

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

Должность: И.о. директора института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова

Дата подписания: 07/02/2024 16:13:10

Уникальный программный ключ:

dcb6dc8715774aed86f2a7c7a0cc2cf217be1e29



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**  
**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова

Кафедра гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института мелиорации,  
водного хозяйства и строительства  
имени А.Н. Костякова

Бенин Д.М.

« 20 » 06 / 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.7. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 20.04.02 Природообустройство и водопользование

Направленность: Цифровизация инженерных систем в АПК

Курс 2

Семестр 3

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Москва, 2023

Разработчик: Глазунова И.В.,

к.т.н., доцент кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

  
«05» июня 2023 г.

Рецензент: Лагутина Н.В.,

к.т.н., доцент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

  
«05» июня 2023 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ОПОП профессионального стандарта (Приказ Минобрнауки России от 26.05.2020 № 685 Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование (уровень магистратура) (Зарегистрировано в Минюсте России 01.04.2015 № 36682) по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами протокол № 11 от «05» июня 2023 г.

И.о. зав. кафедрой Перминов А.В., к.т.н., доцент

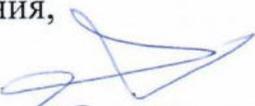
  
«05» июня 2023 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова  
Смирнов А.П., к.т.н. доцент  
протокол № 7 от «19» июня 2023 г.

  
«19» июня 2023 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций  
Али М.С., к.т.н., доцент

  
«05» июня 2023 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	6
ПО СЕМЕСТРАМ .....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ.....	12
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	16
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	18
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	19
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	38
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	39
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	39
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	40
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	40
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	40
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	41
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ) .....	41
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	42
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	43
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	44
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	44

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы учебной дисциплины**  
**Б1.В.7 Научные основы водопользования для подготовки магистров**  
**по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование,**  
**направленности «Цифровизация инженерных систем в АПК»**

**Цель освоения дисциплины:** передать будущим магистрам знания и навыки владения методами анализа и синтеза процессов, информационных технологий, методами управления процессами, способами постановки научных задач, планирование их решения, что способствует повышению знаний необходимых в профессиональной деятельности, связанной с решением научных задач в области водопользования.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в базовую часть учебного плана по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие образовательные компетенции: ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-5.1; ПКос-5.2.

**Краткое содержание дисциплины:** дисциплина имеет большое научное и практическое значение для обучающихся, позволяет ознакомиться с объектами профессиональной деятельности, вырабатывает у обучающихся навыки изучения вопросов водопользования, постановке задач научных исследований и их решения, использовать понятия, идеи и методы для исследовательской работы. Изучение вопросов водопользования: оценка располагаемых водных ресурсов, оценка возможности их использования с учетом экологических требований, выявление антропогенного влияния на водные и наземные экосистемы. Знакомство со способами определения допустимых нагрузок на водные и наземные объекты. Анализировать влияние природных и антропогенных факторов на эффективность использования водных ресурсов и охрану водных объектов.

Эффективность усвоения материала студентами повышается путем применения средств цифровых технологий: виртуальные доски, цифровые образовательные ресурсы, Big Data.

**Общая трудоемкость дисциплины** составляет 4 зачетные дисциплины (144 часов, в т.ч. практическая подготовка 4 часа)

**Промежуточный контроль:** экзамен.

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины **Б1.В.7 «Научные основы водопользования»** является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих знания и владения методами анализа и синтеза процессов, информационных технологий, в т.ч. современных методов сквозных технологий, что способствует повышению знаний необходимых в профессиональной деятельности связанной с решением водохозяйственных задач путем научных исследований. Получение знаний принципов и методов научных экспериментов.

## 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Научные основы водопользования» относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, профессионального стандарта № 686 от 26.05.2020 ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Научные основы водопользования» являются

Б1.О.6	Геоинформационные системы
Б1.О.7	Математическое моделирование процессов в компонентах природы
Б1.О.9	Системный анализ в управлении качеством процессов природообустройства и водопользования
Б1.О.11	Инновационные технологии проектирования, строительства и реконструкции природотехногенных комплексов.
Б1.О.12	Основы научной и инновационной деятельности
Б1.В.4	Управление водохозяйственными системами в условиях многоцелевого водопользования
Б1.В.10	Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем

Дисциплина «**Научные основы водопользования**» является основополагающей для подготовки ВКР и изучения следующих дисциплин:

Б1.В.5	Гидротехнические сооружения систем водоснабжения и водоотведения
Б1.В.ДВ.1.1	Управление качеством водных ресурсов
Б1.В.ДВ.2.1	Переходные процессы в системах водоподачи

Особенностью дисциплины является обоснование принимаемых решений на основе законов природопользования, построения моделей водохозяйственных систем и выполнения научных исследований по планированию использования водных ресурсов и охране водных объектов.

Рабочая программа дисциплины «Научные основы водопользования» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

### **4. Структура и содержание дисциплины**

#### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-1	Способен проводить исследования по повышению эффективности информационных объектов природообустройства и водопользования	ПКос-1.1 Знания методов регулирования стока, оптимизации режимов работы водохозяйственных систем.	Виды регулирования стока, их характеристики, условия применения конкретного вида.	Определять параметры потенциального водопользования на основе имитационного моделирования	Способом определять параметры регулирования и делать оценку экологических рисков
2			ПКос-1.2 Умение использовать знания методов регулирования стока, оптимизации режимов работы водохозяйственных систем для проведения исследований по повышению эффективности территориально - временного регулирования стока, сбережению водных ресурсов.	Методы одномерной и много критериальной оптимизации	Анализировать влияние природных и антропогенных факторов на поведение водохозяйственных систем, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Big Data, Облако)	Способом постановки задачи оптимизации параметров и режимов водопользования

3.	ПКос-5	Способность проводить исследования с помощью искусственного интеллекта в строительстве, проектировании и эксплуатации объектов инженерных систем с учетом цифровых моделей объектов	<p>ПКос-5.1 Знания и владение методами исследований систем</p>	<p>Основные процессы происходящие в природно-технических водохозяйственных системах Использование технологий Интернет вещей, робототехники и искусственного интеллекта</p>	<p>Способами получения зависимостей основных процессов для прогнозирования поведения водохозяйственных систем на основе Математического проектирования, использующих элементы технологии Цифрового двойника (Digital Twin)</p>	<p>Способом проведения обосновывающих расчетов, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, базы данных)</p>
			<p>ПКос-5.2 Умение использовать методы проведения исследований для совершенствования технологий с целью повышения эффективности работы природно - технических систем и обеспечения выполнения требований экологической безопасности</p>	<p>Принципы функционирования и формирования водохозяйственных систем Методологию agile для управления проектами, в области использования водных ресурсов</p>	<p>Проводить обосновывающие расчеты в условиях неопределенности в том числе с применением современных цифровых инструментов (Имитационное моделирование) Использовать базы нормативных документов: Консорциум кодекс, сеть Техэксперт, Консультатнт плюс</p>	<p>Способом определения допустимого воздействия на водные объекты</p>

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. всего/*	В т.ч. по се- местрам
		№3
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	144/4	144/4
<b>1. Контактная работа:</b>	70,4/4	70,4/4
<b>Аудиторная работа</b>	68/4	68/4
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	34	34
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	34/4	34/4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
<i>Консультация</i>	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>49</b>	<b>49</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	24,4	24,4
<i>Подготовка к экзамену</i>	24,6	24,6
Вид промежуточного контроля:	экзамен	

## 4.2 Содержание дисциплины

### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3

#### Тематический план учебной дисциплины

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплин	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
		Всего	Л	ПЗ/*	СР
1	<b>Формирование поверхностных водных ресурсов. Виды и характеристики управления и их применения.</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
	Формирование объемов стока	7	2	2	3
	Формирование качества воды	7	2	2	3
	Виды регулирования стока и условия их применения	7	2	2	3
2	<b>Основные процессы, происходящие в природно-технических водохозяйственных системах</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
	Процессы самоочищения, эвтрофирования водных объектов	12	4	4	4
	Обоснование регулирования стока	8	2	2	4
3	<b>Принципы функционирования и формирования водохозяйственных систем</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

	Принципы природопользования	6	2	2	2
	Способы оценки естественных характеристик стока рек	6	2	2	2
	Управление условиями формирования стока на водосборе	8	2	2	4
4	<b>Анализировать влияние природных и антропогенных факторов на поведение водохозяйственных систем</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
	Влияние природных факторов	16	4	4	8
	Влияние антропогенных факторов	14	4	4	6
5	<b>Способами получения зависимостей основных процессов для прогнозирования поведения водохозяйственных систем</b>	<b>28/4</b>	<b>8</b>	<b>8/4</b>	<b>12</b>
	Детерминированные способы	14/2	4	4/2	6
	Вероятностные способы	14/2	4	4/2	6
6	<b>Проводить обосновывающие расчеты в условиях неопределенности</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
	Прогноз объемов стока. Способ обоснования мероприятий по регулированию стока: на основе составления водохозяйственного баланса обобщенным методом. Эколого-экономическое обоснование мероприятий по охране вод от загрязнения. Прогноз объемов стока с помощью теории Марковской цепи.	6	2	2	2
	Основные положения и решаемые задачи с использованием теории «Игры с природой». Выбор наилучшей стратегии пропуска половодья и наполнения водохранилища способом игры с природой) используя разные критерии).	12	4	4	4
7	КРА	0,4			
8	Подготовка к экзамену	24,6			
9	Консультация	2			
<b>ИТОГО</b>		<b>144/4</b>	<b>34</b>	<b>34/4</b>	<b>49</b>

\* в том числе практическая подготовка

## **Раздел 1. Формирование поверхностных водных ресурсов. Виды и характеристики управления водными ресурсами и их применения.**

Формирование объемов стока на водосборной площади: влияние ландшафтов; гидрогеологических условий. Формирование качества воды под влиянием природных и антропогенных факторов. Источники загрязнения вод, оценка их вклада и влияния на качество воды. Использование баз нормативных документов: Консорциум кодекс, сеть Техэксперт, Консультатнт плюс

Виды регулирования стока и условия их применения для целей орошения и гидроэнергетики. Требования к осуществлению регулирования стока и экологические риски. Обоснование регулирования стока. Методология agile для управления проектами, в области использования водных ресурсов

## **Раздел 2. Основные процессы, происходящие в природно-технических водохозяйственных системах**

Процессы самоочищения воды и водных объектов: влияние процессов, основные факторы, влияющие на самоочищение, возможность управления самоочищением. основные принципы природопользования – как стратегия управления. Эвтрофирования водных объектов: основные факторы, влияющие на эвтрофирование, возможность управления эвтрофированием и основные принципы природопользования – как стратегия управления. Вклад водных объектов в углеродный след. Технологии Цифрового двойника (Digital Twin) как средство расчетного мониторинга.

## **Раздел 3. Принципы функционирования и формирования водохозяйственных систем**

Основные принципы природопользования – как стратегия управления процессами формирования водных объектов. Способы определения качества естественного фона. Метод восстановления естественного стока из фактического стока. Управление условиями формирования стока на водосборе. Точное управление – как метод управления формированием стока на водосборе.

## **Раздел 4. Способы анализа влияния природных и антропогенных факторов на поведение водохозяйственных систем**

Влияние природных и антропогенных факторов: доля детерминизма и вероятности. Способы учета случайных процессов. Понятие о теории «Игр с природой».

## **Раздел 5. Способы получения зависимостей основных процессов для прогнозирования поведения водохозяйственных систем**

Детерминированные способы: анализ размерностей, физические методы, основанные на теоретическом выводе уравнений, с использованием технологий Интернет вещей, робототехники и искусственного интеллекта. Вероятностные способы: статистические, марковские процессы. Использование теории случайных процессов для получения детерминированных зависимостей. Использовать Баз данных о водных ресурсах и их использования, и принципы их создания

## **Раздел 6. Обосновывающие расчеты в условиях неопределенности**

Прогноз объемов стока. Технологии Цифрового двойника (Digital Twin) как средство расчетного мониторинга

Способ обоснования мероприятий по регулированию стока: на основе составления водохозяйственного баланса обобщенным методом. Эколого-экономическое обоснование мероприятий по охране вод от загрязнения. *Цифровые технологии для контроля негативного воздействия.* Прогноз объемов стока с помощью теории Марковской цепи. Основные положения и решаемые задачи с использованием теории «Игры с природой». Выбор наилучшей стратегии пропускания половодья и наполнения водохранилища способом игры с природой) используя разные критерии). *Использование математического моделирования для обоснования и оценки эффективности рационального водопользования*

### 4.3 Лекции/практические/ занятия

Таблица 4а

#### Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
1.	<b>Раздел 1. Формирование поверхностных водных ресурсов. Виды и характеристики управления водными ресурсами и их применения</b>				<b>12</b>
	Тема 1. Формирование поверхностных водных ресурсов. Виды и характеристики управления водными ресурсами и их применения	Лекция №1 Формирование объемов стока. Использование баз нормативных документов: Консорциум кодекс, сеть Техэксперт, Консультатнт плюс	ПКос-1.1;	Выборочный опрос	2
		Практическая работа № 1 Оценка вклада источников в загрязнение реки и их влияние на качество воды.	ПКос-1.2;	Выполнение работы	2
		Лекция №2 Формирование качества воды. Методология agile для управления проектами, в области использования водных ресурсов	ПКос-1.1;	Выборочный опрос	2
		Практическая работа № 2 Определение параметров ирригационного и энергетического водохранилища	ПКос-1.2;	Выполнение работы	2
		Лекция №3 Виды регулирования стока и условия их применения	ПКос-1.1;	Выборочный опрос	2
		Практическая работа № 3. Обоснование параметров водопользования для ирригационно-энергетических целей.	ПКос-1.2;	Выполнение работы	2
2	<b>Раздел 2. Основные процессы, происходящие в природно-технических водохозяйственных системах</b>				<b>12</b>
	Тема 2 Основные процессы, происходящие в природно-технических водохозяйственных системах	Лекция №1 Процессы самоочищения воды.	ПКос-5.1;	Выборочный опрос	2
		Практическая работа № 1 Оценка эффективности самоочищением воды	ПКос-5.2	Выполнение работы	2
		Лекция №2 Процессы самоочищения водных объектов	ПКос-5.1;	Выборочный опрос	2
		Практическая работа № 2 Способы учета и управления самоочищением водных объектов	ПКос-1.2;	Выполнение работы	2
		Лекция 3 Процессы эвтрофирования водных объектов. Технологии Цифрового	ПКос-5.1;	Выборочный опрос	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		двойника (Digital Twin) как средство расчетного мониторинга			
		Практическая работа №3 Оценка эффективности управления эвтрофированием водных объектов	ПКос-1.2;	Выполнение работы	2
3	<b>Раздел 3 Принципы функционирования и формирования водохозяйственных систем</b>				<b>12</b>
	Тема 3 Принципы функционирования и формирования водохозяйственных систем	Лекция №1 Принципы водопользования (оптимальности, преломления действия фактора, внезапного усиления патогенности, дублирования, эйфории первых успехов. Их учет в водопользовании.	ПКос-1.1;	Выборочный опрос	6
		Практическая работа № 1 Определение объемов экологического стока	ПКос-1.2;	Выполнение работы	6
		Лекция №2 Способы определения качества естественного фона. Метод восстановления естественного стока из фактического стока.	ПКос-1.1;	Выборочный опрос	
		Практическая работа № 2 Восстановление фактического стока реки до естественного.	ПКос-5.2	Выполнение работы	
		Лекция №3 Управление условиями формирования стока на водосборе	ПКос-1.2;	Выборочный опрос	
		Практическая работа №3 Оценка влияния сельскохозяйственных угодий (богарных, мелиорируемых) на поверхностный и подземный сток	ПКос-5.2	Выполнение работы	
4	<b>Раздел 4 . Способы анализа влияния природных и антропогенных факторов на поведение водохозяйственных систем</b>				<b>12</b>
	Способы анализа влияния природных и антропогенных факторов на поведение водохозяйственных систем	Лекция №1 Влияние природных факторов	ПКос-1.1;	Выборочный опрос	2
		Практическая работа № 1 Определение рисков хозяйственной деятельности от загрязнения вод	ПКос-1.2;	Выполнение работы	2
		Лекция №2 Влияние антропогенных факторов	ПКос-5.2	Выборочный опрос	2
		Практическая работа №2	ПКос-1.1;	Выполнение	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	систем	Оценка вклад факторов на экологическое состояние водохозяйственных систем	ПКос-1.2; ПКос-5.1; ПКос-5.2	работы	
5	<b>Раздел 5 Способы получения зависимостей основных процессов для прогнозирования поведения водохозяйственных систем</b>				12
	Тема 5. Способы получения зависимостей основных процессов для прогнозирования поведения водохозяйственных систем	Лекция №1 Детерминированные способы: анализ размерностей, физические методы, основанные на теоретическом выводе уравнений.	ПКос-5.2	Выборочный опрос	4
		Практическая работа №1 Оценка влияния источников на качество воды в реке	ПКос-1.1;	Выполнение работы	4/2
		Лекция №2 Вероятностные способы: статистические, марковские процессы. Использование теории случайных процессов для получения детерминированных зависимостей	ПКос-5.2	Выборочный опрос	4
		Практическая работа №2 Вероятностный прогноз загрязнения воды в реке. Использовать Баз данных о водных ресурсах и их использования, и принципы их создания	ПКос-1.2;	Выполнение работы	4/2
6	<b>Раздел 6 Обосновывающие расчеты в условиях неопределенности</b>				8
	Обосновывающие расчеты в условиях неопределенности	Лекция №1,2 Прогноз объемов стока. Способ обоснования мероприятий по регулированию стока обобщенным методом. Технологии Цифрового двойника (Digital Twin) как средство расчетного мониторинга	ПКос-1.2;	Выборочный опрос	2
		Практическая 1 Прогноз объемов стока с помощью теории Марковской цепи. <i>Использование математического моделирования для обоснования и оценки эффективности рационального водопользования</i>	ПКос-1.2	Выполнение работы	2
		Лекция 2. Основные положения и решаемые задачи с использованием теории «Игры с природой». с использованием технологий Интернет вещей, робототехники и	ПКос-5.1	Выборочный опрос	4

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		искусственного интеллект			
		Практическая работа №2 Выбор наилучшей стратегии пропускания половодья и наполнения водохранилища способом игры с природой) используя разные критерии). <i>Использование математического моделирования для обоснования и оценки эффективности рационального водопользования</i>	ПКос-5.2	Выполнение работы	4
<b>ИТОГО</b>					68/4

Таблица 5а

**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Формирование поверхностных водных ресурсов. Виды и характеристики управления водными ресурсами и их применения</b>		
1	Формирование объемов стока	Влияние глобального изменения климата на объемы стока
2	Формирование качества воды	Качество поверхностных вод России
3	Виды регулирования стока и условия их применения	Многолетнее и суточное регулирование стока. Принципы, применение, назначение
<b>Основные процессы, происходящие в природно-технических водохозяйственных системах</b>		
4	Процессы самоочищения воды.	Влияние аэрации воды, водной растительности, донных отложений на самоочищение воды
5	Процессы самоочищения водных объектов	Влияние водохранилищ на самоочищение водных объектов. <i>Современные технологии перспективные для использования в области управления водными ресурсами</i>
6	Процессы эвтрофирования водных объектов	Влияние водных объектов на углеродный след
<b>Принципы функционирования и формирования водохозяйственных систем</b>		
8	Принципы водопользования (оптимальности, преломления действия фактора, внезапного усиления патогенности, дублирования, эйфории первых успехов). Их учет в водопользовании.	Гео-экологические барьеры: природные и антропогенные, их роль в формировании водных экосистем. <i>Цифровые технологии – для контроля состояния, использования и охраны водных и наземных объектов.</i>
9	Способы определения качества естественного фона.	Изменение качества естественного фона в реках России
10	Управление условиями формирования стока на	Ландшафтное планирование использования земель водосборной площади

	водосборе	
<b>Способы анализа влияния природных и антропогенных факторов на поведение водохозяйственных систем</b>		
11	Влияние природных факторов на качество и количество стока	Метод непосредственных натуральных наблюдений и оценок. Суть метода. Примеры применения Метод регистрации и оценки состояния природной среды. Суть метода. Примеры применения. <i>Используемые в Мире технологии Управления проектами в сфере водохозяйственной политики. Их достоинства и недостатки</i>
12	Влияние антропогенных факторов	Метод математического моделирования и расчетов. Суть метода. Примеры применения
<b>Способы получения зависимостей основных процессов для прогнозирования поведения водохозяйственных систем</b>		
13	Детерминированные способы: анализ размерностей, физические методы, основанные на теоретическом выводе уравнений.	Примеры применения метода анализа размерностей.
14	Вероятностные способы: статистические, марковские процессы. Использование теории случайных процессов для получения детерминированных зависимостей	Примеры применения марковских цепей в практике водного хозяйства и мелиорации
<b>Обосновывающие расчеты в условиях неопределенности</b>		
15	Прогноз объемов стока. Обоснование мероприятий по регулированию стока обобщенным методом.	Риски водохозяйственной деятельности. Принципы их определения. <i>Возможности Искусственного зрения в контроле негативных антропогенных воздействий</i>
16	Основные положения и решаемые задачи с использованием теории «Игры с природой»	Примеры применения теории игр и природой в водохозяйственной практике

## 5. Образовательные технологии

### *Интерактивные методы*

Интерактивное обучение обеспечивает взаимопонимание, взаимодействие, взаимообогащение. Интерактивные методики не заменяют лекционный и практический материал, а способствуют его лучшему усвоению и формируют мнения, отношения, навыки поведения.

Активные методы обучения — это методы, которые побуждают учащихся к активной мыслительной и практической деятельности в процессе овладения учебным материалом. Используются: проблемный; диалоговый; игровой; исследовательский; критических ситуаций; автоматизированного обучения и т.д.

Активное обучение предполагает использование такой системы методов, которая направлена главным образом не на изложение преподавателем готовых знаний, их запоминание и воспроизведение, а на самостоятельное овладение учащимися знаниями и умениями в процессе активной мыслительной и практической деятельности.

Особенности активных методов обучения состоят в том, что в их основе заложено побуждение к практической и мыслительной деятельности, без которой нет движения вперед в овладении знаниями.

Интерактивные методы – это **организации познавательной деятельности, в которой реализуется традиционная типология методов.** Ведущая роль отводится развивающим – частично-поисковым, поисковым и исследовательским. Обучаемый выступает в роли исследователя, чувствует ответственность и самостоятельность. Обучение организуется так, что практически все учащиеся вовлекаются в процесс познания, они имеют возможность думать, понимать и обосновывать решения.

Совместная деятельность предполагает вклад каждого, обмен знаниями, идеями, способами действия. Каждый свободен высказывать свое, наработанное личным опытом, происходит взаимообогащение и коррекция собственной позиции: от взаимопонимания - через взаимодействие – к взаимообогащению.

**Презентации с использованием различных вспомогательных средств с обсуждением.** Используются различные вспомогательные средства: доска, книги, видео, слайды для компьютеров и т.п. Интерактивность обеспечивается процессом последующего обсуждения.

**Обратная связь** - актуализация полученных на лекции знаний путем выяснения реакции участников на обсуждаемые темы.

**Дискуссия** – одна из важнейших форм коммуникации, плодотворный метод решения спорных вопросов и вместе с тем своеобразный способ познания. Дискуссия предусматривает обсуждение какого-либо вопроса или группы связанных вопросов компетентными лицами с намерением достичь взаимоприемлемого решения. Дискуссия является разновидностью спора, близка к полемике, и представляет собой серию утверждений, по очереди высказываемых участниками.

Таблица 6

**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1	Формирование качества воды	Л	Проблемная лекция
	Определение объемов экологического стока	ПЗ	Анализ конкретных ситуаций
	Обоснование параметров водопользования для ирригационно-энергетических целей.		
2	<b>Процесс самоочищения водных объектов</b>	Л	Проблемная лекция
	Способы учета и управления самоочищением водных объектов	ПЗ	Анализ критических ситуаций
3	Принципы водопользования (оптимальности, преломления действия фактора, внезапного усиления патогенности, дублирования, эйфории первых успехов). Их учет в водопользовании.	Л	Проблемная лекция
	Оценка влияния сельскохозяйственных угодий (богарных, мелиорируемых) на поверхностный и	ПЗ	Анализ конкретных ситуаций

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
	подземный сток		
4	Влияние антропогенных факторов	Л	Проблемная лекция
	Создание имитационной модели гидрографической сети	ПЗ	Тренинг
5	Вероятностные способы: статистические, марковские процессы. Использование теории случайных процессов для получения детерминированных зависимостей	Л	Проблемная лекция
	Вероятностный прогноз загрязнения воды в реке	ПЗ	Тренинг
6	Основные положения и решаемые задачи с использованием теории «Игры с природой»	Л	Проблемная лекция
	Выбор наилучшей стратегии пропуска половодья и наполнения водохранилища способом игры с природой) используя разные критерии.	ПЗ	Тренинг

## **6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

Целью всех форм контроля является проверка уровня освоения студентами дисциплины и проводится на протяжении всего учебного семестра.

**Текущий контроль** студентов – осуществляется с помощью следующих форм:

- ✓ учет посещений и работы на лекционных, практических и лабораторных занятиях,
- ✓ выполнение работ,
- ✓ решение типовых задач.

Самостоятельная работа по курсу оценивается по результатам изучения текущих и дополнительных теоретических вопросов, по подготовке к занятиям и решению типовых задач. При самостоятельном изучении вопросов по дисциплине следует пользоваться источниками из списка литературы, приведенного в рабочей программе и интернет ресурсами.

Текущий контроль по дисциплине проводится по окончании изучения теоретического раздела и завершению основных глав практической работы.

**Промежуточная аттестация** проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и включает:

- ✓ в проведение экзамена по теоретическому курсу.
- ✓ выполнение и защита расчетных заданий.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие расчетные работы. При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется пользоваться записями, сделанными на лекционных и практических занятиях, а также в ходе текущей

самостоятельной работы, выполненной расчетно-графической работы. Экзамен проводится в устной и письменной форме и включает в себя ответ студента на теоретические вопросы или решение практических задач. По его итогам выставляется оценка по четырех бальной системе от 2 до 5.

### **6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

#### **Тесты для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся**

#### **Задачи для Практической работы № 1 Оценка вклада источников в загрязнение реки и их влияние на качество воды.**

Объем стока реки 500 млн.м<sup>3</sup>. Площадь бассейна реки 3000 км<sup>2</sup>. Площадь орошаемых земель 5% площади с/х земель. Площадь осушения 2% площади с/х земель. Доля подземного питания реки 20%.

Источник загрязнения	Водопотребление W, млн, м <sup>3</sup>
КБХ	30
Промышленность-1	90
Промышленность-2	100
Промышленность-3	80
Орошение	50
Орошаемые земли	
Осушаемые земли	
Богарные земли	
<b>ИТОГО по водопотребителям</b>	<b>350</b>

Требуется: сделать прогностическую модель оценки качества воды в реке, с помощью которой определить:

1. Определить требуемую эффективность водоохранных мероприятий.
2. Определить вклад источников загрязнения в ухудшение качества воды.
3. Эффективность введения водооборота в конкретной промышленности по улучшению качества воды.

Объем стока реки 500 млн.м<sup>3</sup>. Площадь бассейна реки 3000 км<sup>2</sup>. Площадь орошаемых земель 5% площади с/х земель. Площадь осушения 2% площади с/х земель. Доля подземного питания реки 20%.

Источник загрязнения	Водопотребление W, млн, м <sup>3</sup>
КБХ	30
Промышленность-1	90
Промышленность-2	100
Промышленность-3	80
Орошение	50
Орошаемые земли	
Осушаемые земли	
Богарные земли	
<b>ИТОГО по водопотребителям</b>	<b>350</b>

Требуется: сделать прогностическую модель оценки качества воды в реке, с помощью

которой определить:

4. Определить требуемую эффективность водоохранных мероприятий.
5. Определить вклад источников загрязнения в ухудшение качества воды.
6. Эффективность введения повторного водоснабжения орошения сточными водами промышленности и КБХ. Считать, что сельскохозяйственные поля орошения подготовлены для приемы всех сточных вод.

**Задачи для контрольной работе по теме 2. Определение параметров энергетического водохранилища**

Исходные данные

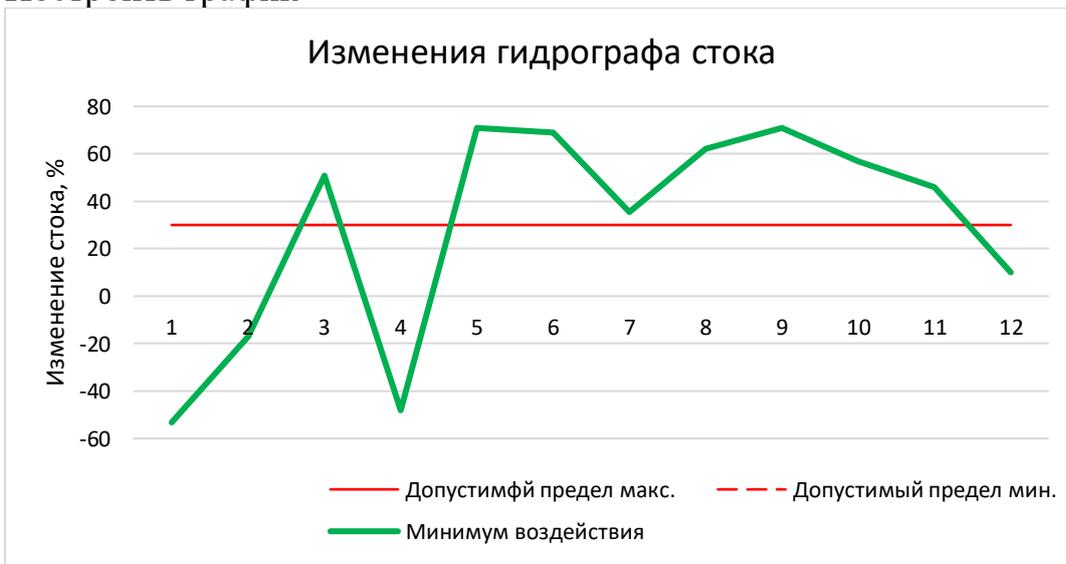
Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Сток реки	12	14	60	140	40	39	20	35	40	32	26	16	474

Задачи:

- определить допустимое изменение гидрографа естественного стока;
- равномерно (для ГЭС) распределить резерв стока);
- составить водохозяйственный баланс по месяцам;
- определить емкость водохранилища полного годовичного регулирования стока;
- определить степень несоответствия естественного и зарегулированного стока

$$ABS((W_{ест}-W_{зр})*100/W_{ест});$$

Построить график



Определить риск (вероятность превышения допустимого значения) 0.74.

**Задачи для контрольной работе по теме 2. Определение параметров ирригационного водохранилища**

Исходные данные

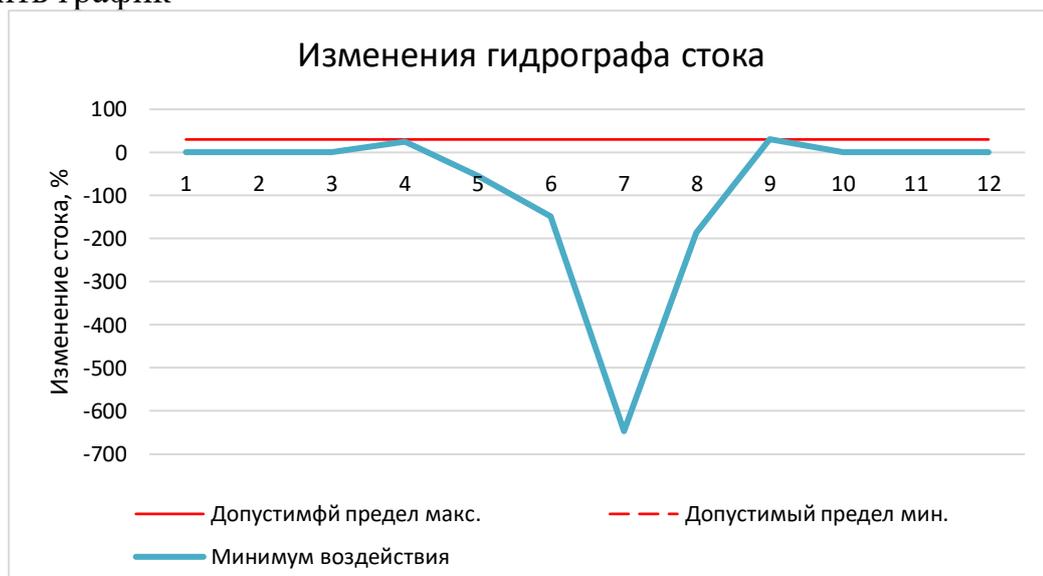
Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Сток реки	12	14	60	140	40	39	20	35	40	32	26	16	474
Режим орошения, %				10	15	20	25	20	10				

Задачи:

- определить допустимое изменение гидрографа естественного стока;
- в соответствии с графиком водопотребления для орошения распределить резерв стока;
- составить водохозяйственный баланс по месяцам;
- определить емкость водохранилища полного годовичного регулирования стока;
- определить степень несоответствия естественного и зарегулированного стока

$$ABS((W_{ест}-W_{зр})*100/W_{ест});$$

Построить график



Определить риск (вероятность превышения допустимого значения) 0.16.

**Задачи для контрольной работе по теме 3. Оценка эффективности самоочищения воды**  
**Исходные данные**

Для сосредоточенного источника загрязнения ( $C_{св}$  – концентрация вещества в возвратных водах источника загрязнения, объем его сточных вод  $W_{св}$ ). Концентрация вещества в речном естественном фоне  $C_p$  и сток реки  $W_p$ . Предельно допустимая концентрация ПДК.

Месяц	4	5	6	7	8	9
Температура воды	12	14	16	18	16	12
К при $t=20\text{ C}$	0.23					
кф	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22
$C_{св}$	8					
$W_{св}$	10					
$C_p$	0.01					
$W_p$	200					
ПДК	0.1					

**Задачи:**

- Рассчитать, для сосредоточенного сброса загрязнений, концентрации вещества в реке с учетом изменения температурного режима
- Определить эффективность самоочищения  

$$\Theta = (C_{t-1} - C_t) * 100 / C_{t-1}$$
- Построить график зависимости  $\Theta = f(T)$  и сделать вывод.

**Задачи для контрольной работе по теме 4. Способы учета и управления самоочищением водных объектов**

**Цель – определить изменение концентрации вещества в реке, с учетом самоочищения воды и оценить эффективность управления самоочищением** путем: повышения аэрации воды – коэффициент самоочищения увеличивается на 20%; создания берегового биоплато – эффективность 15%, созданием русловых биоплато – эффективность 30%.

**Исходные данные**

сосредот.		Диффузный							
$C_{св}$	8мг/л	G	8г/л						
$W_{св}$	40м3/с	$W_{ст}$	10м3/с						
$C_p$	0.01мг/л								

Wp	200м3/с										
ПДК	0.1мг/л										
Расчетная схема действия источников загрязнения											
	сосредоточ					Диффузный					
x, км	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K, 1/км	0.1	0.2	0.12	0.13	0.21	0.15	0.25	0.12	0.14	0.2	0.11

K= коэффициент самоочищения воды. Для сосредоточенного источника загрязнения ( $C_{св}$  – концентрация вещества в возвратных водах источника загрязнения, объем его сточных вод  $W_{св}$ ). Концентрация вещества в речном естественном фоне  $C_p$  и сток реки  $W_p$ . Предельно допустимая концентрация ПДК. Для диффузного источника: G-объем поступающего вещества в объеме сточных вод  $W_{ст}$ .

### **Задачи для контрольной работе по теме 5. Оценка эффективности управления эвтрофированием водных объектов**

**Цель – определить влияние параметров мелководной и глубоководной зон на качество воды в водохранилище.**

Зоны	мелководная	средняя	глубокая
Площадь зоны, %	10	80	10
глубина, м	1	2	4
седиментация		0.5	
объем притока, млн.м3	200		
полезный объем, млн.м3	40		
Объем поступ. Вещества, т	20		
Мертвый объем, млн.м3	30		
ПДК, мг/л	0.01		

#### **Задачи:**

- Определить среднюю глубину водохранилища;
- Определить фосфорную нагрузку на водохранилища
- Величину водообмена;
- Концентрации. Фосфора в водохранилище по формуле Фолленвайдера.
- Посредством имитационных расчетов построить зависимость концентрации фосфора в водохранилище от средней глубины, площади водохранилища.
- Сделать выбор приемлемой по экологическим соображениям глубины и площади водохранилища.

### **Задачи для контрольной работе по теме 6. Определение объемов экологического стока**

#### **Задачи для контрольной работе по теме 7 Восстановление фактического стока реки до естественного**

**Цель - зная фактический сток для года 75% обеспеченности восстановить его до естественного с ошибкой 5%.**

- Задачи:** определить объемы водопотребления (W) и водоотведения ( $W_{св}$ ),
- Определить водозабор из подземных вод  $W_{пв}$ ,
- Определить влияние распаханности земель на годовой сток
- Определить дополнительное испарение с водной поверхности.
- Восстановить фактический сток до естественного
- Исходные данные:

Водопотребители	W, млн.м <sup>3</sup>	W <sub>ВВ</sub> , млн.м <sup>3</sup>
КБХ	40	28
Промышленность	100	80
С/х водоснабжение	20	10
Орошение	30	3
Прочее	5	3.5
ИТОГО	195	124.5

Подземный водозабор составляет от суммарного водопотребления	30 %
Суммарное испарение с суши, мм	500
Испарение с водной поверхности, мм	600
Площадь водохранилища, % от площади бассейна	5
Площадь с/х угодий от площади бассейна (f), %	40
Площадь бассейна реки (F), км <sup>2</sup>	2000
Коэффициент гидравлической связи поверхностных и подземных вод	0.2
Зависимость влияния распаханности территории на речной сток	
$dW = -A \cdot f$	

$$A = 0.2$$

### Задачи для контрольной работе по теме 8 Оценка влияния сельскохозяйственных угодий (богарных, мелиорируемых) на поверхностный и подземный сток

Антропогенная деятельность на водосборной площади приводит к изменению условий формирования стока, поэтому оказывает косвенное воздействие на объемы речного стока. В данной работе оценивается влияние агротехнических мероприятий на изменение годового стока. Это позволяет учесть изменение стока реки при проведении водно-балансовых расчетов.

Величина изменения годового стока за счет агротехнических мероприятий определяется по следующим формулам.

1. Лесная зона:

$$\Delta W = (0,002 \times O_c \times H^{0.52} \times ((2,5/(H+1)^{0.45}) - 0,06)) \times K_{wp} \times K'w \times K''w \times f_n - ((S+x) \times (0,0144 \times I^{0.54} + 0,02) / (0,1 \times I + 1)^{0.56}) \times K_{ур} \times K'y \times K''y \times K_{xy} \times f_n, \text{ мм}$$

2. Лесостепная зона:

$$\Delta W = (0,007 \times O_c \times H^{0.4} \times ((1,92/(H+1)^{0.45}) - 0,02) \times K_{wp} \times K'w \times K''w \times f_n) + (0,11 \times O_c \times H^{0.27} \times ((1,42/(H+1)^{0.45}) - 0,02)) \times K_{wp} \times K_j \times K''w \times f_n - (0,78 \times (S+x) \times (0,01 \times I^{0.61} + 0,02) / (0,1 \times I + 1)^{0.56}) \times K_{ур} \times K'y \times K''y \times K_{xy} \times f_n - (0,01 \times I^{0.61} + 0,02) \times (S+x) \times 1,2 \times K_{ур} \times K'y \times f_n, \text{ мм}$$

3. Степная зона:

$$\Delta W = 0,003 \times O_c \times H^{0.69} \times ((1,42/(H+1)^{0.45}) - 0,02) \times K_{wp} \times K'w \times K''w \times f_n + 0,11 \times O_c \times H^{0.27} \times ((1,42/(H+1)^{0.45}) - 0,02) \times K_{wp} \times K'w \times K''y \times f_n - (0,05 \times (S+x) \times 0,0145 \times I^{0.44} / (0,1 \times I + 1)^{0.26}) \times K_{ур} \times K'y \times K''y \times K_{xy} \times f_n - 0,022 \times I^{0.44} \times (S+x) \times 1,2 \times K_{ур} \times K'y \times f_n, \text{ мм}$$

где  $O_c$  – годовая норма осадков, мм;  $H$  – глубина залегания грунтовых вод, см (в условиях учебной работы при отсутствии данных, принимается в пределах 300-500 см),  $K_{wp}$ ,  $K_{ур}$  – соответственно, коэффициенты для оценки изменения грунтового и склонового стока заданной вероятности превышения

Значения коэффициентов  $K_{wp}/K_{ур}$

Природная зона	Обеспеченность, %				
	5	10-25	50	75-90	95
Лесная	1.4/0.5	1.2/0.5	1/1	0.7/1.2	0.6/1.4
Лесостепная	0.7/0.4	0.7/0.5	1/1	0.6/0.5	0.5/0.6
Степная	1.4/0.5	1.3/0.6	1/1	0.4/0.3	0.3/0.2

$K'w$ ,  $K'y$  – соответственно, коэффициенты учитывающие влияние механического состава почвогрунтов на изменение грунтового и склонового стока

Значения  $K'w$ ,  $K'y$ 

Природная зона	$K'w$	$K'y$
Лесная	$0.65 \times H^{0.22}$	0.8
Лесостепная	$0.59 \times H^{0.22}$	$0.85 - 0.003 \times I$
Степная	$0.50 \times H^{0.22}$	$0.72 - 0.003 \times I$

$K'w$ ,  $K'y$  – коэффициенты учитывающие влияние агротехники;

$K'w=1.2$  для песков и супесей;  $K'w=1.1$  – для суглинков;

$K'y=2.0$  - для песков и супесей;  $K'y=1.5$  – для суглинков;

$K_{xy}=0.9$  – коэффициент, учитывающий водность района в пределах природной зоны;

$f_p$  – относительная площадь сельскохозяйственных угодий, в долях от площади бассейна реки (распаханность);

$S$  – запасы воды в снеге на сельскохозяйственных угодьях, мм. Данная величина определяется по таблице 1.7 или по табл.1.1 (как сумма осадков за период года с отрицательными температурами);

$X$  – количество осадков за период склонового стока, мм;

Значения  $S$  и  $x$ , мм

Природная зона	$S$	$x$
Лесная	160-200	$0.3 \times S$
Лесостепная	70-100	$0.4 \times S$
Степная	15-40	$0.6 \times S$

$I$  – средний уклон склона в пределах сельскохозяйственных угодий, (берется из /б/ или определяется карте объекта с горизонталями), ‰;

$K_i$  – коэффициент, учитывающий влияние уклона склона, в пределах сельскохозяйственных угодий:  $K_i=1$  при  $I < 20$  ‰,  $K_i=1,5$  при  $20$  ‰  $\leq I < 50$  ‰,  $K_i=2$  при  $I \geq 50$  ‰.

По приведенным выше формулам определяется величина увеличения объема годового стока (+) или его снижения (-) в мм, для лет обеспеченностью 75 и 95%. После чего оценивается существенность влияния агротехнических мероприятий:

$$\Delta w = \Delta W \times f_n / (g \times \tau), \%$$

где  $g$  – модуль стока, л/с×км<sup>2</sup>;  $\tau = 31,54$  млн. секунд в году.

В случае если величина  $\Delta w$  превышает коэффициент вариации годового стока реки ( $C_v$ ), влияние считается существенным.

### Задачи для контрольной работе по теме 9 Определение рисков хозяйственной деятельности от загрязнения вод

**Цель** – определить как влияет загрязненность реки на снижение эффективности водохозяйственной деятельности

**Задачи:** построить модель водохозяйственной системы, которая позволяет имитировать влияние загрязнения речной воды на величину предотвращенного ущерба.

**Предотвращенный ущерб (У)** - дополнительные затраты на использование воды, в случае если водоохранные мероприятия не проводятся. Величина предотвращенного ущерба рассчитывается по формуле:

$$Y = p * K_{уд} * \sum W_{вв} * \sum (C_{ввij} - C'_{ввij}) * A_i$$

где  $p$  – коэффициент учитывающий значимость водного объекта для водохозяйственных целей (табл. 6.2);  $K_{уд}$  – удельная величина предотвращенного ущерба, ( $K_{уд} = 1200$ руб/усл.тонна);  $C_{ввij}$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в возвратных водах  $j$ -го участника ВХК до проведения водоохранных мероприятий;  $C'_{ввij}$  - концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в возвратных водах  $j$ -го участника ВХК после проведения водоохранных мероприятий;  $W_{ввj}$  - объем возвратных вод  $j$ -го участника ВХК;  $A_i$  – коэффициент для перевода объема сбрасываемых веществ из тонн в условные тонны,  $A_i = 1/ПДК_i$ .

Значения коэффициента  $\rho$

Область	Бассейн реки		
	Дон	Днепр	Волга
Смоленская		1.75	
Брянская		1.75	
Курская	1.13	1.75	
Калужская		1.75	
Орловская	1.13	1.75	0.7-2.6*
Тульская			2.60
Московская			2.60
Воронежская	1.13		
Ростовская	1.13		
Пензенская			2.60
Саратовская			2.60
Горьковская			0.7-2.6**
Ульяновская			0.70
Рязанская			2.60
Владимирская			2.60
Тамбовская			2.60
Ивановская			2.60
Ярославская			2.60
Костромская			0.91
Вологодская			0.91
Новгородская			0.91
Свердловская			0.50
Пермская			0.50

\*Устье реки Оки  $\rho=2.6$  \*\* Ниже г. Горький  $\rho=2.6$

Значения  $C'_{вви}$  принимаются в зависимости от проводимого мероприятия: введение водооборотных систем водоснабжения (промышленность) и повторных систем водоснабжения (животноводство)  $C'_{вви} = 0$ ; очистка сточных вод (город, рекреация, устройство биоплато на осушительной системе)  $C'_{вви} = ПДК_i$ ; Устройство водоохраной зоны (орошение, богарные земли)  $C'_{вви} = C_{вви} * (1 - \text{ЭВОЗ})$ . Расчеты проводятся для каждого участника ВХК отдельно в табличной форме

Расчет величины предотвращенного ущерба от загрязнения реки

Участник ВХК	Загрязняющее вещество	$C_{вви j}$ , мг/л	$C'_{вви j}$ , мг/л	$W_{вви j}$ , млн.м <sup>3</sup>	$A_i$	$U_j$ , руб.
Промышленность	БПК		0	$W_{\text{промВВ}}$	0.33	
	Нефтерпродукты		0		20.00	
	Сульфаты		0		0.01	
Животноводство*	Азот	36	0	$W_{\text{жВВ}}$	1	
	Железо	1	0		20.00	
	цинк	0.16	0		100.00	
Город и рекреация	Азот	18	1	$W_{\text{горВВ}}$ +	1	
	Железо	0.5	0.05		$W_{\text{рекрВВ}}$	20.00
	цинк	0.08	0.01	100.00		
Сельское к.б.х.	Азот	10.8	1.08	$W_{\text{с.к.б.х.ВВ}}$	1	
	Железо	0.3	0.03		20.00	
	цинк	0.048	0.005		100.00	
Орошаемые**	Фосфор $P_2O_5$			$W_{\text{орст}}$	33	

земли						
Осушаемые земли	Фосфор P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			W <sup>оcт</sup>	33	
Богарные земли	Фосфор P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			W <sup>бог.ст</sup>	33	

\*Значение W<sup>жвв</sup> равно объему сточных вод животноводства, отправляемых на орошение.

\*\* W<sup>ст</sup> – определяются, в курсовом проекте, как произведение модуля стока воды с водосборной площади на площадь угодий. Например:

$$W^{ост} = g * F_{ор} * \tau, \text{ где } \tau = 31.54 \text{ млн. с}$$

Использование показателей загрязненности сточных вод позволяет упростить вышеизложенные расчеты определения величины предотвращенного ущерба:

$$У = p * K_{уд} * (\sum_j W_{пзj} - \sum_j W^{БОМ}_{пзj})$$

где  $\sum_j W_{пзj}$  - сумма объемов предельной загрязненности без учета водоохраных мероприятий;

$\sum_j W^{БОМ}_{пзj}$  - сумма объемов предельной загрязненности с учетом всех запланированных водоохраных мероприятий.

### **Задачи для контрольной работе по теме 10 Оценка вклад факторов на экологическое состояние водохозяйственных систем**

**Цель – определить влияние водопотребления и загрязненности сточных вод на экологическое состояние водного объекта**

Экологическое состояние водного объекта определяется на основе построения кривых обеспеченности комплексного показателя предельной загрязненности (Кпз), который характеризует качество воды. Оценка качества воды в реке делается на основе расчетов коэффициента предельной загрязненности речной воды (Кпз р). Для этого определяется показатель предельной загрязненности речной воды в год 95% обеспеченности (K<sup>95%</sup><sub>пз р</sub>).

$$K^{95\%}_{пз р} = ((\sum W_{пз i} + \sum W_{вв}) / W_{ф}) - 1,$$

где W<sub>ф</sub> – объем фактического стока (транзит) реки (берется из таблицы водохозяйственного баланса); А – параметр учитывающий естественный речной фон (если естественный фон соответствует классу качества воды на уровне «чистого», то А=1. Если естественный фон соответствует классу «умеренно загрязненному», то А=0). Естественный фон принимается соответствующим классу «чистый».

$$K^{95\%}_{пз р} = (4613 + 87,15) / 842 - 1 = 4,58$$

Качество воды в реке в расчетный остромаловодный год соответствует «грязному» классу качества

Классификация качества воды по показателю предельной загрязненности Кпз.

Кпз	<-0,8	-0,8...0	0...1	1...3	3...5	>5
Класс	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная

Используя полученное значение K<sup>95%</sup><sub>пз р</sub> строится кривая обеспеченности показателя Кпз р Ординаты кривой рассчитываются по формуле:

$$K^{P\%}_{пз р} = ((K^{95\%}_{пз р} + 1) \times K^{95\%}_{пз р} / K^{P\%}_{пз р}) - 1$$

где K<sup>95%</sup><sub>пз р</sub>, K<sup>P%</sup><sub>пз р</sub> – соответственно, модульный коэффициент речного стока для года 95% обеспеченности и заданной обеспеченности P% (берется из таблицы приложения в зависимости от Cv=0,26 и Cs=2Cv).

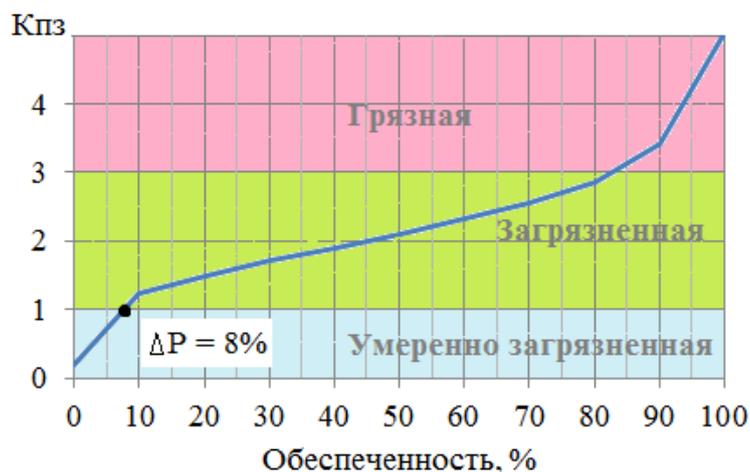


Рис. Кривая обеспеченности показателя предельной загрязненности речной воды ( $K^{P\%}пз$ ).

Расчет ординат кривой обеспеченности показателя Кпз.

Обеспеченность, %	Кр			Кпз
	$Cv=0,2^*$	$Cv=0,3^*$	$Cv=0,26$	
0	2,09	2,82	2,53	0,19
10	1,26	1,4	1,34	1,24
20	1,16	1,24	1,21	1,49
30	1,09	1,13	1,11	1,70
40	1,04	1,05	1,05	1,88
50	0,98	0,97	0,97	2,09
60	0,94	0,89	0,91	2,31
70	0,89	0,82	0,85	2,55
80	0,83	0,75	0,78	2,85
90	0,75	0,64	0,68	3,41
100	0,59	0,44	0,50	5,03

\*Значения модульных коэффициентов для  $Cv=0,2$  и  $Cv=0,3$  приводятся для интерполяции значений Кр для  $Cv=0,26$ .

Степень соответствия классу «чистой» воды равно нулю, даже соответствие классу «умеренно загрязненной» воды оценивается  $\Delta P=8\%$ , что говорит о «катастрофическом» состоянии экосистемы

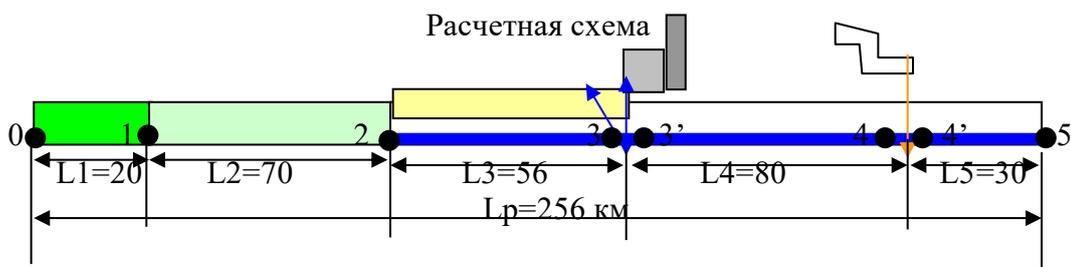
Классификация состояний экосистемы по показателю степени сохранности.

Степень сохранности, $\Delta P, \%$	<40	40...60	60...80	>80
Состояние	Катастрофическое	Не удовлетворительное	Удовлетворительное	Хорошее

**Задачи для контрольной работе по теме 11. Оценка влияния источников на качество воды в реке**

**Цель - определить экологически безопасное размещение сельскохозяйственных земель в бассейне реки и их площадь с учетом и без учета водоохраных мероприятий.**

В качестве загрязняющего вещества рассматривается Фосфор, как биогенное и характерное для всех водопотребителей загрязняющее вещество.



### Определение объема загрязняющего вещества

Источник поступления веществ	Формула	Значения параметров	объем вещества кг
Лес	$G_{л} = g_{л} * F_{л}$	$g_{л} = 0.05 \text{ кг/га}$ $F_{л} = 657 \text{ км}^2$	3285
Луг	$G_{луг} = g_{луг} * F_{луг}$	$G_{луг} = 0.1 \text{ кг/га}$ $F_{луг} = 1231 \text{ км}^2$	12310
Сельскохозяйственные угодья**	$G_{с/х} = \alpha * \beta * \eta * Y * F * (1 - \text{Эвоз}) * (1 - \text{Эл.п.}) * (1 - \text{Эрасп.}) * (1 - \text{Этрав}) * (1 - \text{Эуд.})$ Эвоз=0.7 Эл.п.=0.4 Эрасп.=0.5 Этрав=0.4 Эуд.=0.7	$\alpha = 0.2$ $\beta = 1$ $\eta = 0.9 \text{ кг/ц}$ $Y = 20 \text{ ц/га.}$ $F_{л} = 5747 \text{ км}^2$	33516
Город	$G_{г} = \text{ПДК} * W_{вв г}$	$\text{ПДК} = 0.03 \text{ мг/л}$ $W_{вв г} = 89.2 \text{ млн.м}^3$	2676
Село	$G_{с} = N_{с} * g_{с} * (1 - \text{Эвоз}) * (1 - \text{Эотс}) * (1 - \text{Эком.}) * (1 - \text{Эуд.})$ Эотс=0.7 Эком.=0.5	$N_{с} = 180620 \text{ чел}$ $g_{с} = 0.5 \text{ кг/чел. * год}$	1219

\* В данном примере отдельно вынос веществ с орошаемых угодий не определяется.

### Расчет распределения объемов воды в реке

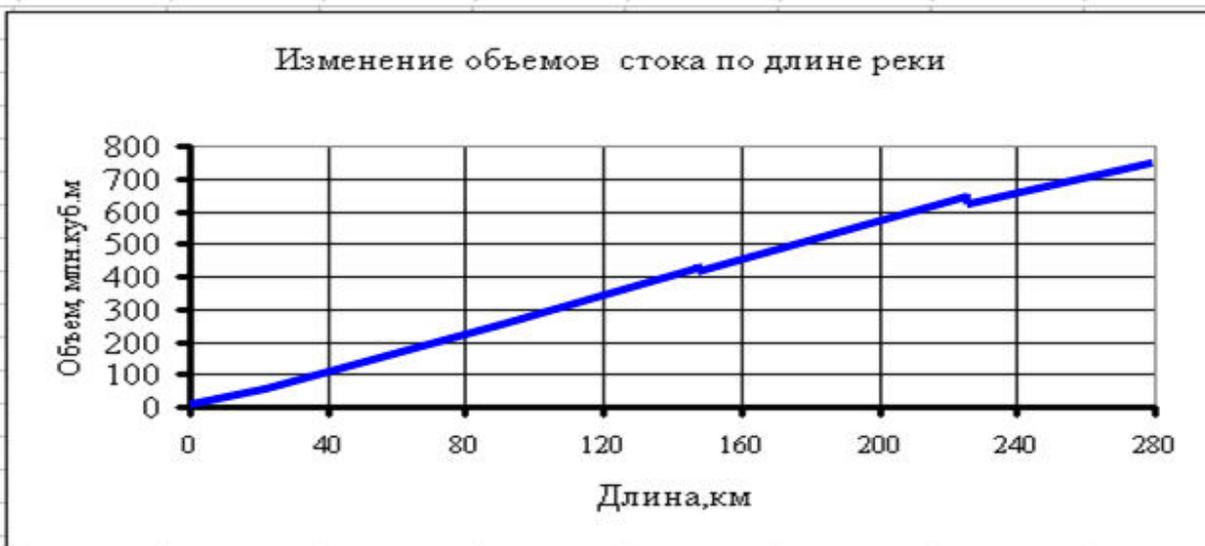
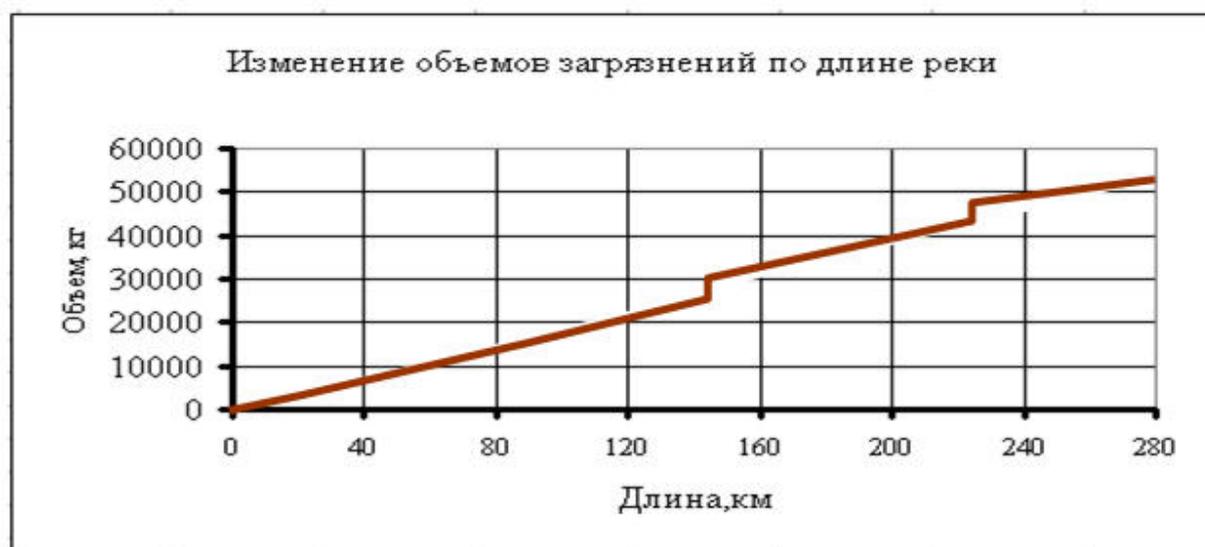
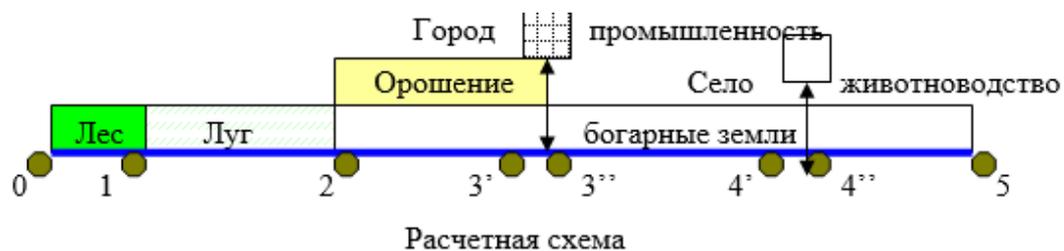
Источник воздействия	Учитываемый объем сточных вод	Учитываемый объем водопотребления
Город	$W_{вв г} = 89.2 \text{ млн.м}^3$	-
Промышленность	-	$W_{пр} - W_{вв пр} = 91.47 \text{ млн.м}^3$
Село	$W_{вв с} = 4 \text{ млн.м}^3$	$W_{с} * \alpha = 5.72 \text{ млн.м}^3$
Животноводство	-	$W_{ж} * \alpha = 1.47 \text{ млн.м}^3$

### Расчет концентрации по участкам реки

Расчет концентраций ведется в табличной форме.

№ створа	G(x), кг	W(x), млн.м <sup>3</sup>	C(x), мг/л	
			Без учета самоочищения	С учетом самоочищения**
0	0	0*	0	0
1	3285	59	<b>0.056</b>	0
2	15595	264	0.059	0.003
3	26901	430	0.063	0.007
3'	29577	427	0.069	0.013
4	45729	663	0.069	0.013
4'	46948	660	0.071	0.015
5	53011	745	0.071	0.015

\*Значения округлены до целого, \*\*для учета самоочищения воды из значений концентраций вычитается концентрация, сформированная на лесном участке реки.



## Задачи для контрольной работе по теме 12 Обоснование водоохранных мероприятий на основе матричного перебора

Цель – на основе экологических требований составить три набора водоохранных мероприятий которые позволяют достичь требуемую эффективность Эвом. Из этих наборов выбрать наиболее экономически эффективный вариант.

Обоснование того или иного вида водоохранных мероприятий связано с решением следующих задач:

1. оценка качества воды (истощения водного объекта);
2. определение требуемой эффективности водоохранных мероприятий;
3. определение возможных для осуществления водоохранных мероприятий, с учётом источников загрязнения;
4. определение оптимального набора водоохранных мероприятий.

**Оценка качества воды** может выполняться с помощью комплексного показателя загрязнённости воды, например, коэффициента предельной загрязнённости ( $K_{пз}$ ). Физический смысл  $K_{пз}$  – осреднённая кратность превышения нормативов качества воды.

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \times \sum_i^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1$$

где  $i$  – номер загрязняющего воду вещества;  $C_i$ ,  $ПДК_i$  – соответственно, фактическая и предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в воде.

Теоретически полученное выражение коэффициента предельной загрязнённости воды соответствует широко применяемому на практике индексу загрязнения воды (ИЗВ). Это даёт возможность оценки качества речной воды на основе действующей классификации, разработанной для ИЗВ. Кроме того, не требуется получение исходной информации о естественном гидрохимическом фоне, при этом ошибка расчётов параметра не превышает 10%.

**Требуемая эффективность водоохранных мероприятий** ( $\mathcal{E}_{тр}$ ) определяется из условия снижения фактической загрязнённости воды ( $K_{пз}$ ) в водном объекте до приемлемого уровня ( $K_{пз\text{ фон}}$ ):

$$\mathcal{E}_{тр} = (K_{пз} - K_{пз\text{ фон}}) / K_{пз}$$

**Выбор водоохранных мероприятий**, т.е. решение задач 3 и 4, объединяется понятием - ранжирование. Ранжирование – сортировка характеристик объекта по схожести, на основе задаваемого признака.

### Классификация качества воды по коэффициенту предельной загрязнённости

$K_{пз}$	$\leq -0,8$	$-0,8 \dots 0$	$0 \dots 1$	$1 \dots 3$	$3 \dots 5$	$> 5$
Класс	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязнённая	Загрязнённая	Грязная	Очень грязная

Ранжирование водоохранных мероприятий можно сделать модифицированным методом «Попарного среднего». Он основан на следующем. Выбираются конкретные  $i$ -ые мероприятия ( $i=1 \dots N$ ), обладающие определённой эффективностью ( $\mathcal{E}_i$ ). Делается перебор всех возможных сочетаний данных мероприятий и определяется их совместная общая эффективность. Получаемые значения эффективностей сравниваются с требуемой ( $\mathcal{E}_{тр}$ ). Это позволяет определить возможные сочетания мероприятий, удовлетворяющие условию:

$$1 - \prod_i (1 - \mathcal{E}_i) \geq \mathcal{E}_{тр}$$

Таким образом получают несколько наборов мероприятий, из которых с помощью оптимизации, например, по критерию минимальных затрат ( $Z_{вом}$ ), определяется наиболее выгодный:

$$Z_{вом} \rightarrow \text{мин.}$$

### Пример ранжирования водоохранных мероприятий в бассейне реки Иртыш

Фоновое качество воды рек бассейна Иртыша оценивается на «умеренно загрязнённом» уровне. Качество воды рек изменяется от «загрязнённого» до «очень грязного». Требуемая эффективность водоохранных мероприятий, для перехода на уровень «умеренно загрязнённой»

воды, в среднем по бассейну реки Иртыш, составляет 82% (год 95% обеспеченности по стоку).

Классы качества воды согласуются с необходимым набором водоохранных мероприятий, с помощью которых достигается фоновый уровень. Для этого, составляется список мероприятий (любой сложности) по снижению объёмов загрязнений, поступающих в водный объект.

### Водоохранные мероприятия и их эффективности (Э) по снижению негативного влияния диффузных источников загрязнения

№ п/п	Мероприятия	Э, %
1	Регулярная уборка территории	10
2	Озеленение	20
3	Замена грунтовых покрытий на твердые и газоны	30
4	Обустройство водоохранной зоны	70

Как уже говорилось, определить набор требуемых водоохранных мероприятий можно с помощью модифицированного метода «Попарного среднего» [Методические указания..., 2007]. Модификация связана с тем, что общая эффективность объединяемых мероприятий рассчитывается по формуле перемножения остаточных эффектов. Алгоритм классификации включает ряд шагов.

1. Составляется матрица эффективности мероприятий (матрица симметричная с нулевой диагональю). Попарная эффективность мероприятий определяется по формуле:

$$\Theta^{\text{BOM}}_{i,j} = 1 - (1 - \Theta_i) \times (1 - \Theta_j),$$

где  $i, j$  – номера водоохранных мероприятий в строке и столбце матрицы.

BOM	i	1	2	3	4
j	0*	0,1	0,2	0,3	0,7
1	0,1	0	0,28	0,37	0,73
2	0,2	0,28	0	0,44	0,76
3	0,3	0,37	0,44	0	0,79
4	0,7	0,73	0,76	0,79	0

\*Диагональные значения обнуляются.

2. В матрице, по минимальной эффективности, выделяются: столбец и строка (так называемое выделение близких кластеров). Данные кластеры  $U$  и  $V$  объединяются, образуя новый кластер  $K$ . Строки и столбцы, соответствующие кластерам  $U$  и  $V$ , удаляются из матрицы. Вместо них пересчитывается новая строка и столбец, соответствующие кластеру  $K$ . Последний образуется путем объединения кластеров  $U$  и  $V$ . Суммарная эффективность новых кластеров  $W$  определяется по формуле:

$$\Theta[(u,v),w] = 1 - (1 - \Theta(u,v)) \times (1 - \Theta(v,w)), \quad (4.7)$$

В результате матрица сокращается на одну строку и один столбец.

BOM	i	1,2	3	4
j	0	0,424	0,559	0,919
1,2	0,424	0	0,44	0,76
3	0,559	0,44	0	0,79
4	0,919	0,76	0,79	0

3. Процедура повторяется до тех пор, пока не будут объединены все кластеры (перебираются все возможные варианты).

BOM	i	1,2,3	4
j	0	0,75	0,98
1,2,3	0,75	0	0,79
4	0,98	0,79	0

BOM	i	1,2,3,4
J	0	0,99

1,2,3,4	0,99	0
---------	------	---

4. Требуемая эффективность определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \frac{(K_{\text{пз}}^{95\%} - K_{\text{пз}}^{\phi})}{K_{\text{пз}}^{95\%}},$$

где  $K_{\text{пз}}^{95\%}$ ,  $K_{\text{пз}}^{\phi}$  – комплексный показатель загрязнённости воды, соответственно для расчётного года и естественного фона. Вместо фоновый уровень может приниматься приемлемый, т.е. возможный для достижения в конкретных условиях поэтапного планирования.

Полученные матрицы позволяют каждому классу качества воды определить соответствующий набор мероприятий, с помощью которого достигается заданный (в данном примере фоновый) уровень. При этом соблюдается условие, Эффективность набора мероприятий ( $\mathcal{E}_{\text{ВОМ}}$ ) должна быть больше требуемой ( $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ ):  $\mathcal{E}_{\text{ВОМ}} > \mathcal{E}_{\text{тр}}$ .

#### Ранжирование водоохранных мероприятий по классу качества воды

Класс	$\mathcal{E}_{\text{тр}}$ , %	Водоохранные мероприятия	$\mathcal{E}_{\text{ВОМ}}$ , %
Загрязненный	67	Обустройство водоохранной зоны	70
Грязный	80	Озеленение, обустройство водоохранной зоны	91,9
Очень грязный	90	Регулярная уборка территории, озеленение, замена грунтовых покрытий на твердые и газоны, обустройство водоохранной зоны	99

#### Задачи для контрольной работе по теме 13 Вероятностный прогноз загрязнения воды в реке

**Цель:**

1. прогноз изменения концентрации вещества с помощью построения цепи Маркова
2. получить детерминированную зависимость изменения концентрации вещества во времени

Задачи

1. выделить диапазоны состояний на момент времени  $t=0$
2. построить матрицу переходных вероятностей
3. выделить матрицу состояний
4. определить состояние системы на моменты времени  $t=1,2$  и  $3$
5. Построить график изменения состояния системы во времени
6. определить скорость изменения концентрации  $dC/dt=c_t-c_{t-1}$
7. построить и аппроксимировать график зависимости скорости изменения концентрации от времени  $C=f(t)$

Исходные данные

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000	9	2	19	1	16	4	10	1	12	10	15	1
2001	14	12	9	13	4	12	15	4	19	19	5	3
2002	11	4	20	5	3	13	20	1	10	9	9	17
2003	17	5	9	9	9	6	19	9	1	15	9	14
2004	19	10	6	14	17	16	13	4	11	20	15	13
2005	14	15	8	1	3	1	12	2	18	5	17	2
2006	4	10	13	15	20	10	14	9	8	18	1	14
2007	14	2	20	3	19	15	12	3	3	15	4	3
2008	6	10	9	12	18	17	18	7	6	17	6	2
2009	17	8	7	14	9	15	13	9	10	12	18	1
2010	20	13	20	13	7	13	16	2	17	4	15	9

ПДК=10мг/л

выделить диапазоны состояний на момент времени  $t=0$

Матрица состояний

0...ПДК	$C_{cp} < ПДК$
ПДК...Смакс	$C_{cp} > ПДК$

построить матрицу переходных вероятностей

0,7	0,3
0,2	0,8

выделить матрицу состояний

Матрица состояний

5
15

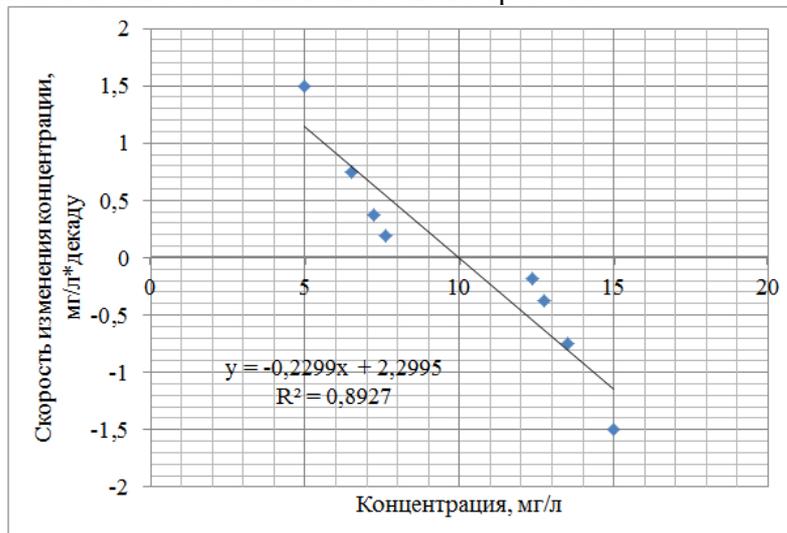
определить состояние системы на моменты времени  $t=1,2$  и  $3$

$t=0$	$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$
5	6,5	7,25	7,63	7,81
15	13,5	12,75	12,38	12,19

определить скорость изменения концентрации  $dC/dt = c_t - c_{t-1}$

$C_t - C_{t-1}$	1,5	0,75	0,375	0,1875	-1,5	-0,75	-0,375	-0,1875
$C_t$	5	6,5	7,25	7,625	15	13,5	12,75	12,375

Построить график изменения состояния системы во времени



аппроксимировать график зависимости скорости изменения концентрации от времени  $C = f(t)$   
 $C = -0,2299 * C + 2,2995$  после интегрирования при начальном условии  $t=0$   $C=C_0$   
 получим  $C = C_0 * \text{EXP}(-k * t)$  где  $k = 2,2995 / 0,2299$

**Задачи для контрольной работе по теме 14** Выбор наилучшей стратегии пропуска половодья и наполнения водохранилища способом игры с природой) используя разные критерии)

### Задачи:

- зная матрицу прибыли (полного наполнения водохранилища и безаварийного пропуска половодья) определить оптимальную стратегию, используя разные критерии;
- из полученных стратегий определить наиболее оптимальную.

Различают два вида задач в играх с природой: Задача о принятии решений в условиях риска, когда известны вероятности, с которыми природа принимает каждое из возможных состояний;

- Задачи о принятии решений в условиях неопределенности, когда нет возможности получить информацию о вероятностях появления состояний природы;

Первый игрок – человек (его интересы), второй игрок – природа (соблюдение ее интересов).

Рассмотрим пример. Пусть интересы 1 игрока заключаются в наполнении водохранилища: в ранний срок начала половодья ( $A_1$ ), в средний срок ( $A_2$ ) и в поздний срок ( $A_3$ ). Пока не наступит половодье мы не узнаем, будет она ранняя ( $B_1$ ), средняя ( $B_2$ ) или поздняя ( $B_3$ ). Посчитав прибыль во всех случаях получим матрицу:

	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$A_1$	5	5	7
$A_2$	3	4	6
$A_3$	2	4	8

Для принятия решения, есть несколько критериев.

**1. Критерий Вальда (максиминный).** Игрок рассчитывает, что природа пойдет по наихудшему для него пути, и следует выбрать вариант с максимальной прибылью при самом плохом исходе, поэтому данный критерий считается пессимистическим.

$$\text{Max}[\min(i)]$$

При данном критерии:

для  $A_1$  минимальной прибылью (5) выльются действия природы  $B_1$  и  $B_2$

для  $A_2$  минимальная прибыль 3 после действия  $B_1$

для  $A_3$  минимальная прибыль 2 после действия  $B_1$

	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$A_1$	5	5	7
$A_2$	3	4	6
$A_3$	2	4	8

Таким образом из 5, 3 и 2 максимум прибыли (5) нам даст вариант  $A_1$

2. **Критерий максимума (максимаксный)** является оптимистическим, т.е. мы надеемся самый благоприятный для нас исход.

$$\text{Max}[\text{max}(i)].$$

	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	5	5	7
<b>A<sub>2</sub></b>	3	4	6
<b>A<sub>3</sub></b>	2	4	<b>8</b>

для A<sub>1</sub> максимальная прибыль 7

для A<sub>2</sub> максимальная прибыль 6

для A<sub>3</sub> максимальная прибыль 8

Из 7, 6 и 8 максимальную прибыль принесет вариант A<sub>3</sub>

3. **Критерий Гурвица** рекомендует стратегию, определяемую по формуле

$$\text{max} (A \cdot \text{max } i + (1-A) \cdot \text{min } i),$$

где A — степень оптимизма и изменяется в пределах от 0 до 1. Критерий выдает результат, учитывающий возможность как наихудшего, так и наилучшего поведения природы. При A=1 данный критерий можно заменить критерием максимума, а при A=0 — критерием Вальда. Величина A зависит от степени ответственности 1-ого игрока: чем больше ответственность, тем ближе A к единице. Для данного примера примем A=0,4.

	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	5	5	7
<b>A<sub>2</sub></b>	3	4	6
<b>A<sub>3</sub></b>	2	4	8

для A<sub>1</sub> прибыль равна  $0,4 \cdot 7 + 0,6 \cdot 5 = 5,8$

для A<sub>2</sub> прибыль равна  $0,4 \cdot 6 + 0,6 \cdot 3 = 4,2$

для A<sub>3</sub> прибыль равна  $0,4 \cdot 8 + 0,6 \cdot 2 = 4,4$

Из полученных ответов максимальную прибыль приносит действие A<sub>1</sub>

4. **Критерий Сэвиджа (минимаксный)**. Суть его заключается в выборе стратегии, не допускающей слишком высоких потерь. Для этого используется матрица рисков, в которой вычисляется максимальная прибыль при каждом варианте действия игрока, и среди результатов выбирается наименьший.

$$\text{min} [\text{max}(i)]$$

При данном критерии:

	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	5	5	7
<b>A<sub>2</sub></b>	3	4	6
<b>A<sub>3</sub></b>	2	4	8

для  $A_1$  максимальная прибыль (7) при действии природы  $B_3$

для  $A_2$  максимальная прибыль 6 после действия  $B_3$

для  $A_3$  максимальная прибыль 8 после действия  $B_3$

Таким образом из 7, 6 и 8 минимум прибыли (6) нам даст вариант  $A_2$

**5. По критерию Байеса** предлагается придать равные вероятности всем рассматриваемым стратегиям, после чего принять ту, при которой ожидаемый выигрыш окажется наибольшим. Критерий имеет один недостаток: не всегда можно определить вероятность того или иного события со стороны природы.

$$\max (\sum q \cdot i).$$

Сначала мы положили вероятность наступления каждого из событий природы равной 0,33, и получили

$$\text{для } A_1 \quad 5 \cdot 0,33 + 5 \cdot 0,33 + 7 \cdot 0,33 = 5,61$$

$$\text{для } A_2 \quad 3 \cdot 0,33 + 4 \cdot 0,33 + 6 \cdot 0,33 = 4,29$$

$$\text{для } A_3 \quad 2 \cdot 0,33 + 4 \cdot 0,33 + 8 \cdot 0,33 = 7,63$$

Очевидно что максимальную прибыль мы получим от варианта  $A_3$ . Однако, обратившись к экспертам, мы получили вероятности событий для

#### **Вопросы для текущей успеваемости**

#### **Лекция №1 Формирование объемов стока**

- Какие природные факторы влияют на объем стока рек. Как они влияют на внутригодовое распределение стока
- Какие антропогенные факторы влияют на объем стока рек. Как они влияют на внутригодовое распределение стока
- Методология agile для управления проектами, в области использования водных ресурсов
- Принципы agile
- Идеи agile

#### **Лекция №2 Формирование качества воды**

- От чего зависит объем загрязняющих веществ, поступающий с с/х земель.
- Какие ландшафтные мероприятия позволяют снизить потоки веществ.
- Методология agile
- Достоинства и недостатки методологии agile
- Основные методы agile: Kanban, Scrum

#### **Лекция №3 Виды регулирования стока и условия их применения**

- Какой вид регулирования стока применяется на ручьях.
- Риски регулирования ручьев для природы
- Баз данных о водных ресурсах: назначение, рассматриваемые вопросы, использование
- Базы данных о водных ресурсах (в среде excel): принципы создания

#### **Лекция №4 Процессы самоочищения воды.**

- Что такое самоочищение воды.
- Как повысить самоочищение воды за счет поглощения загрязнений водной растительностью.

#### **Лекция №5 Процессы самоочищения водных объектов**

- Что такое самоочищение водного объекта.
- Как влияет водохранилище на самоочищение водного объекта.
- Технологии Интернет вещей применяемые в водном хозяйстве

- Что входит в понятие Интернета вещей?

#### **Лекция 6 Процессы эвтрофирования водных объектов**

- Что такое эвтрофирование водных объектов.
- Как можно управлять процессом эвтрофирования.

#### **Лекция 7 Принципы водопользования (оптимальности, преломления действия фактора, внезапного усиления патогенности, дублирования, эйфории первых успехов. Их учет в водопользовании.**

- Сформулируйте закон оптимальности, преломления действия фактора, внезапного усиления патогенности, дублирования, эйфории первых успехов
- Риски нарушения законов в водохозяйственной практике.

#### **Лекция 8 Способы определения качества естественного фона. Метод восстановления естественного стока из фактического стока.**

- Как определить целевое качество воды в реке, при разработке водоохранных мероприятий
- Что такое экологическое ПДК.

#### **Лекция 9 Управление условиями формирования стока на водосборе**

- В чем заключаются ландшафтные мелиоративные мероприятия
- Роль гео-экологических барьеров в управлении водными ресурсами.

#### **Лекция 10 Влияние природных факторов**

- Что такое дисперсионный анализ.
- Этапы планирования эксперимента по оценке влияния природного фактора на качество воды

#### **Лекция 11 Влияние антропогенных факторов**

- Отличие прогностической модели от имитационной.
- Какие модели используются для оценки влияния хозяйственной деятельности на качество природных вод.

#### **Лекция 12 Детерминированные способы: анализ размерностей, физические методы, основанные на теоретическом выводе уравнений.**

- Достоинства метода анализа размерности.
- Условия применимости метода.

#### **Лекция 13 Вероятностные способы: статистические, марковские процессы. Использование теории случайных процессов для получения детерминированных зависимостей**

- В чем суть метода марковских цепей.
- Какой вид цепей Маркова применяется в водохозяйственной практике.

#### **Лекция 14 Прогноз объемов стока. Способ обоснования мероприятий по регулированию стока обобщенным методом.**

- В чем заключается обобщенный метод составления водохозяйственного баланса.
- Условия применения вероятностного метода для прогноза стока реки.

#### **Лекция 15. Основные положения и решаемые задачи с использованием теории «Игры с природой»**

- В чем суть теории «Игры с природой».
- Какие задачи решаются с помощью данной теории.

#### **Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)**

- Природные факторы, влияющие на объемы стока (залесенность, заболоченность). Способ оценки их влияния.
- Влияние осадков и суммарного испарения на внутригодовое изменение стока. Способ оценки их влияния.
- Оценка вклада антропогенных источников в загрязнение реки и их влияние на качество воды.
- Природные факторы влияющие на качество воды.

- Определение объемов экологического стока (метод Фащевского и универсальный метод – анализ из применимости).
- Регулирование стока для целей орошения и оценка риска природе.
- Регулирование стока для целей гидроэнергетики и оценка риска природе.
- Обоснование параметров водопользования для ирригационно-энергетических целей.
- Процессы самоочищения воды. Планирование эксперимента по оценке самоочищения воды.
- Оценка эффективности самоочищением воды. Способы управления самоочищением воды
- Процессы самоочищения водных объектов и способы управления ими.
- Влияние водохранилищ на самоочищение воды в верхнем и нижнем бьефах.
- Процессы эвтрофирования водных объектов. Риски хозяйственной деятельности.
- Оценка эффективности управления эвтрофированием водных объектов.
- Принцип оптимальности и его учет в водохозяйственной практике.
- Принцип преломления действия фактора и его учет в водохозяйственной практике.
- Принцип усиления патогенности и риски водохозяйственной деятельности.
- Принцип дублирования и риски водохозяйственной деятельности.
- Принцип эйфории первых успехов и его учет в оценке водоохранной деятельности.
- Оценка эффективности создания берегового биоплато.
- Способы определения качества естественного фона.
- Прогноз качества и количества естественного стока.
- Управление условиями формирования стока на водосборе.
- Оценка влияния сельскохозяйственных угодий (богарных, мелиорируемых) на поверхностный и подземный сток.
- Влияние природных факторов на качество и количество стока
- Влияние антропогенных факторов на качество и количество стока
- Прогноз изменения качества воды на участке реки
- Имитационное моделирование в обосновании водоохранных мероприятий.
- Детерминированные способы: анализ размерностей, физические методы, основанные на теоретическом выводе уравнений.
- Детерминированные способы: анализ размерностей.
- Детерминированные способы: физические методы, основанные на теоретическом выводе уравнений.
- Способы оценки влияния источников загрязнения на качество воды в реке
- Вероятностные способы: статистические.
- Вероятностные способы: стохастические (марковские процессы).
- Использование теории случайных процессов для получения детерминированных зависимостей
- Вероятностный прогноз загрязнения воды в реке
- Способ обоснования мероприятий по регулированию стока обобщенным методом.
- Прогноз объемов стока с помощью теории Марковской цепи
- Основные положения и решаемые задачи с использованием теории «Игры с природой»
- Выбор наилучшей стратегии пропуска половодья и наполнения водохранилища способом игры с природой, используя разные критерии

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу традиционной системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование оценки студента осуществляется в ходе промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

Таблица 7

Шкала оценивания	Зачет
85-100	зачет
70-84	
60-69	
0-59	незачет

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов на экзамене должны быть представлены критерии выставления оценок по четырех балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Водохозяйственные системы и водопользование / А.М. Бакштанин, Э.С. Беглярова, А.Л. Бубер [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. – 452 с. (48 экз.).
2. Особенности методологии комплексного водопользования: монография / В. Н. Маркин, Л.Д. Раткович, И.В. Глазунова; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. — 117 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/396.pdf>. (5 экз.).
3. Водохозяйственная система с территориально-временным регулированием стока / Л.Д. Раткович, И.В. Глазунова, С.А. Соколова, В.Н. Маркин. – Москва: Российский

государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – 70 с.– Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s09032022VodohozSist.pdf> (12 шт.)

4. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов: монография / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва), Институт природообустройства им. А.Н. Костякова. — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. — 162 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/2568.pdf> (34 экз.).

## 7.2 Дополнительная литература

1. Рациональное водопользование / И.В. Глазунова, В.Н. Маркин, С.А. Соколова, Л.Д. Раткович. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – 136 с.– URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s29092022Markin.pdf> (12 экз.)
2. Вопросы рационального использования водных ресурсов и проектного обоснования водохозяйственных систем: монография / Л. Д. Раткович, В. Н. Маркин, И. В. Глазунова; Московский государственный университет природообустройства. — Электрон. текстовые дан. — Москва: МГУП, 2013. — 258 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/pr06.pdf> . (3 экз.)
3. ВОДА или НЕФТЬ? Создание Единой Водохозяйственной Системы: научное издание / Д. В. Козлов [и др.]; ред. Д. В. Козлов. - Москва: БИМПА, 2008. - 455 с. (9 экз.)
4. Управление водохранилищами: учебно-методическое пособие / В. И. Клёпов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. — 126 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/s20210202.pdf> .
5. Эколого-водохозяйственная оценка водных систем: монография / М.Е. Вершинская, В.В. Шабанов, В.Н. Маркин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Институт природообустройства им. А. Н. Костякова. — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. — 148 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/4079.pdf> . (20 экз.).
6. Использование компьютерных технологий для управления и комплексного использования водных ресурсов: [Книга]: Учебное пособие / Л.Д. Раткович, В.Н. Маркин. - М: МГУП, 2003. - 78 с. (15 экз.)

В т.ч. периодические издания

- Научный журнал "Природообустройство" <http://old.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/>
- Научный журнал «Биосфера» <http://21bs.ru/index.php/bio>
- Вестник экологического образования в России <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34535081>
- Вода и экология: проблемы и решения <http://wemag.ru>

## 7.3 Нормативные правовые акты

1. Водный Кодекс Российской Федерации: утвержден ГД РФ от 03.06.2006 N 74-ФЗ
2. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" : утвержден ГД РФ от 10 января 2002 г. №7-ФЗ
3. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
4. Перечень рыбохозяйственных нормативов от 28.04.99 № 96.

## 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие / И. Б. Рыжков. - 3-е изд., стереотип. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 222 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - 1 экз.
2. Обоснование и разработка водохозяйственных и водоохраных мероприятий в речном бассейне: учебное пособие / В. Н. Маркин, Л. Д. Раткович, С. А. Соколова; Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва),

- Институт природообустройства им. А. Н. Костякова. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. — 77 с. – Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/3169.pdf> .
3. Обоснование и разработка водохозяйственных и водоохраных мероприятий в речном бассейне: [ Электронный ресурс ] : учебное пособие / В. Н. Маркин, Л. Д. Раткович, С. А. Соколова ; Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва), Институт природообустройства им. А. Н. Костякова. - Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. - 77 с. - Систем. требования: Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/3169.pdf>
  4. Оценка изменения концентраций загрязняющих веществ по длине реки: учебное пособие / И.В. Глазунова, С.А. Соколова, Т.И. Матвеева [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2021. – 87 с. – URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s09032022sokolova1.pdf> (12 экз.)
  5. ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ «СКВОЗНОЙ» ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ «НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» [Электронный ресурс] <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019npt.pdf>
  6. Параскевов А.В. Большие данные: учебное пособие / А.В. Параскевов. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – с. 35.
  7. Цифровые технологии в российской экономике / К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг, В.В. Дементьев и др.; под ред. Л.М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 116 с.
  8. Никола М. Трендов, Самуэль Варас и Мэн Цзэн. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И СЕЛЬСКИХ РАЙОНОВ: СПРАВОЧНЫЙ ДОКУМЕНТ / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, Рим, 2019. С.26
  9. Демкин, В. И. Искусственный интеллект в робототехнике / В. И. Демкин, Д. К. Луков // Вестник современных исследований. – 2018. - № 6.3 (21). – С. 456-458. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=35339939>
  10. Боровская, Е. В. Основы искусственного интеллекта: учебное пособие / Е. В. Боровская, Н. А. Давыдова. 4-е изд., электрон. М. : Лаборатория знаний, 2020. 130 с.
  11. Росляков, А.В. Интернет вещей: учебное пособие / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков. – Самара: ПГУТИ, 2015. – 200 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Для освоения дисциплины необходимы следующие ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Электронная библиотечная система <https://www.library.timacad.ru>
2. Научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access) <https://cyberleninka.ru>

## **9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

1. [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (свободный доступ).
2. Справочная правовая система «Гарант» (свободный доступ).

Таблица 9

### **Перечень программного обеспечения**

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Все разделы курса	MS EXCEL профессиональная версия	Расчетные	MICROSOFT	2007 и позднее
2		MS WORD			
3		POWER POINT			

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для реализации программы подготовки по дисциплине «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ» перечень материально-технического обеспечения включает:

- аудитории для проведения лекций
- учебная мебель и оргсредства
- аудитории для проведения практических занятий
- компьютерные классы, оборудованные посадочными местами.
- технические средства обучения: персональные компьютеры; компьютерные проекторы.

Кафедра располагает материально-техническими ресурсами: компьютер объединенных в локальную сеть с выходом в интернет переносной проектор и экран для показа презентаций.

### Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

Для проведения теоретических занятий по дисциплине «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ» необходимы:

- помещения для проведения занятий лекционного типа;
- помещения для групповых, индивидуальных консультаций и промежуточного контроля, а также для самостоятельной работы студентов должны быть компьютерными лабораториями с наличием локальной сети с выходом в интернет.

### Требования к специализированному оборудованию

Проведение занятий осуществляется в аудиториях, оборудованных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в интернет с обязательным наличием проектора для возможности показа презентаций и экрана.

Таблица 10

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Учебная лаборатория «Гидросиловых установок». Учебная аудитории для проведения занятий лекционного и практического типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.  <b>28 корпус 8 аудитория</b>	Для реализации учебной программы используются: - демонстрационные модели - плакаты, стенды, макеты сооружений; - гидравлические лотки, турбины. 1. Парта моноблок двухместная 16 шт. 2. Доска меловая 2 шт. 3. Плакаты. (без инв.№) 4. Модели сооружений 4 шт. (без инв.№) 5. Зеркальный лоток №1 -1шт. (инв.№ 410134000001283) 6. Насос КМ-150-125-250 (инв.№ 210134000000024) Лоток гидравлический б/у (ост) (инв.№ 410136000004901)
Учебная аудитории для проведения занятий лекционного и практического типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных	Для реализации учебной программы используются: - плакаты, стенды 1. Парта моноблок двухместная 7шт.

консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. <b>28 корпус 6 аудитория</b>	2. Парты двухместная 7 шт 3. Стул 14 шт 4. Доска меловая 1 шт. 5. Плакат 36 шт. (без инв.№) Учебный макет 1 шт. (без инв.№)
Библиотека, читальный зал <b>29 корпус</b>	Парты и стулья в достаточном количестве
Комнаты для самоподготовки в общежитиях Академии (для студентов, проживающих в общежитии)	Парты и стулья в достаточном количестве

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Научные основы водопользования» дает знания методов обработки результатов исследований, учит поиску источников и оценке необходимой для этого информации, современным методикам прикладных исследований, анализу, интерпретации и оценке полученных результатов.

Обучение предполагает изучение содержания учебной дисциплины на аудиторных занятиях (лекциях и практических занятиях), активно-творческую самостоятельную работу студентов в часы, отведенные на самостоятельную работу в период изучения курса.

Активная работа студента на лекции обусловлена его способностью и готовностью к согласованной работе с лектором, заключающуюся в внимательном прослушивании материалов лекции, их конспектировании, отражении в конспектах лекций представляемый лектором наглядный материал и рекомендации по самостоятельной доработке вопросов лекции в период самостоятельной работы. Как показывает практика, новый материал лекции лучше усваивается, если он увязан с пониманием предыдущего материала, а также, если перед лекцией осуществлена предварительная работа по первичному ознакомлению с материалами предстоящей лекции. Это можно сделать с помощью рекомендованной литературы.

Активно-творческий подход к работе с учебным материалом на практических и лабораторных занятиях обусловлен качеством подготовки студента к этим формам занятий в период самостоятельной работы, активным участием в обсуждении вопросов и решении практических задач на занятиях. В этих целях задачи, выносимые для решения на практических занятиях, должны быть глубоко изучены, продуманы, проанализированы и представлены в конспектах в виде формул и моделей в период самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной работы в Университете. Основными видами самостоятельной внеаудиторной работы аспиранта по учебной дисциплине являются: самостоятельное углубленное изучение разделов учебной дисциплины с помощью рекомендованной литературы, интернет ресурсов, повторение и доработка лекционного материала, сбор исходных данных для статистического анализа дома в глобальной сети, повтор решаемых задач дома, самостоятельную работу с программным обеспечением и подготовку к экзамену.

**Подготовка к экзамену.** К экзамену необходимо готовится целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. Попытка освоить дисциплину в период непосредственной подготовки к зачету, как правило, бывает мало продуктивной и неэффективной.

В самом начале изучения учебной дисциплины познакомьтесь со следующей учебно-методической документацией:

- программой по учебной дисциплине «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»;
- перечнем знаний, навыков и умений, которыми студент должен овладеть, составом компетенций, которыми необходимо владеть по окончании изучения курса;
- тематическим планом и логикой изучения дисциплины;
- планами практических занятий и типами решаемых прикладных задач
- организацией контрольных мероприятий по проверке текущей успеваемости;

- рекомендованной литературой и интернет ресурсами;
- перечнем вопросов по подготовке к экзамену.

Это позволит сформировать четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине. Систематическое выполнение учебной работы на лекциях и практических занятиях позволит успешно освоить дисциплину и создать хорошую базу для сдачи экзамена.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекцию обязан переписать конспект, на занятии, следующем за лекционным, независимо от присутствия на лекции, студент будет опрошен по пропущенной теме. При пропуске практического занятия необходимо в присутствии преподавателя решить задачу, отвечающую тематике занятия.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Занятия по дисциплине проводятся в следующих формах: лекция, практическое занятие.

*Лекция* – один из методов устного изложения материала. Слово «лекция» имеет латинское происхождение и в переводе на русский язык означает «чтение». Традиция изложения материала путем дословного чтения заранее написанного текста восходит к средневековым университетам. Важным моментом в проведении лекции является предупреждение пассивности студентов и обеспечение активного восприятия и осмысления ими новых знаний.

Определяющее значение в решении этой задачи имеют два дидактических условия:

- во-первых, само изложение материала педагогом должно быть содержательным в научном отношении, живым и интересным по форме;
- во-вторых, в процессе устного изложения знаний необходимо применять особые педагогические приемы, возбуждающие мыслительную активность студентов и способствующие поддержанию их внимания

Один из этих приемов – *создание проблемной ситуации*. Самым простым в данном случае является достаточно четкое определение темы нового материала и выделение тех основных вопросов, в которых надлежит разобраться студентам.

Термин «*практическое занятие*» используется в педагогике как родовое понятие, включающее такие виды, как лабораторную работу, семинар в его разновидностях. Аудиторные практические занятия играют исключительно важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.

Если лекция закладывает основы научных знаний в обобщенной форме, практические занятия призваны углубить, расширить и детализировать эти знания, содействовать выработке навыков профессиональной деятельности. Практические занятия развивают научное мышление и речь студентов, позволяют проверить их знания, в связи с чем, упражнения, семинары, лабораторные работы выступают важным средством достаточно оперативной обратной связи.

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если студенты предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

Практические занятия служат своеобразной формой осуществления связи теории с практикой. Структура практических занятий в основном одинакова — вступление преподавателя, вопросы студентов по материалу, который требует дополнительных разъяснений, собственно практическая часть, заключительное слово преподавателя. Разнообразие возникает в основной, собственно практической части, дискуссии, решении типовых и индивидуальных задач на персональном компьютере с использованием фактических данных государственной статистики и т. д.

Интерактивное обучение обеспечивает взаимопонимание, взаимодействие, взаимообогащение. Интерактивные методики ни в коем случае не заменяют лекционный материал, но способствуют его лучшему усвоению и, что особенно важно, формируют мнения, отношения, навыки поведения. Интерактивные методы применяются как на лекциях, так и на практических занятиях.

*Мини-лекция* является одной из эффективных форм преподнесения теоретического материала. Перед объявлением какой-либо информации преподаватель спрашивает, что знают об этом студенты. После предоставления какого-либо утверждения преподаватель предлагает обсудить отношение студентов к этому вопросу.

*Презентации с использованием различных вспомогательных средств с обсуждением.* Используются различные вспомогательные средств: доска, книги, видео, слайды для компьютеров и т.п. Интерактивность обеспечивается процессом последующего обсуждения.

*Обратная связь* - Актуализация полученных на лекции знаний путем выяснения реакции участников на обсуждаемые темы.

*Дискуссия* – одна из важнейших форм коммуникации, плодотворный метод решения спорных вопросов и вместе с тем своеобразный способ познания. Дискуссия предусматривает обсуждение какого-либо вопроса или группы связанных вопросов компетентными лицами с намерением достичь взаимоприемлемого решения. Дискуссия является разновидностью спора, близка к полемике, и представляет собой серию утверждений, по очереди высказываемых участниками.

**Программу разработал:**

Глазунова И.В., к.т.н., доцент



(подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

### на рабочую программу дисциплины «Научные основы водопользования» ОПОП ВО по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование, направленности «Цифровизация инженерных систем в АПК» (квалификация выпускника – магистр)

Лагутиной Наталии Владимировны, доцента кафедры экологии, института мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, к.т.н. (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Научные основы водопользования» ОПОП ВО по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование, направленности «Цифровизация инженерных систем в АПК» (магистр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами. Разработчик – Глазунова И.В., к.т.н., доцент.

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Научные основы водопользования» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 20.04.02 «Природообустройство и водопользование». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 20.04.02 «Природообустройство и водопользование».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Научные основы водопользования» закреплено 4 **компетенции**. Дисциплина «Научные основы водопользования» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Научные основы водопользования» составляет 4 зачётных единицы (144 часов/из них практическая подготовка 4 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Научные основы водопользования» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, в том числе сквозных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Научные основы водопользования» предполагает 12 занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, работа над домашним заданием) и аудиторных заданиях, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 20.04.02 Природообустройство и

водопользование.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 6 наименований, периодическими изданиями – 4 источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 2 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 20.04.02 Природообустройство и водопользование

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Научные основы водопользования» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Научные основы водопользования».

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Научные основы водопользования» ОПОП ВО по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование, направленности «Цифровизация инженерных систем в АПК» (квалификация выпускника – магистр), разработанная Глазуновой И.В., к.т.н., доцентом соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Лагутина Н.В., доцент кафедры экологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат технических наук



(подпись)

«05» июня 2023 г.