соответственных уровней осуществляется, если параллельными наблюдениями (на основном посту и расчетном посту) охвачено не менее 80 % амплитуды многолетнего колебания уровней. Кривые связи строят по характерным соответственным уровням и ежегодным значениям высших (низших) уровней (рис 2, 3).

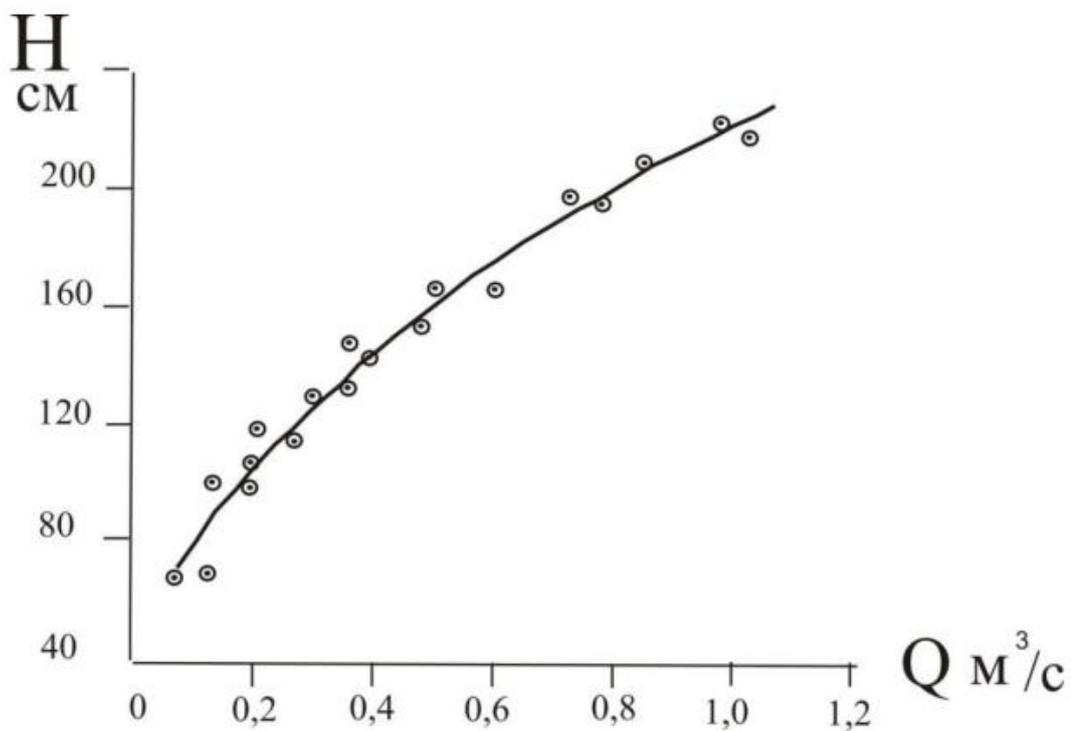


Рисунок 1- Кривая расходов воды

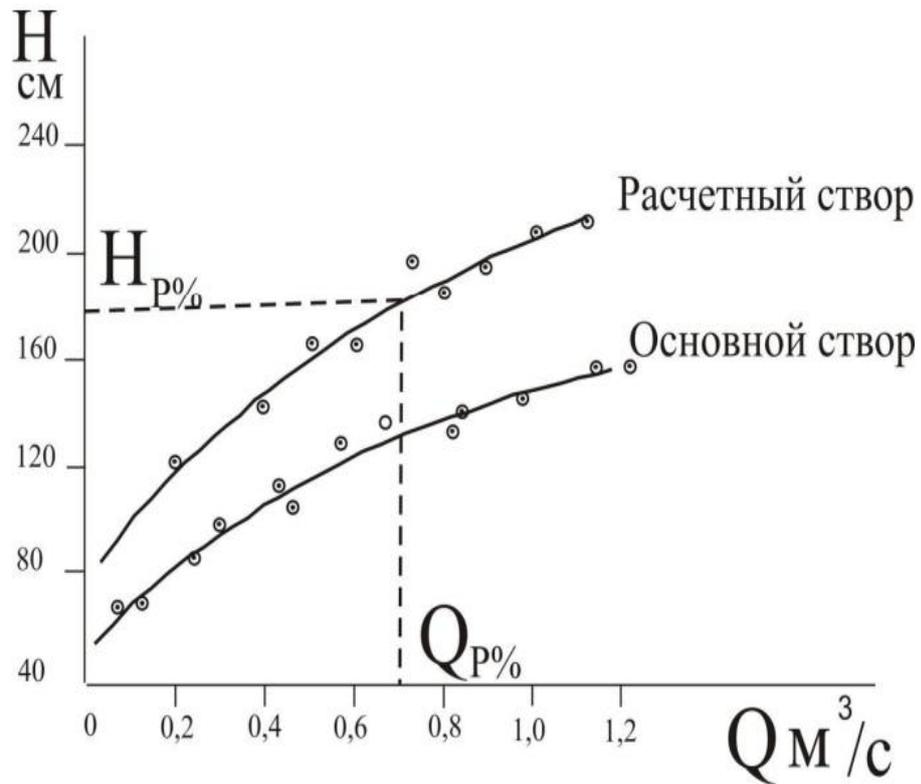


Рисунок 2- Перенос уровней по кривым расходов

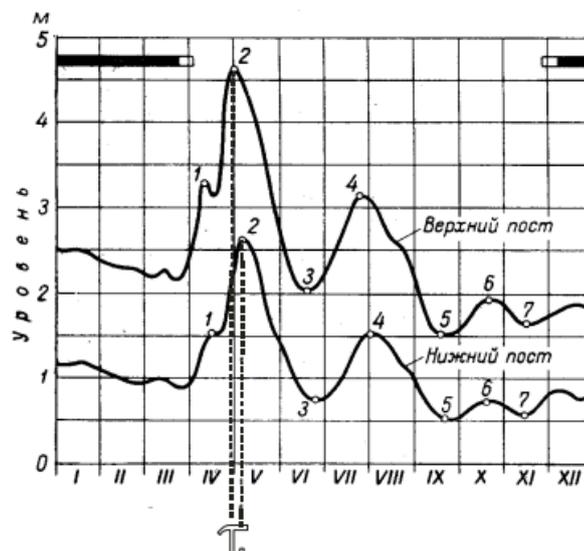


Рисунок 3 - Соответственные уровни воды

Колебания уровней на двух постах, расположенных на одной реке на небольшом расстоянии друг от друга, обнаруживают явное подобие в общих очертаниях и в особенности расположения характерных точек (гребни паводков, низкие уровни). Такие уровни двух постов, соответствующие однородным фазам, называются соответственными уровнями. Соответственные уровни сдвинуты относительно друг друга на величину времени добегания воды  $\tau$  от верхнего поста к нижнему. Зная уровень на верхнем посту, всегда можно определить его на нижнем.

Перенос уровня по уклону водной поверхности производится с учетом его изменений при изменении уровня воды, т.е. имеется в виду, что уклон

меняется при изменении уровня. Расстояние, на которое можно переносить уровень зависит от морфометрических характеристик русла и поймы. Уклон измеряется в промилле (‰). Это означает падение отметок местности в метрах на километр. Тогда, зная уклон, допустим  $i=2,3$  ‰ и расстояние от основного створа вниз по течению, например 5 км, мы можем сказать, что абсолютная отметка уровня в расчетном створе будет ниже на  $2,3 \times 5 = 11,5$  м. Разновидностью способа является перенос отметки по продольному профилю водной поверхности. В э том случае необходимо иметь два поста, на которых есть ряды наблюдений за уровнями, а расчетный створ находится между ними. Приняв условие, что продольный профиль водной поверхности между постами имеет постоянное падение, можно определить уровень в расчетном створе. Перенос на другие створы расчетных уровней воды в период ледохода при отсутствии заторов производится по графикам связи соответственных уровней или по кривым расходов  $Q=f(H)$  с учетом  $K_{зим}$ .

$K_{зим}$ . – определяется по данным наблюдений в основном створе. Поясним, что такое  $K_{зим}$ .

Зимой в период ледостава и вообще при ледовых явлениях при одном и том же уровне расходы будут меньше, чем летом при открытом русле. Иначе говоря, при одном и том же уровне зимой меньше, чем летом (рис 5). Поэтому на кривой связи  $Q=f(H)$ , точки зимних расходов лежат выше. Отношение зимних и летних (снятых с кривой  $Q=f(H)$ ) расходов и дает  $K_{зим}$ .

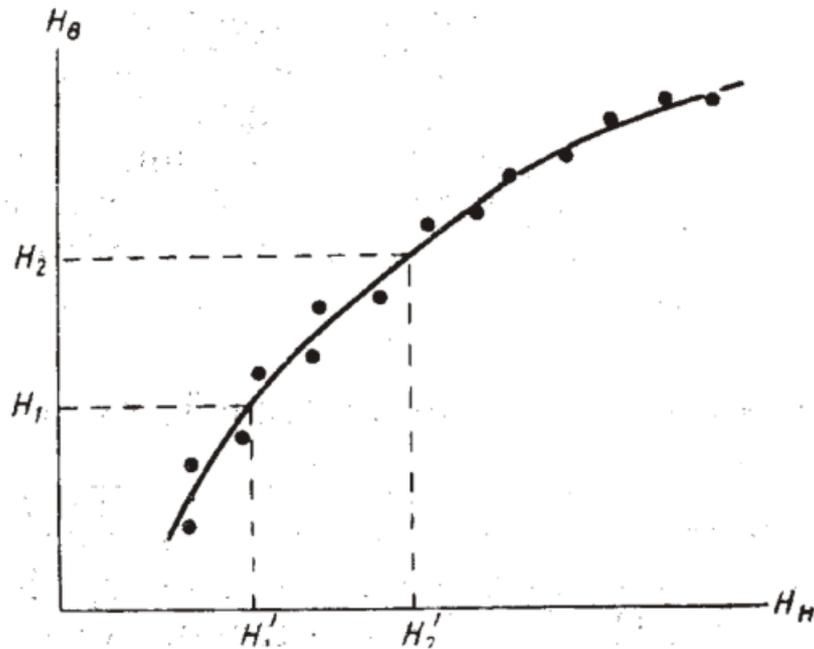


Рисунок 4 - График связи соответственных уровней

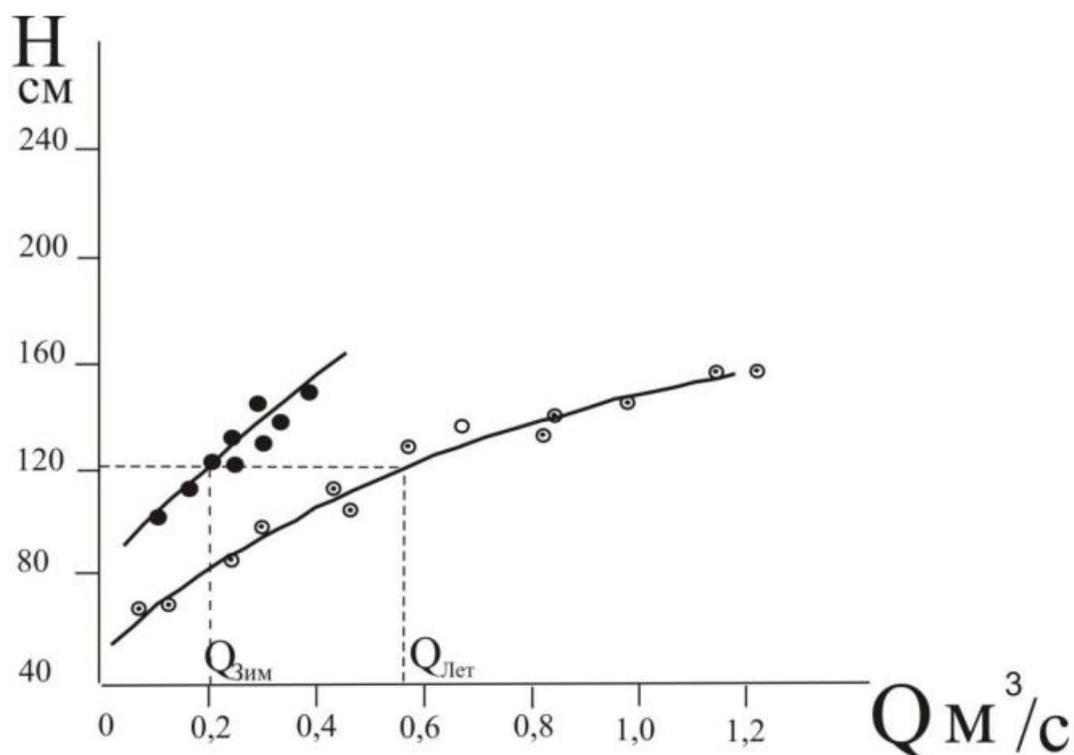


Рисунок 5 - Кривые расходов для периода ледостава и свободного русла

Перенос уровней при заторах осуществляется на расстояние не более 3 км на малых и средних реках и до 10 км на больших реках по уклону водной поверхности. На большие расстояния перенос производится при наличии данных о продольном профиле водной поверхности (т.е. надо проводить гидрологические изыскания).

Определение уровня на озерах при наличии данных наблюдений аналогично рекам. На озерах засушливой зоны, где наблюдаются длительные циклические колебания уровня, необходимо выполнить специальные исследования по морфометрии котловины по архивным материалам.

Перенос наивысших уровней воды озер от опорного гидрологического поста к другим постам производится по графикам связи уровней с учетом волнения и ветрового нагона.

### 3. Расчет экстремальных уровней при отсутствии наблюдений.

При отсутствии данных наблюдений наивысшие уровни определяются по кривой связи  $Q=f(H)$ , которая строится или по данным измеренных расходов и уровней при изысканиях, или по уравнению Шези (1) с учетом меток высоких вод, морфометрических и гидравлических характеристик русла.

$$Q = \omega c R i, \quad (1)$$

где:  $Q$  - расход в данном створе реки;  $T$  – площадь поперечного сечения при данном расходе;  $R$  - гидравлический радиус;  $i$  – уклон потока в районе данного створа. Известными методами инженерной гидрологии определяют максимальный расход заданной обеспеченности  $Q_{\max}$ . Путем изысканий устанавливают поперечный профиль русла и строят его на миллиметровой

бумаге. Зная коэффициент Шези  $C$  (из справочников или по уравнениям Павловского, Маннинга и др.) и уклон  $i$  назначают уровень  $H_1$  и определяют по графику  $R_1$  и  $T_1$ , рассчитывают значения  $Q_1$ . Если оно совпало с рассчитанным значением  $Q_{\max}$  заданной обеспеченности, то расчет прекращают. Иначе повторяют с новым значением  $H_2$  и т.д.

Для учета более высокого уровня при ледоходе (по сравнению с периодом свободного русла) необходимо вводить поправку на  $K_{\text{зим}}$ .

Если нет гидрометрических данных, то принимают следующие значения  $K_{\text{зим}}$ :

малые и средние реки  $K_{\text{зим}} = 0,8 - 0,9$ ;

большие реки  $K_{\text{зим}} = 0,91 - 0,95$ .

Для озер расчетные уровни воды определяются на основании примерных профилей, которые выполняются при полевых изысканиях. Получают объем котловины при различных уровнях  $W=f(H)$ . Начальный предпаводочный уровень определяют при полевых гидрологических изысканиях. Во время половодья известными методами определяют приток в озеро  $W$  и по кривой  $W=f(H)$  определяют уровень  $H_{\max}$   $p\%$ .

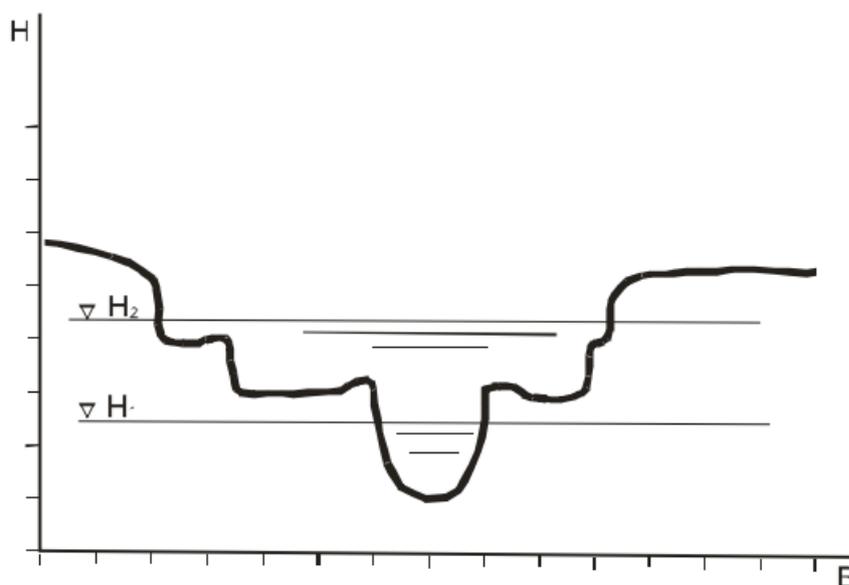


Рисунок 6 - Поперечный профиль речного русла в период низкого  $H_1$  и высокого  $H_2$  уровня воды.

## Лекция № 8

### Оценка влияния хозяйственной деятельности на речной сток.

1. Статистические методы.
2. Воднобалансовые методы

#### 1. Статистические методы.

Антропогенная деятельность является мощным стокоформирующим фактором и наряду с такими естественными факторами, как осадки, испарение, заболоченность, залесенность и др. оказывает существенное воздействие как на режим стока, так и его величину. Причем одни антропогенные факторы совершенно достоверно изменяют сток в сторону уменьшения (увеличения), другие оказывают неоднозначное и часто неопределенное влияние. Совершенно однозначно, сооружение прудов и водохранилищ уменьшает годовой сток. Он расходуется на испарение с зеркала водохранилищ и хозяйственные нужды (орошение, обводнение, водоснабжение). В то же время сток летней и зимней межени может возрасти за счет сброса аккумулированного в водохранилище речного стока. В то же время, например, залесенность водосбора оказывает неоднозначное влияние. Иногда сток уменьшается, иногда увеличивается. Ученые пока еще по этому поводу не пришли к единому мнению. Примеры антропогенного влияния можно перечислять долго. Однако, дело в том, что сейчас антропогенный фактор приобрел столь большое значение, что его необходимо учитывать в расчетах стока при оценке его экологической роли. При этом выделяются следующие группы методов (Евстигнеев, 1990):

- статистические;
- воднобалансовые;
- математического моделирования;
- физического моделирования;
- активного эксперимента.

Применительно к конкретной задаче, территории или в интерпретации того или иного автора указанные методы приобретают характер расчетных схем и будут рассмотрены ниже. Статистические методы базируются главным образом на материалах стандартных гидрометрических наблюдений. Они имеют свои достоинства и недостатки. Конкретное применение методов можно констатировать в следующих случаях:

- оценка влияния антропогенной деятельности при наличии одного ряда наблюдений, включающего члены как до, так и после антропогенного вмешательства;
  - использование бассейнов-аналогов;
  - использование связей с метеорологическими факторами;
  - применение территориальных корреляционных зависимостей от нескольких факторов.

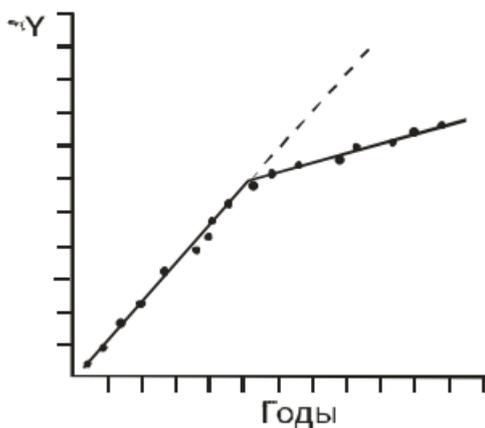


Рисунок 1-Хронологическая интегральная кривая годового стока

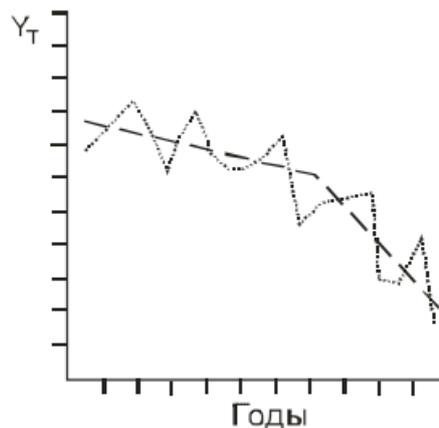


Рисунок 2-Линейный тренд различных участков многолетнего хода годового стока

Если имеется достаточно длительный ряд наблюдений за какимлибо элементом гидрологического цикла и есть подозрение, что на определенном этапе этот элемент подвергался влиянию хозяйственной деятельности, то можно проверить такой ряд на статистическую однородность. В этом случае используются различные статистические критерии, такие как Стьюдента, Фишера, Вилкоксона и др. Следует отметить, что применение этих критериев дает надежный результат при явном наличии антропогенного влияния. Более простой и наглядный путь заключается в построении хронологической интегральной кривой изучаемой величины (рис. 1). В случае антропогенного влияния в определенном месте интегральной кривой будет наблюдаться резкий перегиб. Эта точка на кривой дает начало влияния хозяйственной деятельности. Кроме того, по этой кривой, продолжив ее за точку перегиба, по тенденции можно получить исследуемую гидрологическую величину в не нарушенном состоянии.

Для первоначальной оценки влияния хозяйственной деятельности по многолетнему ряду может быть использован метод линейного тренда (рис. 2). Уравнение линейного тренда рядов гидрометеорологических величин (осадков, испарения, стока и др.).

Рассмотренные приемы статистического анализа одного ряда какойлибо гидрометеорологической величины (критерии однородности, интегральные кривые, тренды) не могут считаться достаточно надежными. Можно допустить грубую ошибку в оценке воздействия антропогенной деятельности на элементы гидрологического цикла при коротких рядах наблюдений и при наличии естественных высоких или низких значений величины. Кроме того, остается неясным сам механизм влияния, и поэтому эти методы часто являются только предварительными. Более надежным считается метод аналогов. Суть его заключается в восстановлении гидрологических характеристик водосбора, режим которого нарушен хозяйственной деятельностью по данным одного или нескольких аналогов, которые

находятся в сходных условиях и имеют естественный режим. Оценка влияния антропогенных факторов осуществляется на основе парной корреляции гидрологической характеристики исследуемого водосбора (ландшафта) с аналогом (рис. 4). Для периодов наличия и отсутствия хозяйственного влияния получают две линии связи. На основе этих связей можно установить начало влияния, его мощность и восстановить значения элемента гидрологического цикла.

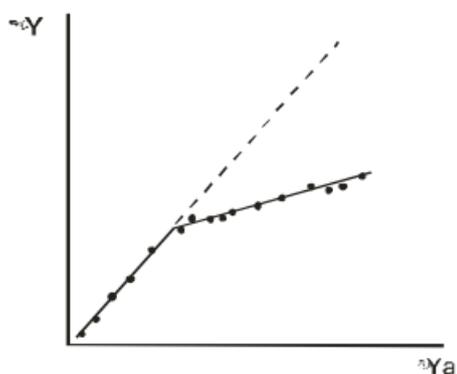


Рисунок 3 - Связь интегральных значений исследуемой реки и реки аналога

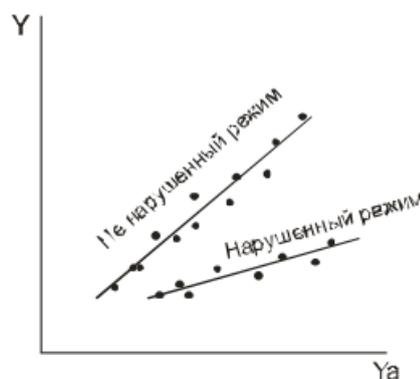


Рисунок 4 - Связи стока исследуемой реки и реки аналога

Так же используются взаимные связи величин исследуемого водосбора и аналога в виде интегральных значений. В этом случае получают очень тесные связи с резким перегибом. Перегиб соответствует началу влияния, а экстраполяция линии связи позволяет восстановить не нарушенные значения гидрологической характеристики (рис 3). Метод аналогов дает более надежные результаты по сравнению с предыдущим, но основная сложность его применения заключается в подборе аналога, не затронутого хозяйственной деятельностью. К аналогу предъявляются определенные требования (географическая близость, сходство климатических и почвенных условий, близкая степень залесенности, заболоченности, распаханности др.), которые так же бывает трудно соблюдать. Как и в первом случае не рассматривается механизм воздействия.

Связи с метеорологическими факторами данной гидрологической величины исследуемого водосбора так же позволяют выявить антропогенное влияние. При этом могут использоваться простые зависимости самих величин (то есть гидрологических и метеорологических) и их интегральные характеристики. Как и в случае с методом аналогов по этим графикам можно определить начало влияния и восстановить ненарушенный режим. Успех в этом случае обеспечен тогда, когда теснота связи достаточно высока. В противном случае выводы могут оказаться ложными.

В частности, для оценки антропогенного влияния на речной сток используются связи с осадками. При этом коэффициент корреляции 124 должен быть не менее 0,8-0,9. Такие связи имеют место в лесной зоне. В аридных и полуаридных районах связи слабые и такой подход не дает результатов. В этом случае используют связи с комплексом

метеорологических факторов. Например, сток весеннего половодья связывают со снегозапасами, увлажнением водосбора, дефицитом влажности и температурой воздуха.

Рассмотренным методам оценки антропогенного влияния на гидрологический цикл по метеофакторам присуще те же недостатки, что и предыдущим методам, однако он может находить применение при отсутствии аналогов, а также, как и другие статистические методы, применяться в качестве первого этапа анализа.

Территориальные зависимости являются, практически, разновидностью предыдущего метода, только связи исследуемой величины от определяющих факторов (не только метеорологических) строят по ряду пунктов одного физико-географического района. Если такие связи достаточно тесные, они могут использоваться и для оценки антропогенного влияния на элементы гидрологического цикла неизученных бассейнов (ландшафтов).

## 2. Воднобалансовые методы

Воднобалансовые методы основаны на изучении процессов, происходящих непосредственно на водосборах или их отдельных участках (частных или элементарных водосборах), где наблюдаются антропогенные изменения элементов гидрологического цикла. При этом, как правило, рассматриваются элементы водного баланса в естественных и нарушенных условиях. Основным преимуществом воднобалансового метода является возможность определения физической сущности происходящего антропогенного воздействия, вскрытия роли каждого фактора и на каждую гидрологическую характеристику. К главному недостатку следует отнести необходимость детальных и многочисленных экспериментальных данных.

$$\Delta Q_{хоз} = \Delta S + \Delta E$$

где  $\Delta Q_{хоз}$  - изменение стока под влиянием хозяйственной деятельности;  $\Delta S$  - изменение запасов воды в бассейне;  $\Delta E$  - изменение испарения.

Основная задача здесь заключается в определении указанных в правой части уравнения величин для всего водосбора или его отдельных участков в естественном и нарушенном состоянии. Для прогноза стока может быть использовано более детальное уравнение:

$$Q_{прог} = Q_{ест} + \Delta Q_{вод} + \Delta Q_{ор} + \Delta Q_{пр.к.} + \Delta Q_{с-х} + \Delta Q_{б} + \Delta Q_{л} + \Delta Q_{агр}$$

где  $Q_{прог}$  - прогнозируемый измененный сток;  $Q_{ест}$  - естественный сток в замыкающем створе;  $\Delta Q_{вод}$ ,  $\Delta Q_{ор}$ ,  $\Delta Q_{пр.к.}$ ,  $\Delta Q_{с-х}$ ,  $\Delta Q_{б}$ ,  $\Delta Q_{л}$ ,  $\Delta Q_{агр}$  - прогнозные изменения стока под влиянием водохранилищ, орошения, промышленного и коммунального водоснабжения, сельскохозяйственного использования земель, осушения болот, лесотехнических мероприятий, агролесомероприятий.

Оценка возможных изменений стока определяется по уравнению:

$$\Delta Q_{\text{хоз}} = Q_{\text{прогн}} - Q_{\text{ест}},$$

Все правые члены уравнения сверху должны определяться на основе данных наблюдений, расчетов статистическими методами или по уравнению водного баланса.

Наиболее детально воднобалансовый метод используется в случае оценки влияния хозяйственной деятельности в рамках географо(ландшафтно)-гидрологического метода. Основная идея метода применительно к данной задаче заключается в определении воднобалансовых характеристик (осадков, испарения, поверхностного, почвенного и грунтового стока, уровня грунтовых вод, влагозапасов в почве, твердого стока и стока растворенных веществ) в пределах элементарного водосбора (ландшафта, ландшафтно-технологического контура). Допустим, что удастся определить эти характеристики, например, для леса (соснового, елового, лиственного, молодого, спелого, старого), для пашни (выращиваются озимые, яровые, кормовые культуры), для болота (целинного, осушенного) и т.д. При хозяйственной деятельности на водосборе происходит смена ландшафтов: вырубается лес и заменяется пашней, осушаются болота и т.д. Тогда, зная воднобалансовые и режимные характеристики каждого ландшафтно-технологического контура в пределах водосбора можно рассчитать все параметры гидрологического цикла при любом варианте сочетания ландшафтов. Это дает абсолютные значения элементов водного баланса и режима, их изменение в целом для водосбора при различных сценариях хозяйственного освоения и прогноз поведения системы в будущем. Одним из конкретных предложений в рамках географогидрологического метода является расчетная схема М.И.Львовича.

$$R_{\text{изм}} = S_2 + \frac{f_H S_H + f_3 S_3 + f_n S_n + (S_0 - Z) f_L - V + U_0 + K_u \Delta W}{F - f_3}$$

где  $R_{\text{изм}}$  - суммарный измененный речной сток;  $S_2$  - не измененный сток с гидрографической сети;  $S_H$  - сток, оставшийся без изменений на площади  $F_H$ , не охваченный мероприятиями земледелия;  $S_3$  - сток, измененный под влиянием земледелия на площади  $f_3$ ;  $S_n$  - сток, измененный другими хозяйственными мероприятиями на площади  $f_n$ ;  $Z$  - количество воды, задерживаемой лесными полосами на площади  $f_L$ ;  $S_0$  - поверхностный сток, не измененный хозяйственной деятельностью;  $V$  - количество воды, задержанной в прудах;  $F$  - площадь водосбора, равная сумме частных площадей  $f_H + f_n + f_3 + f_n + f_L$ ;  $U_0$  - не измененный подземный сток;  $K_u$  - коэффициент питания подземными водами;  $\Delta W$  - изменение валового увлажнения территории (инфильтрация).

$$\Delta W = \Delta U + \Delta E$$

Составляющие уравнения, в основном, определяются через коэффициенты стока. Например,  $S_3$  можно определить, если использовать данные М.И. Львовича по коэффициентам стока на сельскохозяйственных полях в зависимости от увлажнения территории и типа почв. Другие элементы рассчитываются или на основе данных наблюдений или по специальной методике (например  $Z$ ,  $K_u$ ). Предложенная расчетная схема оценки антропогенного влияния требует специальных детальных гидрологических наблюдений для определения коэффициента стока различных ландшафтно-технологических контуров. Позволяет выполнить расчет только для среднего года. При этом оценке не подвергаются антропогенные изменения уровня грунтовых вод, влажности почвы, испарения, осадков (снегозапасов различных ландшафтов, кроме гидрографической сети) и др. Не рассмотрены лесные и болотные ландшафты и т.д. То есть, если взять на вооружение методику, предложенную М.И. Львовичем, то надо провести большую работу по ее конкретизации применительно к данным почвенно-климатическим условиям. Другой наиболее целостной и последовательной является методика В.Е. Водогрецкого (1990). Она так же реализует идеи ландшафтно-гидрологического метода. Для оценки величины изменения стока под влиянием хозяйственной деятельности предлагается использовать уравнение вида

$$Y = \Delta Y_{п} + \Delta Y_{л} + \Delta Y_{ор} + \Delta Y_{ос} + \Delta Y_{ак} + \Delta Y_{ур} + \Delta Y_{вз} ,$$

где  $\Delta Y_{п}$  - изменение стока под влиянием распашки, агротехнических мероприятий и полезащитного лесоразведения на водосборе;  $\Delta Y_{л}$  - изменение стока под влиянием лесохозяйственных мероприятий;  $\Delta Y_{ор}$ ,  $\Delta Y_{ос}$  - изменение стока под влиянием орошения и осушения;  $\Delta Y_{ак}$  - изменение стока под влиянием прудов и водохранилищ;  $\Delta Y_{ур}$  - изменение стока под влиянием урбанизации;  $\Delta Y_{вз}$  - изменение стока под влиянием водозаборов.

Для реализации этой расчетной схемы необходимо располагать крупномасштабными специальными картами водосбора (геологическими, геоморфологическими, гидрологическими, почвенными, растительности и распаханности). Кроме того, надо уметь рассчитывать составляющие уравнения, т.е. иметь расчетные методики. Такие детальные методики разработаны В.Е. Водогрецким для определения изменения годового и сезонного стока при агротехнических и лесохозяйственных мероприятиях. Например, для расчета изменения годового стока при агротехнических и лесомелиоративных мероприятиях применяется формула, которая может быть записана так:

$$\Delta Y = \sum_1^n \left[ \overline{X} a_3' \Delta \overline{W}_{\Pi} K_{wp} K_w' K_w'' f_H \right]_{\Pi} + K_{xw} + \sum_1^n \left[ \overline{X} a_3' \Delta \overline{W}_{\text{ЛСП}} K_{wp} K_I K_w'' K_I f_H' \right]_{\text{ЛСП}}$$

$$- \sum_1^n \left[ (\overline{S} + \overline{x}) \overline{a}_3 \Delta \overline{y}_{\Pi} K_{yp} K_y' K_y'' f_I \right]_{\Pi} K_{xy} - \sum_1^n \left[ (\overline{S} + \overline{x}) K_{\text{рп}} \overline{a}_3 K_y' f_I' \right]_{\text{ЛСП}}$$

Все коэффициенты формулы определяются по таблицам, которые составлены В.Е. Водогрецким на основании данных наблюдений на стоковых и воднобалансовых станциях. Кроме того, В.Е. Водогрецким разработан ряд эмпирических формул в рамках совершенствования своей методики. Формулы носят региональный характер и основными аргументами являются осадки, снеготпасы, уклон и уровень грунтовых вод. Метод В.Е. Водогрецкого является основным для рекомендаций по определению антропогенного влияния на сток малых рек. Остальные члены в формуле В.Е. Водогрецким рекомендуется рассчитывать на основе уравнения водного баланса. Но конкретного решения задачи здесь не дается.

Несмотря на детальную проработку на основе обширного материала воднобалансовых станций расчетной схемы оценки антропогенного влияния на сток рек, метод В.Е. Водогрецкого не лишен недостатков. К ним следует отнести чрезвычайную громоздкость расчетных формул, обилие коэффициентов, невозможность применения для конкретных лет. Для условий Западной Сибири с ее большей заболоченностью важен учет влияния болот. В методике В.Е. Водогрецкого роль болот не учитывается. К основным недостаткам методики следует отнести то, что рассчитывается изменение стока, а не его величина. Тем не менее, ряд положений, таблиц и величины этой расчетной схемы необходимо учитывать при оценке антропогенного влияния на гидрологический цикл.

Перспективным направлением расчета и прогноза влияния хозяйственной деятельности на гидрологический цикл является математическое моделирование. Здесь обычно выделяют модели типа "черного ящика", концептуальные и физико-математические. Модели первой группы предполагают использование экспериментальной информации в виде статистических зависимостей, рассмотренных выше. Модели третьей группы основаны на априорной информации, т.е. общих теоретических представлениях физических процессов на водосборе. Вторая группа моделей соединяет в себе черты первой и третьей. Концептуальные модели, как правило, включают много параметров. Они определяются подбором. Обычно они интегральные и часто их физический смысл неясен.

Физико-математические модели, особенно с распределенными параметрами, раскрывают физический смысл процессов. За ними будущее. Однако они очень сложны, требуют огромное количество информации о водосборе и применяются пока только в научных исследованиях на основе длительных наблюдений на экспериментальных водосборах.

## Лекция № 9

### Нормативы допустимого воздействия на водный объект

1. Процедура разработки и утверждения нормативов допустимого воздействия. Состав материалов, используемых при разработке нормативов допустимого воздействия.

#### **1. Процедура разработки и утверждения нормативов допустимого воздействия. Состав материалов, используемых при разработке нормативов допустимого воздействия.**

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты (НДВ) предназначены для установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ, а также других показателей, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

НДВ разрабатываются для следующих видов воздействий:

- 1) привнос химических и взвешенных веществ;
- 2) привнос радиоактивных веществ;
- 3) привнос микроорганизмов;
- 4) привнос тепла;
- 5) сброс воды;
- 6) забор (изъятие) водных ресурсов;
- 7) использование акватории водных объектов для строительства и размещения причалов, искусственных островов и других сооружений;
- 8) изменение водного режима при использовании водных объектов для разведки и добычи полезных ископаемых.

НДВ, касающиеся качественных показателей, устанавливаются на основе нормативов качества воды. Качество воды характеризуется показателями состава и свойств воды, определяющими пригодность ее для конкретных целей водопользования и/или устойчивого функционирования экологической системы водного объекта.

По происхождению загрязняющие вещества могут быть:

- 1) искусственного происхождения (ксенобиотики);
- 2) двойного генезиса, т.е. распространенных в природных водах как по естественным причинам, так и в результате антропогенного воздействия.

Для ксенобиотиков, а также высокоопасных веществ нормативы качества воды принимаются в зависимости от целевого использования водных объектов равными рыбохозяйственным или гигиеническим ПДК. Для веществ двойного генезиса в зависимости от конкретных условий и наличия приоритетных видов использования нормативы качества воды определяются с учетом регионального естественного гидрохимического фона дифференцированно для конкретных типов водных объектов. НДВ разрабатываются для водохозяйственных участков, которые подвергаются или могут быть подвергнуты в течение ближайших 5 лет существенным нагрузкам

в результате хозяйственной деятельности. Нормативы допустимого воздействия на водные объекты устанавливаются на период не менее 15 лет, исходя из состояния каждого конкретного водного объекта, определенного в ходе разработки нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Корректировка нормативов допустимого воздействия на водные объекты осуществляется на основе результатов государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов не чаще одного раза в 5 лет.

Расчет нормативов допустимого воздействия на водные объекты проводится по схеме, состоящей из десяти этапов:

1) На основе гидрографического и водохозяйственного районирования производится выделение водохозяйственных расчетных участков, отличающихся приоритетными видами использования, (особо охраняемые природные территории, источники питьевого водоснабжения, водные объекты рыбохозяйственного значения, включая рыбоохранные и рыбохозяйственные заповедные зоны);

2) Сбор данных о водном объекте и его водосборной площади в пределах расчетного участка, видах хозяйственной деятельности, определение видов воздействия, подлежащих нормированию;

3) Анализ результатов мониторинга по гидробиологическим и гидрохимическим показателям. Определение диапазона региональных фоновых показателей. При отсутствии мониторинга по гидробиологическим характеристикам указанные фоновые показатели принимаются по участкам с наименьшей антропогенной нагрузкой или на основании специальных натурных исследований;

4) Анализ результатов мониторинга с целью определения перечня веществ, подлежащих учету в составе НДС, путем сравнения с ПДК химических веществ. Ранжирование загрязняющих веществ по степени опасности и значимости для экологической системы водного объекта. При наличии опасных производств на водосборной площади возможны расширенные исследования для выявления наиболее опасных компонентов;

5) Оценка фактического экологического состояния водного объекта на расчетных участках относительно региональных фоновых показателей и ПДК для приоритетных целей использования;

6) Отнесение водных объектов к группам водных объектов: а) природным водным объектам, воздействие антропогенной нагрузки на которые не привели к изменению его основных гидрологических характеристик; б) природным водным объектам, которые в результате человеческой деятельности подверглись воздействиям, приведшим к существенному изменению их основных характеристик - гидрологических, морфометрических, гидрохимических и др. (русловые водохранилища, озера-водохранилища, спрямленные (канализованные) участки рек), в) природным водоемам, трансформированным в технологические водоемы; г) водным объектам, созданным в результате деятельности человека там, где ранее естественных водных объектов не существовало;

7) Оценка лимитирующих гидрологических характеристик для различных условий водности, установление экологического расхода (гидрографа);

8) Определение нормативов предельно допустимых концентраций химических веществ с учетом природных особенностей территорий и акваторий;

9) Установление на основании анализа фактического состояния водного объекта, регионального фона, приоритетных видов использования водных ресурсов и нормативов качества воды водного объекта, обеспечивающих сохранение экологических систем и удовлетворение социально-экономических и санитарноэпидемиологических потребностей населения.

10) Расчет нормативов допустимого воздействия на водные объекты для отдельных видов воздействия в соответствии с принятыми нормативами качества воды водного объекта за характерные временные периоды (год, отдельные сезоны и т.д.).

Среди источников загрязнения выделяются:

1) источники, вносящие неорганизованным путем в поверхностные или подземные воды загрязняющие вещества, микроорганизмы или тепло с измененной хозяйственной деятельностью части водосборной площади (источники диффузного загрязнения вод);

2) объекты антропогенной деятельности, сточные воды которого содержат загрязняющие вещества, микроорганизмы или тепло и отводятся в водный объект сосредоточенным потоком с применением специальных сооружений или устройств (источники загрязнения точечные).

В общей массе привноса в водный объект загрязняющих химических веществ выделяются три составляющие, зависящие от источников загрязнения:

1) природная (не подлежит регулированию, учитывается при установлении допустимого воздействия по видам водопользования без изъятия водных ресурсов из водных объектов);

2) неуправляемый или слабоуправляемый привнос (неорганизованные площадные диффузные источники загрязнения, управление которыми на современном этапе технически неосуществимо или малоэффективно);

3) управляемый или потенциально управляемый привнос загрязняющих веществ (организованные источники загрязнения и диффузные источники загрязнения, чьи количественные и качественные характеристики могут регулироваться посредством технических средств на современном этапе). Суммарная величина норматива допустимого сброса (НДС) для всех водопользователей по участку не может превышать составляющую НДС по управляемому привносу загрязняющих веществ.

Объем и режим сброса воды (норматив допустимого воздействия по привносу воды) определяется условиями предупреждения возникновения негативных последствий на участке воздействия в зависимости от конкретной ситуации на основании гидравлических расчетов и прогноза русловых деформаций.

Норматив допустимого воздействия по безвозвратному изъятию водных ресурсов стока устанавливается для расчетного года заданной обеспеченности и его сезонов в пределах границ естественных многолетних колебаний. НДС устанавливается для характерных створов по водохозяйственному участку с обязательным учетом потребностей в воде водного объекта, замыкающего речной бассейн, необходимой для поддержания состояния его экологической системы, т.е. требования экологических систем должны соблюдаться в комплексе "море - впадающие в него реки" и по речному бассейну в целом. При этом необходимо принимать во внимание категорию водо - и рыбохозяйственного использования, степень антропогенной трансформированности водного объекта или его части и социально - экономические последствия.

Допустимое изъятие водных ресурсов и связанное с ним изменение стоковых, морфометрических и гидравлических характеристик водного объекта в результате добычи полезных ископаемых в пределах его акватории определяется исходя из следующих критериев:

- 1) недопущение просадки уровней воды ниже расчетной обеспеченности для действующих водозаборов, находящихся в зоне влияния;
- 2) сохранение судоходного фарватера с необходимыми глубинами для расчетных условий водности;
- 3) сохранение типа и интенсивности руслового процесса выше и ниже участка добычи полезных ископаемых;
- 4) не ухудшение условий миграции, нереста и нагула рыб и других водных животных.

В состав исходной информации по водному объекту включают следующие абиотические характеристики:

- 1) гидрологические (уровень, расход воды за характерные периоды заданной обеспеченности, внутригодовое распределение и др.);
- 2) гидроморфологические (тип руслового процесса, характеристика русла и поймы, донных отложений, др.);
- 3) морфометрические (глубина, ширина, объем и др.);
- 4) физические (прозрачность, цветность воды, температура и др.);
- 5) химические (концентрации веществ и соединений, класс вод, уровень загрязненности вод по различным классификациям, в том числе с использованием гигиенических, биологических и рыбохозяйственных показателей; степень токсичности воды; степень аккумуляции загрязняющих веществ в органах гидробионтов и донных отложениях и др.);
- б) радиационные (уровень содержания радионуклидов в воде, тканях гидробионтов, донных отложениях).

Биотических характеристик включают:

- 1) микробиологические (санитарно-микробиологические и санитарно-эпидемиологические: микробное число, количество сапрофитных бактерий, патогенной микрофлоры, бактерий группы кишечной палочки и др.);

2) гидробиологические (видовое разнообразие, численность индикаторных микроорганизмов, биомасса, продукция, уровень воспроизводства гидробионтов, состав и численность особо охраняемых видов водных растений и животных и др.);

3) паразитологические (жизнеспособные яйца гельминтов, патогенные, простейшие и т.п.).

В составе материалов, характеризующих хозяйственную деятельность на водном объекте и его водосборной площади, учитываются виды целевого использования водного объекта: питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, здравоохранение, рыбное хозяйство, промышленность и энергетика, сельское и лесное хозяйство, гидроэнергетика, рекреация, транспорт и лесосплав, строительство, охотничье хозяйство, добыча полезных ископаемых, сброс сточных и дренажных вод, и иные цели.

По видам хозяйственной деятельности учитываются:

1) источники воздействия;

2) локализация воздействия (точечное, диффузное);

3) уровень воздействия (доля отдельных источников в общей нагрузке на водный объект по конкретному виду воздействия);

4) продолжительность и периодичность воздействия (постоянное, эпизодическое);

5) степень управляемости на современном этапе и на ближайшую перспективу (управляемые, потенциально управляемые, неуправляемые).

Итоговыми материалами расчета нормативов допустимого воздействия на водные объекты являются сводный том нормативов допустимого воздействия на водные объекты с пояснительной запиской и приложениями к ней. Сводный том нормативов допустимого воздействия на водный объект включает таблицы количественных значений показателей суммарного допустимого воздействия на водный объект по всем нормируемым видам воздействия с указанием нормативов качества воды водного объекта. Пояснительная записка содержит краткое изложение основных этапов выполнения расчета нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Приложения к пояснительной записке содержат общую информацию по исходным данным для расчета нормативов допустимого воздействия на водный объект, графические, расчетные и иные обосновывающие материалы.

**2 Практический раздел**  
**Электронные методические указания для выполнения**  
**практических работ по дисциплине**  
**«Экологическая гидрология»**

## Практическая работа №1

**Тема:** Определение гидрографических характеристик реки, речной системы и речного бассейна. Изучение гидрометеорологических приборов.

- Цель работы:** 1.) Определить гидрографические характеристики реки, речной системы и речного бассейна.  
2.) Изучить гидрометеорологические приборы.

### Краткие сведения из теории

В работе используются данные промеров по поперечным профилям. Этот вид измерений позволяет достаточно точно определить положение промерных точек и выявить распределение глубин по ширине реки.

Расстояние по вертикали от свободной поверхности потока до дна или расстояние в плоскости живого сечения от свободной поверхности потока до дна называют *глубиной потока (местной)*. Глубины измеряются гидрометрической штангой (наметкой), лотом и гидрометрическими профилографами.

*Гидрометрическая штанга* – круглый шест длиной до 7м и диаметром 5-6см с 10-сантиметровыми делениями. Ее можно применять только при сравнительно небольших глубинах (5-6м) и скоростях течения воды. Точность измерения глубины с помощью штанги – 2%. При глубинах более 6м применяют механические или ручные лоты.

*Ручной лот* представляет собой груз массой 3-6 кг конической или пирамидальной формы, подвешенный на размеченном шнуре (лотнине). Он применяется при небольших скоростях течения воды (до 1 м/с).

В *механическом лоте* используется гидрометрический груз, опускаемый в воду на тонком тросе с помощью лебедки. Применяют при любых скоростях течения потока. Если скорость очень велика, необходимо учитывать отклонение троса от вертикального положения.

*Гидрометрические профилографы* – приборы автоматической регистрации поперечного профиля водного сечения. Бывают механические, гидростатические и акустические.

Вертикали для измерения глубин воды в реках, водохранилищах и других водоемах называют *глубинными, или промерными, вертикалями*. Водные сечения, в которых располагаются глубинные (промерные) вертикали, называют *промерными сечениями, или промерными профилями*. Расстояния между промерными сечениями и глубинными вертикалями выбирают в зависимости от сложности подводного сечения. Чем сложнее рельеф, тем большая степень сгущения промерных сечений и глубинных вертикалей необходима для его изучения.

### Ход выполнения работы

- 1) Результаты промеров глубин записываются в журнал для записи промеров стандартного образца (см. приложения). По данным журнала (по

номеру профиля, который назначается преподавателем) необходимо построить поперечный профиль реки, для чего вначале составляется таблица 1.1.

**Таблица 1.1** Таблица для построения поперечного профиля и вычисления морфометрических характеристик русла

Номер а промер- ных верти- калей	Расстоян- ие от постоянн- ого начала, м	Глубина, м		Расстоян- ие между верти- калями, м	Площадь водного сечения между вертикалям и, м <sup>2</sup>	Отметк а дна (абсо- лютная ), м
		на вертика- лях (рабочая)	средняя между вертикаля ми			
1	2	3	4	5	6	7
Ур.л.б.	10,0	0,00				215,12
			2,00	20,0	40,0	
1	30,0	4,00				211,12
			5,00	20,0	100	
2	50,0	6,00				209,12
			6,50	20,0	130	
3	70,0	7,00				208,12
...	...	...	...	...	...	...
8	170	5,00				210,12
			5,50	20,0	110	
9	190	6,00				209,12
			6,00	20,0	120	
10	210	6,00				209,12
			3,00	20,0	60,0	
Ур.п.б.	230	0,00				215,12
					Σ=1220	

Отметка дна (графа 7 таблицы 1.1) вычисляется как разность абсолютной отметки расчетного уровня воды и величины глубины на данной промерной вертикали.

Поперечный профиль реки строится по графам 1, 2, 3 таблицы 1.1 на миллиметровой бумаге стандартного формата (рекомендуется А4, 210x297мм). За постоянное начало выбирается точка, от которой откладывается расстояние от постоянного начала (в масштабе). Линия дна очерчивается прямыми линиями от одной промерной вертикали до другой. На линии поверхности воды выписывают уровень воды, к которому отнесены промеры глубин (см. рисунок 1.1)

2) Для поперечного профиля вычисляются следующие морфометрические характеристики:

а) площадь водного сечения,  $F$ , м<sup>2</sup>.

Рассчитывается аналитическим способом как сумма частных площадей между вертикалями по формуле:

$$F = \frac{h_1}{2} \cdot b_1 + \frac{h_1+h_2}{2} \cdot b_2 + \dots + \frac{h_n}{2} \cdot b_{n+1}, \text{ м}^2 \quad (1.1)$$

где  $h_1, h_2, \dots, h_n$  — рабочая глубина на вертикалях, м;  $b_1, b_2, \dots, b_n$  — расстояние между вертикалями, м.

Расчеты площади водного сечения выполняются в таблице 1.1 (графа 6).  
Общая площадь получается как сумма данных графы 6;

*б) ширина реки  $V$ , м.*

Определяется как разность расстояний от постоянного начала:

$$V = L_n - L_1, \text{ м}, \quad (1.2)$$

где  $L_n$  — расстояние от постоянного начала до уреза дальнего берега;  $L_1$  — расстояние от постоянного начала до уреза ближнего берега.

*в) средняя глубина сечения  $h_{\text{ср.}}$ , м.*

Вычисляется как частное от деления площади водного сечения на ширину реки по формуле:

$$h_{\text{ср.}} = \frac{F}{V}, \text{ м} \quad (1.3)$$

*г) наибольшая глубина  $h_{\text{max}}$ , м.*

Выбирается из данных промерного журнала (графа 3 таблицы 1.1).

*д) смоченный периметр  $\chi$ , м.*

Длина линии дна реки на профиле, заключенная между урезами воды.  
Определяется по формуле:

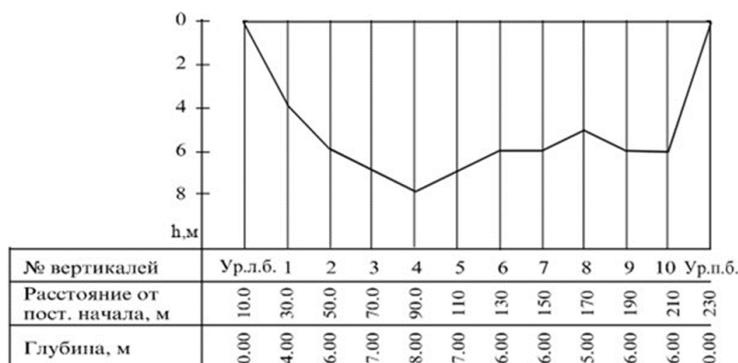
$$\chi = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + \sqrt{b_3^2 + (h_3 - h_2)^2} + \dots + \sqrt{b_{n+1}^2 + h_n^2}, \text{ м} \quad (1.4)$$

где  $b$  — расстояние между вертикалями, м;  $h$  — глубина на вертикалях (рабочая), м

*е) гидравлический радиус  $R$ , м.*

Определяется как частное от деления площади водного сечения на длину смоченного периметра:

$$R = \frac{F}{\chi}, \text{ м} \quad (1.5)$$



**Рисунок 1.1 Поперечный профиль реки**

## Практическая работа №2

**Тема:** Приборы и методы обработки материалов измерения глубин воды.

### Цель работы:

- 1) Изучить приборы измерения глубин воды;
- 2) Изучить методы обработки материалов измерения глубин воды.

### Краткие сведения из теории

Промерные работы проводятся с целью определения глубин и выявления характера рельефа дна реки, озера, водохранилища. Результаты промера дна используются для судоходства, составления проектов гидротехнических сооружений, для выявления зон размывов в нижних бьефах гидроузлов, для получения плана русла реки в изобатах (линиях равных глубин) или в горизонталях; для получения продольных и поперечных профилей дна. На гидрометрических створах промерные работы проводят с целью определения площади водного сечения реки, необходимой для вычисления расхода воды и морфометрических характеристик русла.

Глубина воды измеряется по вертикали от поверхности воды до дна. Места, где измеряются глубины, называются промерными вертикалями. Измерения можно производить как на отдельных неподвижных вертикалях, так и путем непрерывных промеров (профилирование дна), перемещаясь по определенным направлениям вдоль или поперек реки.

### Ход выполнения работы

Измерение глубин должно сопровождаться плановым координированием положения промерных вертикалей и направлений линий, вдоль которых ведется профилирование дна водотока. Для этого используются мерные тросы, геодезический инструмент, план участка.

При промерных работах на гидрометрическом створе назначается несколько промерных вертикалей (их число определяется в зависимости от ширины реки и характера очертания поперечного профиля дна). Если река неширокая, промеры производят через каждый метр; расстояние фиксируют от постоянного начала по мерному тросу или мерной ленте. Если река широкая и судоходная, то промерные вертикали назначают реже, при этом расстояние от постоянного начала определяют методом засечек. Для передвижения поперек реки используют гидрометрические мостики, паромные или лодочные переправы, катера, лодки, а если глубины маленькие, измерения проводят вброд.

На реках с неустойчивым руслом, а также с целью повышения точности промеров рекомендуется измерять глубину дважды (в два хода) на каждой вертикали, при перемещении от одного берега к другому и на обратном пути. За измеренную глубину принимается среднее значение из двух промеров.

Глубины измеряют различными приборами и приспособлениями, которые по своему устройству и принципу действия можно разделить на три

группы: ручные, механические и акустические.

Ручные промерные устройства являются наиболее простыми в обращении, к ним относятся: наметка, гидрометрическая штанга и ручной лот.

Наметка представляет собой деревянный шест круглого сечения диаметром 4–5 см, длиной 5–7 м, размеченный чередующейся окраской (красной и белой) на дециметры. При измерении глубин наметку выбрасывают нижним концом наклонно против течения, а если промеры ведутся с движущегося судна – то вперед по ходу судна, и быстро погружают до дна. Отсчет глубины производят тогда, когда наметке будет придано вертикальное положение. Точность измерения – 5 см.

Гидрометрическая штанга состоит из двух разъемных секций, выполненных из стальной трубы диаметром 28 мм, длиной 1,5 м каждая. Низ штанги имеет поддон (металлическая пластина) и заостренный конец для упора в дно. На поверхности штанги выбиты деления через каждые 10 см; ноль делений совмещен с низом поддона. Штанга позволяет измерять глубины до 3 м с точностью отсчета до 5 см. При малых глубинах для промеров применяют переносные водомерные рейки.

Ручной лот представляет собой металлический груз продолговатой формы весом от 2 до 5 кг, привязанный к пеньковому или капроновому шнуру (лотлинь). Лотлинь размечается марками (обычно вплетенными кусками кожи) на дециметры в первых десяти метрах своей длины, а затем – на пятые части метра на следующих пяти метрах и далее на полуметры. Стандартный лот имеет вес 4,5 кг; он рассчитан на измерение глубин в реках до 25 м, а в водоемах без течения – до 100 м. При промерах глубин лот забрасывают вперед против течения, а отсчет производят в момент, когда лотлинь будет расположен (натянут) вертикально. Точность измерения глубин – 10 см.

К механическим промерным устройствам относится лот механический, который состоит из лебедки, троса для опускания груза (лота), счетчика глубин, груза обтекаемой формы (рис. 4.1). Грузы механического лота имеют обтекаемую (рыбовидную) форму, снабжены хвостовым стабилизатором для устойчивости в потоке. Стандартные гидрометрические грузы выпускаются весом от 5 до 100 кг.

При измерениях на больших глубинах лот относит течением, вследствие чего промер дает преувеличенное значение глубины. В этих случаях необходимо вводить поправку, которая берется из специальных таблиц в зависимости от угла отклонения троса от вертикали и от измеренной глубины.

К акустическим промерным устройствам относятся промерные эхолоты. Действие эхолота основано на посылаании ультразвуковых импульсов вибратора-излучателя и обратного приема отраженных от дна импульсов (эха) вибратором-приемником. Промежуток времени, за который ультразвуковой импульс проходит путь от излучателя до дна и обратно, пропорционален глубине воды.

Для посылки и приема ультразвуковых колебаний используются магнитострикционные или пьезоэлектрические вибраторы-излучатели и

вибраторы-приемники. Посылка ультразвуковых колебаний осуществляется отдельными короткими импульсами частотой 36–60 Гц.

Обработка материалов промерных работ.

Результаты промеров записывают в книжку для записи промеров глубин стандартного образца.

В записях для каждого профиля приводят следующие сведения:

- местоположение профиля по отношению к магистрали;
- способ определения координат промерных точек;
- наименование прибора, которым измеряли глубины;
- время начала и конца промера;
- отсчет уровня воды на ближайшем водомерном посту;
- отметка уровня воды на профиле.

Дополнительно указывают состояние погоды и реки в период промера.

Обработка результатов промеров заключается в следующем:

- производится сличение и проверка количества и нумерации промерных точек по данным журнала и засечкам;

- при промерах по поперечным профилям с засечками угломерными инструментами для каждой промерной точки устанавливается расстояние от постоянного начала;

- вычисляется средняя глубина, если промер велся в два хода;

- вводятся поправки в измеренную глубину и вычисляется исправленная глубина;

- устанавливается отметка уровня воды в начале и конца промера;

- для всех промерных точек вычисляют отметки дна;

- проверяют записи, характеризующие грунт дна.

Данные промеров используют в дальнейшем для:

- построения поперечных профилей и вычисления морфометрических характеристик русла;

- построения плана русла реки или ложа озера, водохранилища в горизонталях или изобатах;

- составления продольного профиля участка реки;

- вычисления морфометрических характеристик озера, водохранилища.

### **Контрольные вопросы**

1. На какие три группы подразделяются приборы для измерения глубин?
2. С какой целью проводятся промерные работы? Для чего они используются?
3. Какие существуют ручные промерные устройства?
4. Какие существуют механические промерные устройства?
5. Какие существуют акустические промерные устройства?
6. В чем заключается обработка результатов промеров?
7. Где в дальнейшем используются данные промеров глубин?

## Практическая работа №3

**Тема:** Приборы для измерения скоростей течения воды, их устройство, способы градуировки и применение; вычисление средней на вертикали скорости.

### Цель работы:

- 1) Изучить приборы для измерения скоростей течения воды, их устройство, способы и применение;
- 2) Вычисление средней на вертикали скорости.

### Краткие сведения из теории

При проведении комплексных гидрологических исследований используются приборы для измерения скорости водного потока. Приборы, измеряющие скорость течения различных водных потоков, как в реках, каналах, так и трубопроводах могут иметь огромное количество моделей, которые различаются по устройству, по своим конструктивным особенностям и другим характеристикам.

Для измерения скорости течения воды в реках и каналах наиболее широко применяются:

- гидрометрические поплавки;
- гидрометрические вертушки.

Тело, опущенное в поток, приобретает скорость, равную скорости движения воды. На этом и основано применение поплавков для измерения скорости течения воды.

Гидрометрические поплавки подразделяются на:

1. Поверхностные поплавки;
2. Поплавки-интеграторы;
3. Глубинные поплавки.

Поверхностные поплавки применяют для измерения поверхностных скоростей и направлений течения.

Поплавки-интеграторы применяются для определения средней скорости течения на вертикали  $V$ .

Глубинные поплавки применяют для измерения скорости и направления течения на некоторой глубине.

Гидрометрическая вертушка – основной и наиболее распространенный прибор для измерения скорости течения речных потоков.

Различаются они по ряду признаков:

- направлению оси вращения, устройству лопастного винта или ротора;
- устройству контактного и счетного механизмов;
- способу опускания вертушки в воду.

Одним из элементов расхода воды является средняя скорость на вертикали. При интеграции эта скорость совпадает с измеренным значением с учетом внесенных в него необходимых поправок. Если же средняя скорость на вертикали определяется по результатам точечных измерений, то приходится тем или иным способом воссоздавать очертание скоростной эпюры между

точками наблюдения. В этом случае, чтобы получить достаточно надежные результаты, следует учитывать объективные закономерности кинематической структуры потока. Если бы распределение осредненных скоростей по глубине не имело бы случайных отклонений от типичной для данных условий эпюры, то было бы безразлично, в каких точках производить измерение. Но скоростная структура потока не вполне детерминирована, поэтому точность определения средней скорости зависит не только от количества точек, но и их положения на вертикали. Средняя скорость течения воды на вертикали, вычисляется аналитическим способом в зависимости от числа точек, на которых производилось измерение скоростей. Например, в русле без ледяного покрова при 5 точках измерения по формуле:

$$v_{\text{ср}} = 0,10(v_{\text{пов}} + 3v_{0,2} + 3v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{дно}}) \quad (3.1)$$

при двух точках измерения:

$$v_{\text{ср}} = 0,50(v_{0,2} + v_{0,8}) \quad (3.2)$$

Наиболее точной является пятиточечная формула.

### **Ход выполнения работы**

**Все многообразие методов классифицируют следующим образом:**

**1. Метод, основанный на подсчёте и регистрации числа оборотов лопастного винта или ротора.** Приборы, принцип действия которых основан на этом методе наиболее распространены. К таким приборам относят гидрометрические вертушки. При проведении измерения скорости регистрируется общее количество оборотов ротора и учитывается длительность проведения этого измерения. Скорость течения определяют по специальному тарифовочному графику по числу оборотов в секунду. При помощи гидрометрических вертушек, как правило, определяют местную скорость течения в отдельных точках потока или среднюю поверхностную скорость потока.

**2. Метод, основанный на регистрации скорости плавущего тела.** Это так называемый поплавочный метод, для которого применяются глубинные поплавки, поплавки-интеграторы, а также гидрометрические штанги и шесты. Для измерения скорости потока применяются различные поплавки, которые запускают как на поверхности потока, так и на требуемой глубине. При этом, скорость течения равняется скорости движения поплавка. Скорость движения поплавка определяют в зависимости от времени, за которое поплавок проходит определенное расстояние. Однако, при поплавочных измерениях значение скорости течения получается осредненным для участка потока по траектории движения поплавка.

**3. Метод, использующий регистрацию скоростного напора.** При измерении скорости потока данным методом характерно использование гидрометрических трубок различных конструкций. Впервые, такую гидрометрическую трубку предложил А. Пито в 1732 г. Скорость

течения определяют путем введения гидрометрической трубки в поток отверстием навстречу течению. Скорость течения определяется исходя из скоростного напора, который измеряется по высоте подъема уровня воды непосредственно в трубке. Гидрометрические трубки, также как и гидрометрические вертушки, позволяют получить информацию о местной скорости потока в его отдельных точках.

**4. Метод, основанный на измерении силового воздействия потока.** Это так называемый метод водных флюгеров. Здесь, для измерения скорости потока применяются приборы, обладающие чувствительным элементом, т.е. специальный «водный» тензодатчик, который способен измерить силовое воздействие потока. Подобные приборы используются, как правило, при проведении научно-исследовательских работ в целях измерения и непрерывной регистрации значений скоростей потоков в отдельных точках. Приборы с датчиками позволяют измерять пульсацию скоростей.

**5. Метод, использующий принцип теплообмена.** Здесь, для измерения скорости потока применяются приборы, которые в качестве рабочего органа имеют нагретый элемент, который и вводится непосредственно в поток. Скорость течения потока определяют в зависимости от скорости охлаждения чувствительного элемента прибора. Как правило, такие приборы используются в лабораторных условиях для измерения скорости потока с непрерывной записью.

**6. Метод, основанный на измерении объема воды, вошедшей внутрь прибора за отведенное время наблюдения.** Это, в первую очередь, батометры-тахиметры, предложенные В.Г. Глушковым в 1932 г. Батометр-тахиметр вводится в поток входным отверстием навстречу течению и выдерживается в потоке определенное время; после этого прибор вынимают и замеряют объем воды, вошедший в прибор. При этом, скорость определяют по специальному тарировочному графику в зависимости от объема воды, вошедшего внутрь прибора за единицу времени. Данный способ применяется редко, однако, это единственный способ измерения малых скоростей течения потока.

**7. Метод ионного паводка.** В поток воды вводят электролит, как правило, раствор поваренной соли, а ниже точки введения электролита производят непрерывную запись концентрации NaCl в потоке. График хода концентрации напоминает, по своей форме, гидрограф паводка (отсюда и название). Метод аналогичен методу регистрации скорости плавущего тела (поплавка), поскольку в данном случае плавущим телом является «солевое облако». Метод не получил широкого применения, однако в сложных условиях измерения скорости течения горных рек, таких, как, например, каменистое дно или повышенная турбулентность, при использовании данного метода достигается наивысшая точность измерений.

**8. Метод, использующий ультразвуковые колебания.** При распространении ультразвука в движущейся среде, такой, как вода, скорость ультразвуковых колебаний относительно неподвижной системы координат

равняется векторной сумме скорости ультразвука и скорости самой среды. В настоящее время ультразвуковой метод используется при измерении скорости течения различных жидкостей, включая загрязненные, агрессивные и кристаллизующиеся, только в закрытых трубопроводах. В гидрометрии такой метод не распространен.

**9. Методы, в основание которых положено использование электромагнитной индукции в индукционных катушках.** Суть метода заключается в следующем: известно, что в проводнике, который движется в магнитном поле, возникают токи, называемые токами М. Фарадея, которые были открыты в 1831 г. Тот же эффект наблюдается при прохождении через магнитную катушку потока воды. Таким образом, измеряя силу тока, можно определить скорость потока.

**10. Методы, в основание которых положен эффект Доплера.** Суть эффекта, открытого Кристианом Допплером в 1842 г., состоит в использовании изменения частоты и длины отраженных от частиц потока волн, которые регистрируются приёмником, вызванного движением их источника, т.е. потока воды.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие приборы используются для измерения скорости течения воды в реке?
2. На какие виды подразделяются гидрометрические поплавки?
3. По каким признакам различают гидрометрические вертушки?
4. Какие основные методы измерения скорости течения воды?

## Практическая работа №4

**Тема:** Приборы для измерения расходов наносов.

### Цель работы:

- 1) Изучить приборы для измерения расходов наносов.

### Краткие сведения из теории

Приборы для измерения концентрации взвешенных наносов (наносы — мелкие минеральные частицы (продукты водной и ветровой эрозии водосборов и русел, а также абразии берегов водоёмов), переносимые водным потоком во взвешенном состоянии) называют батометрами. Батометр (греч. bathos — глубина и metron — мера) — гидрологический прибор для взятия проб воды с различных глубин водоёма. Они представляют собой емкости, которые опускают в заданную точку потока, наполняют там водой со взвешенными частицами и извлекают.

Измерение расходов влекомых наносов на гидростворе с помощью донного батометра производят одновременно с измерением расхода воды. Пробы влекомых наносов берут обычно на всех скоростных вертикалях. Для этого батометр опускают на дно и выдерживают некоторое время.

### Ход выполнения работы

Батометр-бутылка на штанге ГР-16 – простейший прибор для взятия проб взвешенных наносов при скоростях течения до 1,5-2,0 м/с как точечным, так и интеграционным способом. Точечным способом прибор позволяет брать пробы при глубинах от 0,5 до 2,5 м, а интеграционным при глубинах не менее 1 м. Наибольшая глубина взятия проб интеграционным способом определяется длиной штанги.

Батометр-бутылку в грузе ГР-15 применяют для взятия проб с наносами интеграционным способом на глубинах от 1 до 15 м и точечным способом от 0,5 до 2,5 м при скорости течения не более 2,5 м/с. Он состоит из полого груза рыбовидной формы и литровой широкогорлой бутылки. В полость груза вкладывается бутылка в собранном виде и укрепляется с помощью скобы. Груз крепится к тросу и опускается с лебедки.

Вакуумный батометр ГР-61 основан на принципе засасывания пробы воды за счет разрежения воздуха, создаваемого насосом в вакуумной камере. Применяют для взятия проб точечным и интеграционным способами в потоках с глубиной до 20 м, при скоростях течения от 0,2 до 3,5 м/с. Наконечник вакуумного батометра при креплении его к штанге позволяет брать пробу мутности в непосредственной близости к дну.

Батометры для взвешивания наносов, имея некоторые недостатки (непортативность, сложность в эксплуатации), являются тем не менее надежными приборами и дают достоверные сведения о концентрации наносов в отдельных точках потока.

Обработка проб воды со взвешенными наносами заключается в

отделении частиц наносов от воды, определении массы наносов в пробе и в определении их гранулометрического состава. Первую из этих операций выполняют в полевой лаборатории, последующие – в стационарной.

Способы: автоматическое фильтрование; фильтрованием с предварительным отстоем; ускоренное фильтрование под давлением.

Автоматическое фильтрование применяют тогда, когда объем пробы не превышает 1 л, оно заключается в том, что воду с наносами пропускают через фильтр. Для фильтрования используют специально изготовленные среднефильтрующие беззольные чистые фильтры диаметром 11-13 см.

С предварительным отстоем применяют при малой мутности, когда взятые отдельно пробы сливают в одну общую бутылку и объем их составляет более 1 л.

Количество взвешенных наносов определяют путем взвешивания фильтров с наносами на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Массу наносов в пробе получают по разности массы фильтра с наносами и массы фильтра без них. Если масса наносов на фильтре превышает 1 г, то фильтр с наносами взвешивают с точностью до 0,001 г. Для разделения взвешенных наносов по фракциям применяют способы, основанные на определении гидравлической крупности частиц.

Вычисление расходов взвешенных наносов графическим способом производят на том же чертеже, на котором вычислялся и расход воды. Так же, как и при подсчете расхода воды, в вычислениях используют не только скоростные, но и промерные вертикали.

Вычисление расхода взвешенных наносов аналитическим способом выполняют по формулам, аналогичным соответствующим формулам для вычисления расхода воды. Сначала вычисляют- единичные расходы взвешенных наносов в отдельных точках вертикалей, затем средние единичные расходы. Последние вычисляют по формулам того же вида, что и формулы для подсчета, средних скоростей на вертикалях.

Перед опусканием батометра на каждой вертикали выполняют промер дна для определения расположения песчаных гряд и правильной установки батометра. При наличии гряд батометр рекомендуется устанавливать на верховом скате гряды вблизи гребня. Установка батометра в подвалье гряды нарушит нормальное поступление наносов и даст неверный результат.

Чтобы исключить влияние пульсации наносов, рекомендуется на каждой вертикали погружать батометр для взятия проб по три-пять раз при постоянной его выдержке. В расчет принимают среднее арифметическое значение. В случае, если будет обнаружена вертикаль с нулевым расходом наносов, назначают дополнительные вертикали, чтобы выявить границы движения наносов. Так же поступают и в прибрежной части створа, если у берега движение наносов не наблюдается.

После подъема батометра на поверхность наносы из ловушки переводят в ванночку (таз), а из нее в мерный сосуд для измерения объема пробы. Затем наносы высушивают на воздухе, упаковывают в специальные мешочки и

передают в лабораторию для механического анализа. При измерении расхода влекомых наносов, состоящих из крупных фракций (гравия, гальки), объем проб не определяют, а остальные операции выполняют так же, как и для песчаных наносов.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие приборы используются для измерения расхода взвешенных наносов?
2. Что такое батометр?
3. Какие приборы используются для измерения расхода донных наносов?
4. Какие существуют способы обработки проб воды со взвешенными наносами?
5. Как работает батометр? Опишите процесс.

## Практическая работа №5

Тема: Обработка измеренных уровней воды.

### Цель работы:

- 1) Изучить особенности обработки измеренных уровней воды.

### Краткие сведения из теории

**Уровень воды** — высота поверхности воды, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения. Понятие уровень воды используется для естественных и искусственных водотоков, водоёмов, а также лотков.

**Нуль наблюдения** — горизонтальная плоскость, от которой производится отсчет уровня воды в момент наблюдения. Его высотное положение определяется по превышению репера над головками свай или нулями реек поста.

**Приводка** — это разность между отметкой оголовка сваи и «0» графика поста. Для перевода отсчета высоты уровня воды, сделанного от нуля наблюдений (над свайей), в высоту водной поверхности над нулем графика Н служит приводка (Нпр) - превышение головки сваи над нулем графика. Приводкой называется превышение вершины головки сваи (нулевого деления рейки) над принятым нулем графика поста.

**Нуль графика гидрологического поста** — условная горизонтальная плоскость сравнения, принимаемая за нуль отсчета при измерении уровня воды на гидрологическом посту.

### Ход выполнения работы

В состав основной обработки материалов наблюдений за уровнями воды входит: приведение измеренных уровней к нулю графика поста, вычисление среднесуточных уровней, составление годовой таблицы «Ежедневные уровни воды», построение графиков колебаний уровней.

При наблюдениях через равные промежутки времени среднесуточный уровень воды вычисляется как среднее арифметическое значение из всех отсчетов за соответствующие сутки, при неодинаковых интервалах — как средневзвешенное. Если измерения проведены с помощью самописца, то ленту прибора разбивают на ряд интервалов (по времени или по характерным точкам) и среднесуточный уровень определяют как среднее арифметическое значение отсчетов, соответствующих границам назначенных интервалов в пределах суток.

По конструкции устройства для наблюдений за уровнем воды подразделяются на простейшие (речные, свайные, смешанные речносвайные, передаточные) и автоматизированные.

Речные устройства состоят из одной или нескольких деревянных или металлических реек, укрепленных на стенках набережных, устоях мостов и плотин.

Свайные устройства наиболее удобны на равнинных реках при значительной амплитуде колебания уровня воды и сравнительно отлогих берегах. Смешанные реечно-свайные устройства целесообразно устраивать при резких переломах в профиле берега или вблизи набережных и мостовых устоев. Передаточные устройства представляют собой простейшие дистанционные установки, устраиваемые на реках с обрывистыми берегами, где доступ к воде затруднен.

*Специальная обработка уровней воды.* При проектировании и эксплуатации гидромелиоративных систем необходимо знать такие важные характеристики, как повторяемость (частоту) уровней и продолжительность (обеспеченность) их стояния в течение года или многолетнего периода. С этой целью проводят специальную обработку материалов наблюдений за уровнями воды.

*Характерные уровни* - к которым относятся средние, высшие и низшие уровни за каждый месяц и за год.

*Соответственные уровни воды.* Если сопоставить графики колебаний уровней воды на двух постах одной и той же реки, то можно обнаружить подобие в их очертаниях. Уровни в сопоставляемых поперечных сечениях водотока, соответствующие одинаковым фазам его режима, называют *соответственными*. Во времени соответственные уровни двух постов сдвинуты, и этот сдвиг равен продолжительности добегания воды от верхнего поста к нижнему. Соответственные уровни используют для построения графика связи между ними.

*Повторяемостью уровня* называют число случаев (суток или лет) появления уровня в пределах какого-либо заданного интервала. Повторяемость, выраженная в процентах общей длительности рассматриваемого периода, называется *частотой*.

*Продолжительностью стояния уровня* называется число суток (или лет) в расчетном периоде, когда наблюдались уровни выше данного или равные ему.

Продолжительность, выраженная в процентах всего расчетного периода, называется *обеспеченностью уровня*. Повторяемость и продолжительность стояния соответствующих уровней устанавливают путем статистической обработки таблицы ежедневных уровней. Результаты подсчетов сводят в ведомость и по ее данным строят графики повторяемости и продолжительности стояния уровней.

Эти графики используют для определения характерных статистических уровней, имеющих большое значение для выбора их расчетных значений при проектировании гидромелиоративных систем и сооружений. В частности, с помощью кривой повторяемости можно установить высоту уровня наибольшей частоты, называемого *модальным*, а с помощью кривой продолжительности – *медианный* уровень, обеспеченный на 50 %, более объективно характеризующий среднее положение уровня, чем среднее арифметическое его значение

Графики повторяемости и продолжительности строятся на миллиметровой бумаге того же формата, в тех же координатах и масштабах, что и графики колебаний ежедневных уровней воды. При построении графика повторяемости ординаты принимаются равными серединам интервалов, а при построении графика продолжительности – нижним границам интервалов. Обе кривые начинаются на оси ординат с наивысшего уровня и заканчиваются наинизшим, причем кривая повторяемости – с абсциссой, равной повторяемости минимального уровня, а кривая продолжительности – с абсциссой, равной числу суток в периоде (году). Повторяемость наинизшего уровня определяется по данным вычислений таблицы.

С помощью графиков повторяемости и продолжительности можно определить модальный и медианный уровни воды. Модальному уровню, т. е. уровню наиболее часто наблюдававшемуся в году, на кривой повторяемости соответствует наибольшая по своему значению абсцисса. Медианный уровень, т. е. уровень 50 %-ной обеспеченности, ниже которого в течение 183 суток (50% от 365 суток – продолжительности года)

### **Контрольные вопросы**

1. Основные типы устройств для наблюдения за уровнями воды.  
Условия их применения.
2. Что такое уровень воды, нуль наблюдений, приводка и нуль графика гидрологического поста?
3. В чем заключается основная обработка наблюдений за уровнями воды? Какие уровни относят к характерным?
4. Что такое соответственные уровни воды?
5. Что такое повторяемость и продолжительность стояния уровня воды, как они определяются?
6. Как строятся и для чего необходимы графики повторяемости и продолжительности уровней воды?

## Практическая работа №6

Тема: Вычисление расходов воды.

Цель работы: 1.) Вычислить расход  $Q$  в м<sup>3</sup>/с аналитическим способом.

3.) Определить расход  $Q$  в м<sup>3</sup>/с графическим способом.

### Краткие сведения из теории

Основными приборами для измерения скоростей течения воды в реках и каналах являются гидрометрические поплавки и гидрометрические вертушки.

В зависимости от измеряемой скорости гидрометрические поплавки подразделяют на точечные и интеграционные. Точечные поплавки бывают поверхностные и глубинные. В качестве *поверхностных поплавков* можно использовать бруски дерева, отпиленные от бревна цилиндрические кружки высотой 3-7см, соединенные крестом две доски и др. Продолжительность хода поплавков между створами при измерении наибольшей скорости должна быть не менее 20с.

Основные конструктивные элементы вертушек – рабочее колесо с осью вращения, корпус, счетно-контактный механизм и хвостовое оперение. По способу установки вертушки подразделяют на штанговые, тросовые и универсальные.

Вертикали, на которых измеряют местные скорости (средние скорости), называют *скоростными вертикалями*. Глубину, измеренную перед определением скоростей, называют *рабочей*. По ней устанавливают положение скоростных точек. Основным способом (при отсутствии ледяного покрова) является пятиточечный, при котором скорости измеряют: на поверхности, на глубине 0,2h, 0,6h, 0,8h и у дна. Этот способ обычно применяется при глубине более 1,5м. Затем, зная скорость течения воды и площадь поперечного сечения русла реки, можно определить расход.

*Расходом воды* называется количество воды, протекающее через поперечное сечение реки в одну секунду. Сущность аналитического метода определения расхода воды в реке заключается в следующем. Измеряется площадь поперечного сечения реки и скорость течения воды в отдельных точках на скоростных вертикалях. Вычисление расхода производится по приближенной формуле, которая представляет собой сумму частичных расходов между скоростными вертикалями:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (6.1)$$

$$Q = k \cdot f_0 \cdot V_1 + \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot f_1 + \dots + k \cdot V_n \cdot f_{n+1}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.2)$$

где  $V_1, V_2$  — средние скорости на вертикалях, м/с;  $f_0$  — площадь водного сечения между берегом и первой скоростной вертикалью, м<sup>2</sup>;  $f_{n+1}$  — площадь водного сечения между последней скоростной вертикалью и берегом, м<sup>2</sup>;  $f_1, f_2, \dots, f_n$  — площадь водного сечения между скоростными вертикалями, м<sup>2</sup>;  $k$  - эмпирический коэффициент (таблица 6.1).

**Таблица 6.1** Значения эмпирического коэффициента  $k$

Наименование	$k$
Пологий берег с нулевой глубиной на урезе	0,7
Обрывистый берег или неровная стенка	0,8
Гладкая стена	0,9
Наличие мертвого пространства	0,5

В отличие от аналитического способа, вычисление расхода воды графическим способом позволяет более точно определить величину расхода воды.

*Расходом воды* называется количество воды, протекающее через поперечное сечение реки в одну секунду.

### Ход выполнения работы

Расчет расходов выполняется в таблице 6.3 (графа 5). При этом первое и последнее значение умножается на коэффициент  $k$ , который выбирается в зависимости от типа поперечного профиля у берегов реки (анализируется поперечный профиль реки — рисунок 1.1).

Средние скорости на вертикалях, при измерениях в пяти точках, при открытом русле вычисляются по эмпирической формуле:

$$V_{cp} = 0,1 \cdot (V_{пов} + 3 \cdot V_{0,2} + 3V_{0,6} + 2 \cdot V_{0,8} + V_{дон}), \text{ м/с} \quad (6.3)$$

где  $V_{cp}$  — средняя скорость на вертикали, м/с;  $V_{пов.}$ ,  $V_{дон.}$  — скорости на поверхности и дне реки на данной скоростной вертикали м/с;  $V_{0,2}$ ,  $V_{0,6}$ ,  $V_{0,8}$  — скорости на глубине 0,2h, 0,6h, 0,8h.

Средние скорости, рассчитанные по формуле (6.3), заносятся в таблицу 6.3 (графа 3).

Скорости в отдельных точках на вертикали вычисляются по тарировочному уравнению:

$$V = 0,245 \cdot n + 0,05, \text{ м/с} \quad (6.4)$$

где  $n$  — число оборотов вертушки в секунду, которое определяется по формуле:

$$n = \frac{N}{t}, \text{ об/с} \quad (6.5)$$

где  $N$  — общее число оборотов за время наблюдения, об;  $t$  — общая продолжительность измерения в точке, с.  $N$  и  $t$  выписываются из приложений согласно выданному варианту.

Вычисления производим в таблицах 6.2 и 6.3.

*Таблица 6.2 К расчету скоростей течения воды на скоростных вертикалях*

Номера скоростных вертикалей	Наименование точек	N, об	t, с	n, об/с	V, м/с	V <sub>ср.</sub> , м/с
1	2	3	4	5	6	7
	Поверхность					
	0,2h					
	0,6h					
	0,8h					
	Дно					
	Поверхность					
	0,2h					
	0,6h					
	0,8h					
	Дно					
	Поверхность					
	0,2h					
	0,6h					
	0,8h					
	Дно					
	Поверхность					
	0,2h					
	0,6h					
	0,8h					
	Дно					

**Таблица 6.3** К вычислению расходов воды

Номера скоростных вертикалей	Средняя скорость, м/с		Площадь водного сечения между	Расход воды между
	на вертикалях	между вертикалями		
1	2	3	4	5
Ур.л.б	0,00			
Ур.п.б.	0,00			

При вычислении расхода воды графическим способом выполняются следующие построения (на листе миллиметровки стандартного формата):

1. Из лабораторной работы №1 берутся значения глубин ( $h$ ) на скоростных вертикалях.

2. Вычерчиваются эпюры скоростей для каждой скоростной вертикали. Вертикальный масштаб берется такой, чтобы эпюра была не менее 3 см, а горизонтальный выбирается таким образом, чтобы отношение ( $V_{max}$ ) к ( $h$ ) (для центральной вертикали) было в пределах 0,05-0,1. На эпюрах справа выписываются значения скоростей в 5 точках (таблица 6.2), слева – значения глубин (пов., 0.2h, 0.6h, 0.8h, дно). Точки скоростей соединяются плавной линией.

3. Для каждой скоростной вертикали вычисляется средняя скорость ( $V_{cp}$ ), м/с

$$V_{cp} = F/h \quad (6.6)$$

где  $F$  – площадь эпюры, вычисленная с учетом вертикального и горизонтального масштабов, м<sup>2</sup>/с;  $h$  – глубина на скоростной вертикали, м.

4. Полученные средние скорости ( $V_{cp}$ ) для скоростных вертикалей записываются в таблицу профиля, затем по этим значениям строится эпюра распределения средних скоростей по ширине реки.

5. С эпюры снимаются средние скорости для всех промерных вертикалей с точностью 0,01 м/с и записываются в таблицу профиля.

6. Для каждой промерной вертикали определяется элементарный расход воды ( $q$ ), м<sup>2</sup>/с

$$q = V_{cp} h. \quad (6.7)$$

7. По значениям элементарного расхода строится эпюра, показывающая изменение элементарных расходов по ширине реки.

8. Расход воды через поперечное сечение русла определяется как площадь эпюры элементарных расходов.

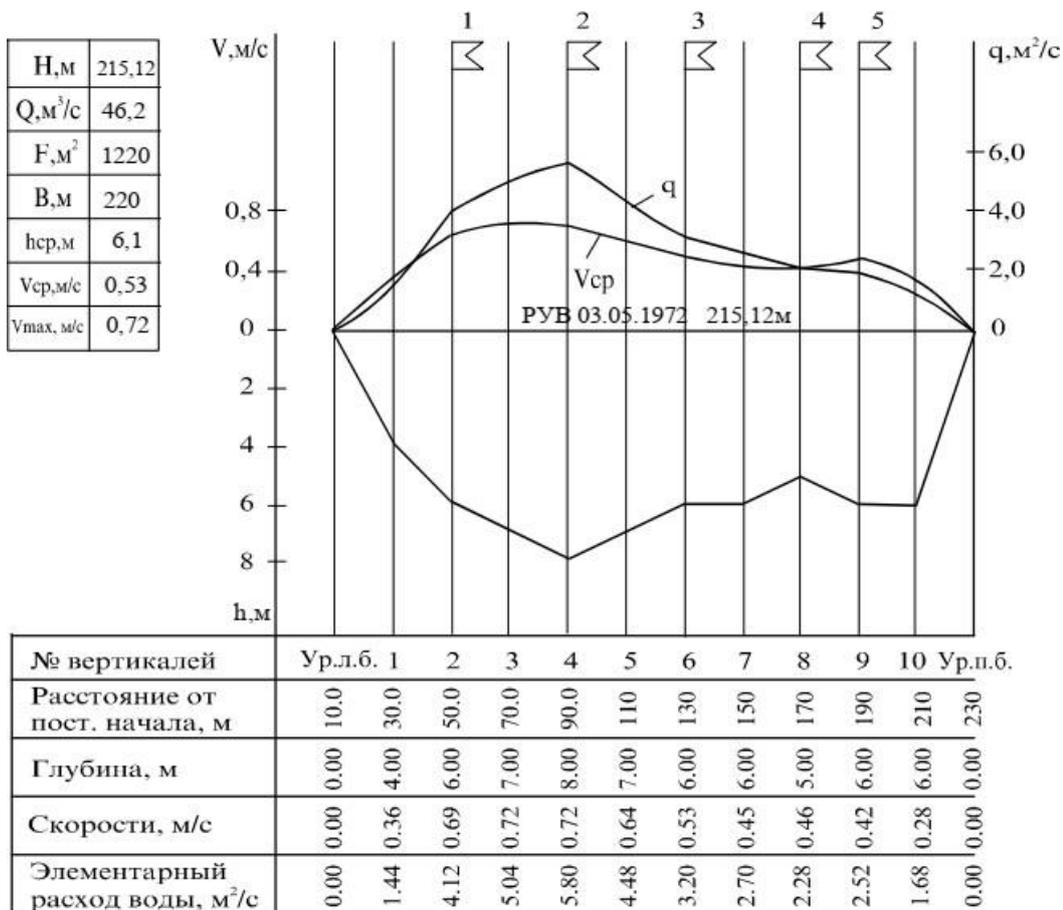


Рисунок 6.1 Поперечный профиль реки

## Практическая работа №7

**Тема:** Расчёт нормы годового стока по многолетнему ряду наблюдений. Определение нормы годового стока при недостаточности и отсутствии данных наблюдений

### Цель работы:

- 1) Определить норму годового стока при наличии данных гидрометрических наблюдений.
- 2) Определить норму годового стока при недостаточности данных гидрометрических наблюдений.

### Краткие сведения из теории

Одной из основных характеристик гидрологического режима рек является средняя многолетняя величина или *норма стока*. *Нормой годового стока* называется его среднее значение за многолетний период при неизменных географических условиях и одинаковом уровне хозяйственной деятельности в бассейне реки, включающий несколько (не менее двух) четных замкнутых циклов колебаний водности.

При наличии данных гидрометрических наблюдений согласно ТКП 45-3.04-168-2009 «Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения» норма годового стока определяется по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (7.1)$$

где  $\bar{Q}$  – норма годового стока, м<sup>3</sup>/с;  $Q_i$  – годовые значения стока за длительный период ( $n$ , лет), при котором дальнейшее увеличение ряда наблюдений не меняет или мало меняет среднюю арифметическую величину  $\bar{Q}$ .

Продолжительность периода считается достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), а величина средней квадратической ошибки нормы стока не превышает 10%. При невыполнении этих условий расчетный ряд считается недостаточным и его необходимо привести к многолетнему периоду с привлечением реки-аналога.

Средняя квадратическая ошибка нормы стока определяется:

$$\delta_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\%, \quad (7.2)$$

где  $C_v$  – коэффициент изменчивости (вариации) ряда годовых величин стока за  $n$  лет, определяемый по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (7.3)$$

где  $K_i$  – модульный коэффициент, определяемый по формуле:

$$K_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}, \quad (7.4)$$

При недостаточности данных гидрометрических наблюдений осуществляется приведение статистических параметров стока в расчетном створе к многолетнему периоду с привлечением данных соседних рек-аналогов, имеющих сравнительно длительный, т. е. репрезентативный, период наблюдений. Оно основывается на статистической (регрессионной) связи параметров стока соседних рек, имеющих сходные физико-географические характеристики водосборов.

Основные критерии подбора реки-аналога:

$$R \geq 0,7; n \geq 10, \quad (7.5)$$

где  $R$  – коэффициент корреляции между величинами стока исследуемой (расчетной) реки и реки-аналога,  $n'$  – число лет совместных наблюдений.

*Коэффициент корреляции  $R$*  – мера тесноты связи между рассматриваемыми характеристиками (переменными). Частный коэффициент корреляции изменяется в пределах от  $-1$  до  $1$ , чем ближе к единице, тем теснее связь.

*Коэффициент автокорреляции  $r(\tau)$*  – характеризует связь ряда гидрологических величин с этим же рядом, сдвинутым на некоторый интервал времени  $\tau$ . Коэффициент автокорреляции позволяет судить о случайности и независимости значений характеристики ряда. Значения  $r(\tau) \leq 0,2$  считаются несущественными.

После подбора реки-аналога производится восстановление значений стока для расчетной реки различными методами.

### Ход выполнения работы

1) Требуется определить норму годового стока для р. Западная Двина - г. Полоцк. Исходный ряд наблюдений дан в таблице 7.1.

*Таблица 7.1 Годовые расходы воды ( $Q_i$ ) р. Западная Двина - г. Полоцк за 1947-1981 гг.*

№ члена ряда	1	2	3	4	5	6	7	...	33	34	35
Год	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	...	1979	1980	1981
$Q_i$ , м <sup>3</sup> /с	323	279	256	332	265	313	448	...	259	305	305

По формуле 7.1 определяется норма годового стока:

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{10290}{35} = 294 \text{ м}^3/\text{с}$$

По формуле 7.2 необходимо рассчитать относительную среднюю квадратическую ошибку. При нахождении ошибки, требуется определить коэффициент изменчивости ( $C_v$ ). Расчет вычисления  $C_v$  заполняется в таблице 7.2

Таблица 7.2 Определение коэффициента изменчивости на р. Западная Двина - г. Полоцк

№ п/п	Годы	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$K_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$	$K_i - 1$	$(K_i - 1)^2$
1	2	3	4	5	6
1	1947	323	1,1	0,10	0,010
2	1948	279	0,95	-0,05	0,003
3	1949	256	0,87	-0,13	0,017
...	...	...	...	...	...
33	1979	259	0,88	-0,12	0,014
34	1980	305	1,04	0,04	0,001
35	1981	305	1,04	0,04	0,001
Сумма		10290			1,511
Среднее		294			

По формуле 7.3 определяется коэффициент изменчивости:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(K_i - 1)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1,511}{35 - 1}} = 0,21$$

Средняя квадратическая ошибка

$$\delta_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\% = \frac{0,21}{\sqrt{35}} \cdot 100\% = 3,55\%$$

Величина средней квадратической ошибки нормы стока 3,55% не превышает 10%, следовательно, период считается достаточным (репрезентативным) и не требуется продление ряда.

2) Ряд наблюдений по реке-аналогу берем из нормативно-справочного материала.

Таблица 7.3 Годовые расходы воды ( $Q_i$ ) р. Западная Двина - г. Полоцк за 1947-1981 гг.

№ члена ряда	1	1	2	3	4	5	6	7	...	33	34	35
Год	2	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	...	1979	1980	1981
$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	3	323	279	256	332	265	313	448	...	259	305	305

Для продления короткого ряда наблюдений по исследуемой реке, при аналитическом методе, подсчитывается коэффициент корреляции и параметры уравнения регрессии (таблица 7.3). Используется два метода продления: аналитический (по уравнению регрессии) и графический (по

графику связи).

Таблица 7.4 Определение коэффициента корреляции и параметров уравнения регрессии.

№ ПП	Годы	Расходы воды, м <sup>3</sup> /с		$\Delta y = y_i - \bar{y}$	$\Delta x = x_i - \bar{x}$	$\Delta y^2$	$\Delta x^2$	$\Delta y \cdot \Delta x$
		Q (y)	Q <sub>A</sub> (x)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1947	0,90	323	-0,42	7,00	0,180	49,000	-2,966
2	1948	1,06	279	-0,26	-37,0	0,070	1369,000	9,756
3	1949	1,13	256	-0,19	-60,0	0,038	3600,000	11,621
...	...	...	...	...	...	...	...	...
17	1963	1,16	209	-0,16	-107	0,027	11449,000	17,514
18	1964	0,90	187	-0,42	-129	0,180	16641,000	54,655
19	1965	1,23	263	-0,09	-53,0	0,009	2809,000	4,965
Сумма		25,08	6004	0,00	0,00	4,317	133465,79	585,953
Среднее		1,32	316					

Определяются средние квадратические отклонения рядов:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{133465,79}{18}} = 86,11$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{4,317}{18}} = 0,49$$

Коэффициент корреляции:

$$R = \frac{\sum[(y_i - \bar{y}) \cdot (x_i - \bar{x})]}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \cdot \sum \Delta y^2}} = \frac{585,953}{\sqrt{133465,79 \cdot 4,317}} = 0,772$$

Вероятная ошибка коэффициента корреляции:

$$E_p = \pm 0,674 \cdot \frac{1 - R^2}{\sqrt{n}} = \pm 0,674 \cdot \frac{1 - 0,772^2}{\sqrt{19}} = \pm 0,062$$

Наиболее вероятное значение коэффициента корреляции  $R = 0,772 \pm 0,062$ .

Коэффициент регрессии, представляющий тангенс угла наклона линии связи к оси абсцисс, определяется по формуле:

$$K_{y/x} = R \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 0,772 \cdot \frac{0,49}{86,11} = 0,0044$$

Уравнение прямой регрессии:

$$(Q - \bar{Q}) = K_{y/x} \cdot (Q_A - \bar{Q}_A)$$

$$(Q - 1,32) = 0,0044 \cdot (Q_A - 316)$$

$$Q = 0,044 \cdot Q_A - 0,07$$

Для проверки правильности расчета строится прямая по уравнению прямой регрессии (рисунок 7.1).

При продлении ряда графическим методом строится график связи, по таблице 7.2, расходов исследуемой реки с расходами реки-аналога (рисунок 7.1).

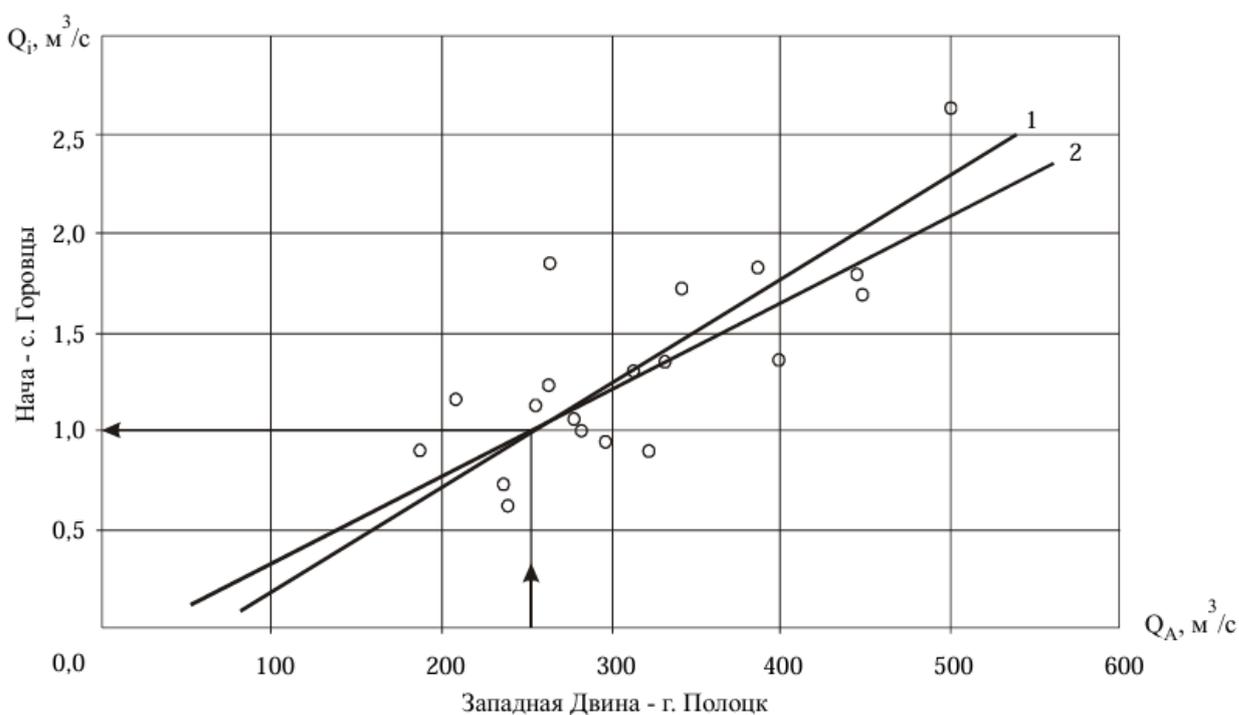


Рисунок 7.1 Графики связи средних годовых расходов воды р.Западная Двина-г.Полоцк и р.Нача-с.Горовицы: 1 – графический метод; 2 – аналитический метод.

Приведение исходного ряда к длительному периоду наблюдения осуществляется по двум методам: графическому – значения расходов воды снимаются по графику, с использованием расходов реки-аналога; аналитическому – значения расходов воды определяются по уравнению прямой регрессии, с использованием расходов реки-аналога. Результаты сводятся в таблицу 7.4. При этом в графы 3 и 4 таблицы 7.5 переписываются наблюдаемые значения, а восстановленные значения расходов, по двум методам, берутся в скобки.

## Практическая работа №8

**Тема:** Расчет внутригодового распределения стока. Определение расчетных максимальных расходов воды. Построение расчетных гидрографов половодий и паводков.

**Цель работы:** 1.) Рассчитать внутригодовое распределение стока.

4.) Определить расчетные максимальные расходы воды.

5.) Построить расчетные гидрографы половодий и паводков.

### Краткие сведения из теории

Для расчета внутригодового стока воды при наличии данных гидрометрических наблюдений за период не менее 15 лет применяются согласно ТКП 45-3.04-168-2009 следующие методы:

- распределения стока по аналогии с распределением реального года;
- компоновки сезонов.

Внутригодовое распределение стока следует рассчитывать по водохозяйственным годам, начиная с многоводного сезона. Границы сезонов назначаются едиными для всех лет с округлением до месяца. Деление года на периоды и сезоны производится в зависимости от преобладающего вида использования стока. Период года и сезон, в которых естественный сток может лимитировать водопотребление, принимаются за лимитирующие период и сезон (рисунок 8.1).

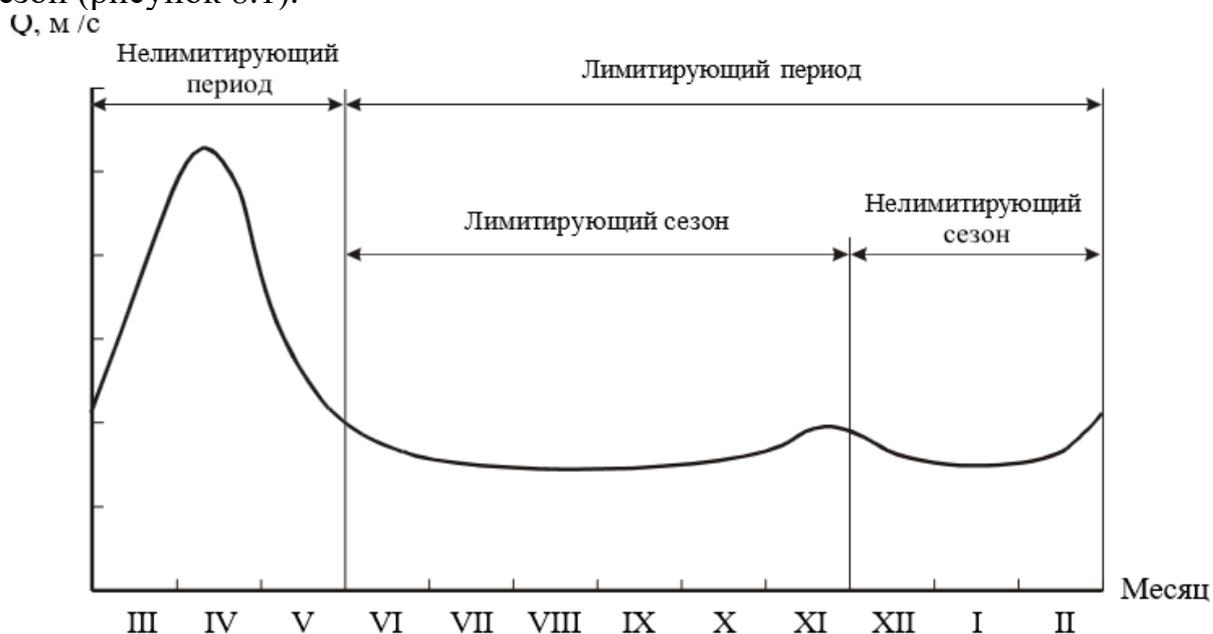


Рисунок 8.1 Средний многолетний гидрограф стока.

### Ход выполнения работы

Для расчета внутригодового распределения стока применяем *метод реального года*. Суть метода – выделить из ряда лет водохозяйственный год наиболее близкий к заданной вероятности превышения как за год так и за лимитирующий период (сезон). Затем, зная процентное распределение

месячных расходов внутри этого реального года, по аналогии выполнить внутригодовое распределение для заданного года.

Прежде всего, устанавливается начало и конец сезонов, лимитирующий период и сезон. Проанализировав ход изменения средних месячных расходов, видим, что весна охватывает май-март (многоводный сезон). Лето-осень включает июнь-ноябрь, а зима – декабрь-февраль. Поскольку проектируемое водохранилище на р.Нача-с.Горовцы предназначено для целей гидроэнергетики и водоснабжения, то лимитирующим сезоном будет зима, а лимитирующим периодом – маловодный период, включающий два сезона: лето-осень и зиму.

Таблица 8.1 Суммы средних месячных расходов р.Нача - с.Горовцы за сезоны и год, м<sup>3</sup>/с.

Водохозяйственный год	Весна (III-V)	Лето-осень (VI-XI)	Зима (XII-II)	Сумма (за год)
1	2	3	4	5
1947-1948	7,57	1,46	3,56	12,59
1948-1949	7,29	1,99	1,33	10,61
1949-1950	8,92	2,76	2,21	13,89
...	...	...	...	...
1962-1963	13,36	14,45	3,87	31,68
1963-1964	9,54	2,38	1,50	13,42
1964-1965	8,04	1,34	1,88	11,26

Для выбора реальных лет со стоком за год и сезоны, близким к расчетной (в нашем случае 90%) обеспеченности составляется таблица 8.1, в которую записываются суммы средних месячных расходов воды за все сезоны и год (водохозяйственный, т.е. начинающийся с марта текущего года и заканчивающийся в феврале следующего), и таблицу 8.2, куда выписываются суммы средних месячных расходов воды за год и лимитирующий период (сезоны) в убывающем порядке. В графу 8 таблицы 8.2 записывается вычисленная обеспеченность, P, %.

Таблица 4.2 Сумма средних месячных расходов р.Нача - с.Горовцы за сезоны и год в убывающем порядке, м<sup>3</sup>/с.

№ п/п	Год	Q <sub>ср.м.</sub> за год	Год	Q <sub>ср.м.</sub> за лето-осень	Год	Q <sub>ср.м.</sub> за зиму	P, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1962-1963	31,68	1962-1963	14,45	1950-1951	4,64	5,3
2	1956-1957	23,28	1952-1953	10,68	1952-1953	4,07	10,5
3	1951-1952	20,92	1957-1958	8,21	1960-1961	3,88	15,8
...	...	...	...	...	...	...	...
16	1961-1962	10,48	1947-1948	1,46	1953-1954	0,85	84,2
17	<b>1959-1960</b>	9,94	1964-1965	1,34	1951-1952	0,65	<b>89,5</b>
18	1960-1961	9,07	<b>1959-1960</b>	0,57	<b>1959-1960</b>	0,24	94,7

Внутригодовое распределение стока реального года может быть принято

в качестве расчетного, если вероятность превышения стока за год и за лимитирующие период и сезон, а также минимального месячного расхода, близки между собой и соответствуют заданной, по условиям проектирования, вероятности превышения. Анализируя данные таблицы 8.2, приходим к выводу, что наиболее близким к очень маловодному году является 1959-1960 водохозяйственный год (выделенный в таблице 8.2), так как обеспеченность годового стока (89,5%), лимитирующих сезонов лета-осени (94,7%) и зимы (94,7%) наиболее близки к заданной (90%). Этот год и принимается в качестве расчетного.

Распределение стока по месяцам для установленного таким образом маловодного (реального года) показано в таблице 8.3. Используя внутригодовое распределение стока реального года (таблица 8.3), получено внутригодовое распределение стока для расходов заданной обеспеченности (таблица 8.4).

Полученное по клетчатке вероятностей значение расхода заданной обеспеченности  $Q_{90} = 0,74 \text{ м}^3/\text{с}$ , предварительно умножив его на 12:  $0,74 \cdot 12 = 8,88 \text{ м}^3/\text{с}$  принимают за 100%. Обозначая сток за месяц через X и, пользуясь данными таблицы 8.3, получаем для III (марта) месяца значение  $X = \frac{8,88 \cdot 31,9}{100} = 2,83 \text{ м}^3/\text{с}$ , которое заносим в таблицу 8.4. Продолжая расчет таким образом, получают необходимые данные для составления таблицы 8.4.

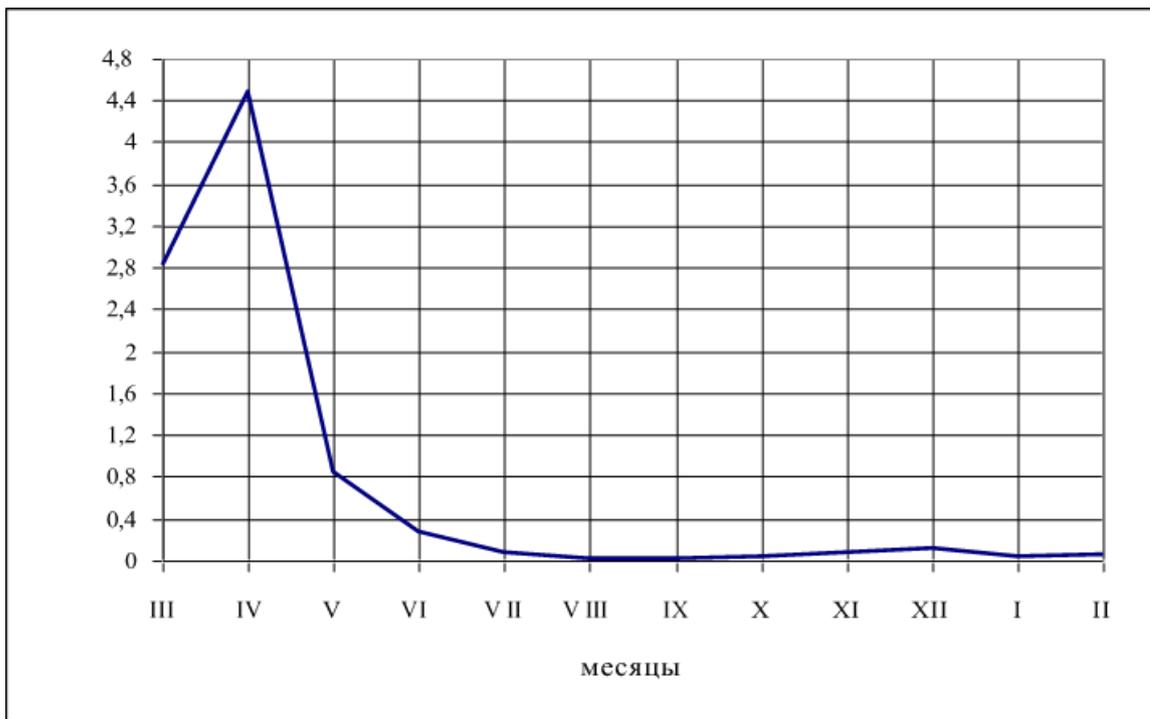
*Таблица 8.3 Внутригодовое распределение стока р.Нача – с.Горовцы за 1959-1960гг.*

Очень маловодный год (1959-1960)												
Месяцы	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
в $\text{м}^3/\text{с}$	3,17	5,03	0,94	0,32	0,08	0,02	0,02	0,04	0,09	0,12	0,05	0,06
в %	31,9	50,6	9,50	3,20	0,80	0,20	0,20	0,40	0,90	1,20	0,50	0,60

*Таблица 8.4 Внутригодовое распределение стока р.Нача – с.Горовцы за расчетный год.*

Очень маловодный год (90%)												
Месяцы	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
в %	31,9	50,6	9,50	3,20	0,80	0,20	0,20	0,40	0,90	1,20	0,50	0,60
в $\text{м}^3/\text{с}$	2,83	4,49	0,84	0,28	0,07	0,02	0,02	0,04	0,08	0,11	0,04	0,05
млн. $\text{м}^3/\text{мес}$	7,34	11,64	2,18	0,73	0,18	0,05	0,05	0,10	0,21	0,29	0,10	0,13

По данным таблицы 8.4 строится гидрограф стока для года 90%-ной обеспеченности (рисунок 8.2).



*Рисунок 8.2 Гидрограф стока р. Нача - с. Горовцы для года 90% обеспеченности.*

## Практическая работа №9

**Тема:** Расчет минимальных расходов воды. Определение расчетных уровней воды.

**Цель работы:** 1.) Рассчитать минимальные расходы воды.

б.) Определить расчетные уровни воды.

### Краткие сведения из теории

Минимальный сток формируется в период, когда река переходит на грунтовое питание и поверхностный сток имеет наименьшее значение. Такими периодами в году являются летне-осенний и зимний. Под расходами минимального стока понимают 30-суточные (средние месячные) расходы воды расчетной обеспеченностью  $p$ , %, устанавливаемой для разных отраслей экономики по действующим нормативным документам.

В работе надо определить минимальные среднемесячные и среднесуточные расходы воды за летне-осенний и зимний сезоны обеспеченностью  $p$ , равной 80 и 95 %, для условий отсутствия данных гидрометрических наблюдений в створе.

### Ход выполнения работы

Расходы воды обеспеченностью  $p = 80$  % получают по формулам согласно методике:

$$Q_{80, \text{ л-о}} = \frac{q_{80, \text{ л-о}} \cdot F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.1)$$

$$Q_{80,3} = \frac{q_{80,3} \cdot F}{1000}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.2)$$

где  $q_{80, \text{ л-о}}$  и  $q_{80,3}$  – модули минимального стока обеспеченностью 80 % соответственно летне-осеннего и зимнего сезонов, значения которых устанавливают по картам минимального стока для центра тяжести водосбора, когда  $F > F_{\text{пр}}$ , л/с·км<sup>2</sup>.

Термин «предельная площадь»  $F_{\text{пр}}$  следует понимать так, что если  $F < F_{\text{пр}}$ , происходит неполное дренирование подземных вод руслом реки. Значение  $F_{\text{пр}}$  зависит от природного района и расчетного периода. Для водосборов рек территории Республики Беларусь  $F_{\text{пр}} = 1200$  км<sup>2</sup> для зимнего периода и  $F_{\text{пр}} = 1500$  км<sup>2</sup> – для летнего периода.

Переход от расхода обеспеченностью  $p = 80$  % к расходу другой обеспеченности  $Q_p$  выполняют по формуле

$$Q_p = Q_{80\%} \lambda_p, \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.3)$$

где  $\lambda_p$  – переходный коэффициент, зависящий от географического района и обеспеченности  $p$ , определяемый согласно табл. 9.1.

Таблица 9.1. Переходные коэффициенты  $\lambda_p$  для определения минимальных 30-суточных расходов воды различной обеспеченности

Водосборы рек	Обеспеченность $p$ , %				
	75	80	90	95	97
Водосборы рек бассейнов Припяти и Немана	1,06	1,00	0,86	0,78	0,70
Водосборы рек остальной территории Республики Беларусь	1,09	1,00	0,80	0,63	0,54

Минимальные суточные расходы обеспеченностью  $p = 80$  % для обоих сезонов вычисляют по формуле:

$$Q_{c,80} = Q_{80}K, \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.4)$$

где  $K$  – коэффициент:  $K = 0,74$  для водосборов рек на территории Республики Беларусь в зимний сезон и  $K = 0,64$  – для летне-осеннего сезона.

Минимальный суточный расход другой обеспеченности вычисляют умножением  $Q_{c,80}$  на переходный коэффициент  $\lambda_p$ , принимаемый по табл. 9.1.

$$Q_p = Q_{80}\lambda_p, \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.3)$$

## Практическая работа №10

**Тема:** рассчитать индексы и параметры загрязнения воды по рекам.

**Цель работы:** 1.) Рассчитать индексы и параметры загрязнения воды по рекам.

### Краткие сведения из теории

Расчет ИЗВ для поверхностных вод проводится только по строго ограниченному количеству ингредиентов. Результаты анализов по каждому из показателей осредняются (определяется среднеарифметическое значение (САЗ)). Число анализов для определения САЗ должно быть не менее 4.

Расчет ИЗВ проводится по формуле (10.1) для поверхностных вод суши и по формуле (10.2) для морских вод

$$\text{ИЗВ} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}\right)}{6} \quad (10.1)$$

где  $n$  – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшее значение, независимо от того, превышают они ПДК или нет, включая показатель растворенного кислорода БПК<sub>5</sub>. Для поверхностных вод суши  $n = 6$ ;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в воде;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества.

$$\text{ИЗВ} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}\right)}{4} \quad (10.2)$$

где  $n$  – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшее значение, независимо от того, превышают они ПДК или нет, включая показатель растворенного кислорода БПК<sub>5</sub>. Для морских вод  $n = 4$ , расчет ИЗВ проводят не по отдельным станциям, а по районам контроля;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в воде;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества.

### Ход выполнения работы

Для представления качества вод в виде единой оценки показатели выбираются независимо от лимитирующего признака вредности при равенстве концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим токсикологический признак вредности.

Учитывая, что показатель биохимического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> является интегральным показателем наличия легкоокисляемых органических веществ (ПДК для БПК полного – 3 мгО<sub>2</sub>/л), а также, что с увеличением содержания окисляемых органических веществ (уменьшается содержание растворенного кислорода) качество вод снижается более резко, ПДК для этих показателей определяется на основании табл. 10.1 и табл. 10.2.

Таблица 10.1. ПДК для показателя БКП<sub>5</sub>

Потребление O <sub>2</sub> , БКП <sub>5</sub>	Величина мгO <sub>2</sub> /л, принимаемая за норматив
До 3 мгO <sub>2</sub> /л включительно	3
От 3 до 15 мгO <sub>2</sub> /л	2
Свыше 15 мгO <sub>2</sub> /л	1

Таблица 10.2. ПДК для растворенного кислорода

Для растворенного O <sub>2</sub> , мг/л	Величина мгO <sub>2</sub> /л, принимаемая за норматив
Свыше 6	6
6...5	12
5...4	20
4...3	30
3...2	40
2...1	50
1...0	60

Степень превышения концентрации растворенного кислорода над ПДК рассчитывается как норматив/содержание. Для определения класса качества воды используются данные, приведенные в табл. 10.3.

Таблица 10.3. Оценка класса качества воды

Класс качества воды	Текстовое описание	Величина ИЗВ
Поверхностные воды		
1	Очень чистая	До 0,3
2	Чистая	Более 0,3 до 1
3	Умеренно загрязненная	Более 1 до 2,5
4	Загрязненная	Более 2,5 до 4
5	Грязная	Более 4 до 6
6	Очень грязная	Более 6 до 10
7	Чрезвычайно грязная	Более 10
Морские воды		
1	Очень чистая	До 0,25
2	Чистая	Более 0,25 до 0,75
3	Умеренно загрязненная	Более 0,75 до 1,25
4	Загрязненная	Более 1,25 до 1,75
5	Грязная	Более 1,75 до 3
6	Очень грязная	Более 3 до 5
7	Чрезвычайно грязная	Более 5

**3 Раздел контроля знаний**  
**Перечень вопросов, выносимых на зачет**  
**по дисциплине «Экологическая гидрология»**

## Перечень вопросов, выносимых на зачет

1. Связь экологической гидрологии с другими науками и роль в народном хозяйстве.
2. Основные этапы развития гидрологической науки.
3. Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли в целом, континентов, стран СНГ и Республики Беларусь.
4. Водные ресурсы и гидрологический режим рек.
5. Понятие «водные ресурсы», их использование и охрана.
6. Физико-географические характеристики водосбора.
7. Морфометрические характеристики водосбора.
8. Водотоки. Гидрографическая сеть. Русловая сеть. Речная сеть.
9. Морфометрические характеристики реки. Долина реки. Русло реки. Продольный профиль реки.
10. Водные ресурсы и речной сток.
11. Морфологические характеристики, водный баланс и водный режим рек.
12. Расчет стока – основа эколого-гидрологических исследований.
13. Меженный и минимальный сток.
14. Расчеты минимального стока различной обеспеченности при наличии данных наблюдений.
15. Расчеты минимального стока при недостаточности или отсутствии данных наблюдений.
16. Водный кадастр и водный реестр.
17. Государственный мониторинг водных объектов.
18. Водное хозяйство. Отрасли водного хозяйства.
19. Водоснабжение. Водоотведение.
20. Потребление воды различными отраслями реального сектора экономики.
21. Водный транспорт, рыбное хозяйство. Борьба с наводнениями.
22. Водопотребление и водопользование. Схема комплексного использования и охраны водных объектов.
23. Водохозяйственные балансы и принципы их составления.
24. Нормативные основы управления качеством поверхностных вод.
25. Понятие о качестве воды. Виды загрязнений.
26. Загрязняющие вещества и пути поступления их в водные объекты.
27. Нормирование качества воды водотоков и водоемов.
28. Охрана водных объектов при сбросе сточных вод.
29. Расчет величины нормативов допустимых сбросов отдельных выпусков для водотоков.
30. Расчет величины нормативов допустимых сбросов отдельных выпусков для водохранилищ и озер.
31. Оценка расстояния до створа практически полного смешения.
32. Диффузное загрязнение водных экосистем.
33. Роль неточечных источников в загрязнении водных объектов.

34. Типы неточечных источников. Методы оценки диффузного загрязнения.
35. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы.
36. Оценка загрязненности поверхностных вод.
37. Методы оценки загрязненности природных вод.
38. Принципы метода оценки загрязненности поверхностных вод.
39. Показатели комплексной оценки. Требования к исходной информации.
40. Расчет коэффициента комплексности загрязнённости воды.
41. Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды.
42. Расчет экологически опасных уровней воды.
43. Экологические последствия экстремальных уровней.
44. Расчет экстремальных уровней при наличии данных наблюдений.
45. Расчет экстремальных уровней при отсутствии наблюдений.
46. Оценка влияния хозяйственной деятельности на речной сток.
47. Статистические методы. Воднобалансовые методы.
48. Нормативы допустимого воздействия на водный объект.
49. Процедура разработки и утверждения нормативов допустимого воздействия.
50. Состав материалов, используемых при разработке нормативов допустимого воздействия.

**4 вспомогательный раздел**  
**Учебная программа по дисциплине**  
**«Экологическая гидрология» для студентов специальности 7-06-**  
**0521-01 «Экология»**

2025

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе БрГТУ

« 15 » 01 2024 г.

Регистрационный № УД-24-2-80 /уч.

Экологическая гидрология

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:  
7-06-0521-01 «Экология»

2024

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 7-06-0521-01-2023, учебного плана специальности 7-06-0521-01 «Экология»

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Волчек А.А., профессор кафедры природообустройства, доктор географических наук, профессор

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Грядунова О.И., заведующий кафедрой городского и регионального развития учреждения образования «Брестский государственный университет имени А.С.Пушкина», кандидат географических наук, доцент

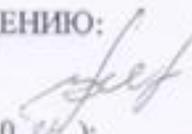
Парфомук С.И., заведующий кафедрой математики и информатики учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой природообустройства

Заведующий кафедрой

(протокол № 4 от 22.11.2024);

  
В.В.Мороз

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии

Председатель методической комиссии

(протокол № 1 от 28.11.2024);

  
В.Г.Новосельцев

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № 2 от 23.12.2024)

Методич. УМО  Т.П. Гуринович

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Место учебной дисциплины

Дисциплина «Экологическая гидрология» имеет большое значение при подготовке инженеров-экологов широкого профиля. Гидрологические исследования и гидрологические наблюдения являются важнейшей составляющей экологической оценки как природных, так и антропогенно нарушенных экосистем, а гидрологические расчеты – обязательной частью любого водохозяйственного объекта для решения вопросов рационального и комплексного использования водных ресурсов и их охраны.

Знания, полученные магистрантами в процессе изучения «Экологическая гидрология», необходимы при работе над магистерской диссертацией и в последующей производственной деятельности специалиста в проектных, строительных, эксплуатационных и управленческих водохозяйственных и природоохранных организациях.

Завершается изучение дисциплины экзаменом.

### Цель преподавания дисциплины

Основная цель преподавания дисциплины «Экологическая гидрология» – дать магистрантам необходимые знания о факторах и закономерностях формирования речного стока; режимах рек, озер, болот; способах и технических средствах измерения и определения основных гидрологических характеристик водотоков и водоемов; теоретических основах и методах инженерных гидрологических и водохозяйственных расчетов, научить применению этих методов при проектировании и эксплуатации водохозяйственных систем; при регулировании стока в соответствии с требованиями водопользования и в целях борьбы с наводнениями; научить методам оценки влияния антропогенных факторов на водные ресурсы.

### Задачи изучения дисциплины:

Углубление знаний о различных видах и способах производства гидрометрических измерений, обработки и систематизации полученных данных измерений, расчета основных гидрологических характеристик речного бассейна, прудов и водохранилищ, регулирования стока; приемами расчета работы прудов и водохранилищ таблично-цифровыми и графическими методами.

В результате изучения учебной дисциплины «Экологическая гидрология» формируются следующая специализированная компетенция:

СК-3. Быть способным анализировать, прогнозировать, оценивать влияние планируемой и осуществляемой хозяйственной деятельности на окружающую среду, научно обосновывать и разрабатывать природоохранные мероприятия, применять экологические нормы и правила в практической деятельности.

В результате изучения учебной дисциплины магистранты должны

знать:

- основные климатообразующие факторы, метеорологические элементы; закономерности формирования поверхностного стока, водного режима рек, озер, болот;

- питание и фазы водного и ледового режима рек, озер и болот;
- методы производства гидрометрических измерений, обработки и систематизации полученных данных измерений, расчета основных гидрологических характеристик речного бассейна, прудов и водохранилищ, регулирование стока.

уметь:

- выполнять гидрометрические измерения и наблюдения, определять параметры речных потоков;

- определять гидрологические характеристики при наличии и отсутствии данных наблюдений;

- производить гидрологические и водохозяйственные расчеты с целью регулирования стока и определения параметров водохранилища;

- оценить экономическую и экологическую эффективность мероприятий по регулированию стока.

владеть:

- принципами, методами и приемами управления в данной области;

- рациональными приемами поиска, сбора и хранения информации по вопросам охраны окружающей среды и использования природных ресурсов, а также анализа информации по поставленной конкретной задаче в данной области;

- принципами современного технического анализа и навыками обращения с соответствующей аналитической аппаратурой и приборами;

- составлять и анализировать принципы технологических и аппаратурных схем технологических процессов;

- методами проведения обследования и оценки экологической деятельности производства и разработки рекомендаций и предложений, направленных на ее совершенствование;

- методами проведения экспертиз безопасности и экологичности проектов, предприятий, технических систем, составления экологических паспортов предприятий;

- методами работы в структурах управления безопасностью жизнедеятельности и принятия управленческих решений;

- приемами использования вычислительной техники для прогнозирования обстановки в среде обитания и выбора оптимальных средозащитных мероприятий и принятия управленческих решений;

- методами инженерно-экономических расчетов в области охраны гидросферы.

Связь с другими учебными дисциплинами: «Рекультивация и охрана земель».

**План учебной дисциплины для дневной формы получения  
углубленного высшего образования (магистратуры)**

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-06-0521-01	Экология	1	2	100	3	42	22	-	20	-	-	зачет

**План учебной дисциплины для заочной формы получения  
углубленного высшего образования (магистратуры)**

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-06-0521-01	Экология	1	2	100	3	12	6	-	6	-	-	зачет

## 1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

#### 1.1.1 Экологическая гидрология в системе экологических наук.

Содержание курса «Экологическая гидрология», его связь с другими науками и роль в народном хозяйстве. Основные этапы развития гидрологической науки. Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли в целом, континентов, стран СНГ и Республики Беларусь.

1.1.2 Водные ресурсы и гидрологический режим рек. Понятие «водные ресурсы», их использование и охрана.

1.1.3 Водосбор. Физико-географические характеристики водосбора. Морфометрические характеристики водосбора. Водотоки. Гидрографическая сеть. Русловая сеть. Речная сеть. Морфометрические характеристики реки. Долина реки. Русло реки. Продольный профиль реки.

1.1.4 Водные ресурсы и речной сток. Морфологические характеристики, водный баланс и водный режим рек.

1.1.5 Расчет стока – основа эколого-гидрологических исследований. Меженный и минимальный сток. Расчеты минимального стока различной обеспеченности при наличии данных наблюдений. Расчеты минимального

стока при недостаточности или отсутствии данных наблюдений. Водный кадастр и водный реестр. Государственный мониторинг водных объектов.

1.1.6 Водное хозяйство. Отрасли водного хозяйства. Водоснабжение. Водоотведение. Потребление воды различными отраслями реального сектора экономики. Водный транспорт, рыбное хозяйство. Борьба с наводнениями. Водопотребление и водопользование. Схема комплексного использования и охраны водных объектов. Водохозяйственные балансы и принципы их составления.

1.1.7 Нормативные основы управления качеством поверхностных вод. Понятие о качестве воды. Виды загрязнений. Загрязняющие вещества и пути поступления их в водные объекты. Нормирование качества воды водотоков и водоемов. Охрана водных объектов при сбросе сточных вод. Расчет величины нормативов допустимых сбросов отдельных выпусков для водотоков. Расчет величины нормативов допустимых сбросов отдельных выпусков для водохранилищ и озер. Оценка расстояния до створа практически полного смешения.

1.1.8 Диффузное загрязнение водных экосистем. Роль неточечных источников в загрязнении водных объектов. Типы неточечных источников. Методы оценки диффузного загрязнения. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы.

1.1.9 Оценка загрязненности поверхностных вод. Методы оценки загрязненности природных вод. Принципы метода оценки загрязненности поверхностных вод. Показатели комплексной оценки. Требования к исходной информации. Расчет коэффициента комплексности загрязненности воды. Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды.

1.1.10 Расчет экологически опасных уровней воды. Экологические последствия экстремальных уровней. Расчет экстремальных уровней при наличии данных наблюдений. Расчет экстремальных уровней при отсутствии наблюдений.

1.1.11 Оценка влияния хозяйственной деятельности на речной сток. Статистические методы. Воднобалансовые методы.

1.1.12 Нормативы допустимого воздействия на водный объект. Процедура разработки и утверждения нормативов допустимого воздействия. Состав материалов, используемых при разработке нормативов допустимого воздействия.

## 1.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение гидрографических характеристик реки, речной системы и речного бассейна. Изучение гидрометеорологических приборов.
2. Приборы и методы обработки материалов измерения глубин воды.
3. Приборы для измерения скоростей течения воды, их устройство, способы градуировки и применение; вычисление средней на вертикали скорости.

4. Приборы для измерения расходов наносов.
5. Обработка измеренных уровней воды.
6. Вычисление расходов воды.
7. Расчёт нормы годового стока по многолетнему ряду наблюдений. Определение нормы годового стока при недостаточности и отсутствии данных наблюдений.
8. Расчет внутригодового распределения стока. Определение расчетных максимальных расходов воды. Построение расчетных гидрографов половодий и паводков.
9. Расчет минимальных расходов воды. Определение расчетных уровней воды.
10. Рассчитать индексы и параметры загрязнения воды по рекам.

## 2.1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для дневной формы получения углубленного высшего образования (магистратуры)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1.	Экологическая гидрология в системе экологических наук.	2		2		6	Собеседование
2.	Водные ресурсы и гидрологические режим рек.	2		2		6	Отчет по практическим работам
3.	Водное хозяйство.	4		4		6	Отчет по практическим работам
4	Нормативные основы управления качеством поверхностных вод.	4		2		6	Отчет по практическим работам
5.	Диффузное загрязнение водных экосистем.	2				6	Отчет по практическим работам
6.	Оценка загрязненности поверхностных вод.	4		4		7	Отчет по практическим работам
7.	Расчет экологически опасных уровней воды.	2		2		7	Отчет по практическим работам
8.	Оценка влияния хозяйственной деятельности на речной	1		2		7	Отчет по практическим работам

	сток.						
9.	Нормативы допустимого воздействия на водный объект.	1		2		7	Отчет по практическим работам
	Всего:	22		20		58	Зачет

## 2.2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения II степени высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1.	Экологическая гидрология в системе экологических наук.					9	Собеседование
2.	Водные ресурсы и гидрологических режим рек.	1		1		9	Отчет по практическим работам
3.	Водное хозяйство.	1		1		10	Отчет по практическим работам
4	Нормативные основы управления качеством поверхностных вод.	1		1		10	Отчет по практическим работам
5.	Диффузное загрязнение водных экосистем.	1		1		10	Отчет по практическим работам
6.	Оценка загрязненности поверхностных вод.	1		1		10	Отчет по практическим работам
7.	Расчет экологически опасных уровней воды.	1		1		10	Собеседование
8.	Оценка влияния хозяйственной деятельности на речной сток.					10	Собеседование
9.	Нормативы допустимого воздействия на водный объект.					10	Собеседование
	Всего:	6		6		88	Зачет

### 3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.)

##### Основная:

1. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.]; под общ. ред. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 239 с.
2. Волчек, А. А. Гидрологические и водохозяйственные расчеты для лабораторно-практических занятий по курсу «Инженерная гидрология и регулирование стока» / А. А. Волчек. М. : Русайнс, 2020. – 276 с.
3. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учеб.-метод. пособие // А. А. Волчек, П. С. Лопух, Ан. А. Волчек. – Минск : БГУ, 2019. – 316 с.
4. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учебное пособие / А. А. Волчек. – Москва : КНОРУС, 2021. – 418 с.
5. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты. Практикум : пособие / А. А. Волчек, П. С. Лопух, Ан. А. Волчек. – Минск : БГУ, 2021. – 167 с.
6. Волчек, А. А. Гидрометрия : пособие / А. А. Волчек, П. С. Лопух, А. А. Новик. – Минск : БГУ, 2023. – 383 с.
7. Волчек, А. А. Гидрометрия : учебное пособие / А. А. Волчек. – Москва : КНОРУС, 2023. – 388 с.
8. Георгиевский, Ю. М. Гидрологические прогнозы : учебник / Ю. М. Георгиевский, С. В. Шаночкин. – СПб. : Изд. РГГМУ, 2007. – 436 с.
9. Гидравлика, гидрология, гидрометрия : учебное пособие / А. А. Волчек, Ан. А. Волчек, П. В. Шведовский, Н. Н. Шешко ; под общ. ред. А. А. Волчека. – Москва : КНОРУС, 2021. – 520 с. – (Бакалавриат и магистратура).
10. Калинин, В. М. Экологическая гидрология : учебное пособие / В. М. Калинин. – Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2008. – 148 с.

##### Дополнительная:

1. Бестужева, А. С. Гидроэкология. Ч. 1. Общая гидроэкология : курс лекций / А. С. Бестужева. – М. : НИУ МГСУ, 2015. – 88 с.
2. Бурлибаев, М. Ж. Гидрологические измерения и гидрогеологические расчеты для водохозяйственных целей / М. Ж. Бурлибаев, А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Алматы : Издательство «Каганат», 2004. – 358 с.
3. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Изд. Центр БГУ, 2002. – 440 с.
4. Волчек, А. А. Математические модели в природопользовании : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. А. Волчек, П. В. Шведовский, Л. В. Образцов. – Минск : Издательский центр БГУ, 2002. – 282 с.
5. Волчек, А. А. Минимальный сток рек Беларуси : монография / А. А. Волчек, О. И. Грядунова. – Брест : Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, 2010. – 300 с.

6. Волчек, А. А. Паводки на реках Беларуси : монография / А. А. Волчек, Т. А. Шелест. – Брест : Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, 2016. – 199 с.
7. Гидравлика, гидрология и гидрометрия в дорожном строительстве : учебное пособие / А. А. Волчек, П. В. Шведовский, Ан. А. Волчек, Н. Н. Шешко; под ред. А. А. Волчека. – Минск : РИВШ, 2020. – 420 с.
8. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / под общ. ред. А. И. Полищука, Г. С. Чекан. – Минск : Книгазбор, 2009. – 268 с.
9. Литвенкова, И. А. Гидроэкология : курс лекций / И. А. Литвенкова, В. Е. Савенок; в 2-х частях. – Витебск : Витебский государственный университет имени П. М. Машерова, 2013. – 48 с.
10. Логинов, В. Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 244 с.
11. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск : Тонпик, 2006 – 160 с.
12. Логинов, В. Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во БГТУ, 2004. – 301 с.
13. Логинов, В. Ф. Современное антропогенное воздействие на водные ресурсы Беларуси / В. Ф. Логинов, М. Ю. Калинин, В. Ф. Иконников. – Минск, 2000. – 284 с.
14. Лопух, П. С. Гидрология водохранилищ : пособие / П. С. Лопух. – Минск : БГУ, 2013. – 260 с.
15. Лопух, П. С. Гидрология водохранилищ : практикум / П. С. Лопух, А. А. Волчек. – Минск : БГУ, 2020. – 41 с.
16. Лопух, П. С. Гідраграфія Беларусі / П. С. Лопух. – Минск : БГУ, 2004. – 204 с.
17. Максименко, Ю. Л. Охрана водных ресурсов / Ю. Л. Максименко, Г. Н. Кудряшова. – М. : АСВ, 2015. – 256 с.
18. Михайлов В. Н. Гидрология : учебник для вузов / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – 2-е, 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2007, 2008. – 463 с.
19. Мухавец. Энциклопедия малой реки / А. А. Волчек, В. Н. Яромский, Н. В. Михальчук, М. Ю. Калинин. – Брест : Академия, 2006. – 344 с.
20. Никаноров, А. М. Гидрохимия : учебник / А. М. Никаноров. – СПб. : Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
21. Панов, Б. Н. Гидроэкология : практикум / Б. Н. Панов. – Керчь : Керченский государственный морской технологический университет, 2020. – 54 с.
22. Проблемы гидроэкологии на рубеже веков. – Санкт-Петербург : Изд-во ЗИН РАН, 2000. – 242 с.
23. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.04-168-2009(02250). – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. – 55 с.

24. Романенко, В. Д. Основы гидроэкологии / В. Д. Романенко : учебн. для студентов высших учебных заведений. – К. : Генеза, 2004. – 664 с.
25. Статистические методы в природопользовании : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, П. С. Пойта, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.
26. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси : справочник / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; под общ. ред. М. А. Гольберга. – Минск : Белорусский научно-исследовательский центр «Экология», 2002. – 132 с.
27. Учебная гидрометрическая практика : учебное пособие / А. А. Волчек, Ан. А. Волчек, О. П. Мешик, М. Ф. Мороз, Е. С. Саркынов, Б. А. Зулпыхаров; под ред. А.А. Волчека. – Минск : РИВШ, 2020. – 260 с.
28. Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология / В. К. Шитиков [и др.]. – Тольятти : 2003. – 203 с.
29. Экологическая гидрогеология / А. П. Белоусова, И. К. Гавич, А. Б. Лисенков, Е. В. Попов : учебник для вузов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2007. – 397 с.
30. Ясельда / И. В. Абрамова [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчека, И. И. Кирвеля, Н. В. Михальчука; Национальная академия наук Беларуси, Полесский аграрно-экологический институт. – Минск : Беларуская навука, 2017. – (Реки Полесья). – 416 с.

3.2. Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ:

- Физико-географический Атлас Мира / под ред. И. П. Герасимова, Ф. Ф. Давитая, М. И. Будыко, Е. М. Лавренко. – Москва : Главное управление геодезии и картографии государственного геологического комитета СССР, 1964. – 298 с.

- Нацыянальны атлас Беларусі. – Мн. : Белкартографія, 2024. – 348 с.

3.3. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности:

- письменный отчет по практическим работам;
- собеседование;
- индивидуальный контроль;
- текущая аттестация в форме устного опроса на практических занятиях;
- зачет.

3.4. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине

1. Значение гидрологических прогнозов для различных отраслей экономики.

Рекомендуемая литература: [1-2, 4д].

2. Организация службы гидрологических прогнозов и информации. Классификация гидрологических прогнозов. Виды гидрологических прогнозов. Закономерности гидрологических процессов и методы прогнозирования.

Рекомендуемая литература: [7д].

3. Принципы статистической оценки эффективности методики и оправданности гидрологических прогнозов. Формы выпуска прогнозов.

Рекомендуемая литература: [3о].

4. Назначение и содержание гидрологической информации. Информационная сеть станций и постов, состав наблюдений, передача информации.

Рекомендуемая литература: [10-11д].

5. Теоретические основы движения попусков, паводков и половодий.

Рекомендуемая литература: [1о, 1д].

6. Метод соответственных уровней (расходов) воды при краткосрочном прогнозе.

Рекомендуемая литература: [1-4о, 12д, 13-14д].

7. Способы краткосрочного прогноза на бесприточных, слабоприточных, приточных и зарегулированных участках рек.

Рекомендуемая литература: [1-2о, 1д].

8. Краткосрочные прогнозы уровней и расходов воды, основанные на приближенных уравнениях трансформации волн паводка. Линейные и нелинейные модели трансформации для приточных и бесприточных участков.

Рекомендуемая литература: [18д].

9. Определение запасов воды в русловой сети. Прогнозы стока по данным о русловых запасах и притоке воды в речную сеть.

Рекомендуемая литература: [18д].

10. Прогнозы уровней и расходов воды способом тенденции и по кривым спада.

Рекомендуемая литература: [1о, 18д].

11. Общие сведения о математическом моделировании в гидрологии.

Рекомендуемая литература: [7д, 11д].

12. Закономерности формирования дождевого стока. Генезис дождевых паводков. Краткосрочные прогнозы расходов и уровней дождевых паводков.

Рекомендуемая литература: [7д, 11д].

13. Генетическая формула стока. Потери дождевых вод.

Рекомендуемая литература: [1о, 8д].

14. Графоаналитические способы краткосрочного прогноза стока дождевых паводков. Прогнозы дождевого стока по суммарному притоку в речную сеть и по осадкам. Математические модели формирования дождевых паводков.

Рекомендуемая литература: [7д, 10д].

15. Общие закономерности и факторы формирования весеннего стока. Запасы воды в снежном покрове и ледяной корке. Осадки за период половодья. Потери весеннего стока.

Рекомендуемая литература: [1о, 8-9д].

16. Общая характеристика методов прогнозирования весеннего стока равнинных рек. Расчет по уравнению водного баланса. Физико-статистический водно-балансовый метод. Статистические методы.

Рекомендуемая литература: [14д].

17. Математические модели половодья и их использование при прогнозах расходов воды.

Рекомендуемая литература: [1о, 1д, 19д].

18. Особенности формирования стока в различных физико-географических зонах.

Рекомендуемая литература: [1-4о, 1д].

19. Уравнение водного баланса речного стока за летне-осенний и зимний периоды.

Рекомендуемая литература: [10д].

20. Краткосрочный прогноз сроков появления плавучего льда. Прогноз вскрытия рек, озер и водохранилищ.

Рекомендуемая литература: [1о, 8д].