**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Министерство науки, высшего образования и инноваций Кыргызской Республики**
Межгосударственная образовательная организация высшего образования
**Кыргызско-Российский Славянский университет**
**им. первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина**

**Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта**

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**по дисциплине «**ГИДРОФИЗИКА**»**

Уровень высшего образования: БАКАЛАВРИАТ
Направление подготовки: 20.03.02 (РФ) / 761000 (КР)
**«Природообустройство и водопользование»**
Профиль: **«Комплексное использование и охрана водных ресурсов»**
Форма обучения: очная
курс/семестр: 3 курс / 5 семестр
трудоёмкость: 2 ЗЕТ (72 час.)
форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

2026 г.

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению **подготовки:** 20.03.02 (РФ) / 761000 (КР) «Природообустройство и водопользование» в процессе подготовки бакалавриата КРСУ в соответствии с ФГОС 3++ по дисциплине «Гидрофизика»

.

**Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании Высшей школы «Природопользования, мехатроники и транспорта»**

*протокол № 1 от "02"сентября 2026 г.*

Руководитель подразделения _____ Алсеитов МирланТилегенович
*наименование кафедры* *подпись* *расшифровка подписи*

*Исполнитель:*
к.т.н., доцент _____ Шаршеев Эрмек Сабырович
*должность* *подпись* *расшифровка подписи*

**Руководитель образовательной программы**
направления подготовки **«Природообустройства и водопользования»**

*к.т.н., доцент* _____ *Ботоканова Бактыгуль Асанкожоевна*
*наименование РОП* *подпись* *расшифровка подписи*

**СОГЛАСОВАННО:**
Заместитель директора по образовательной деятельности Политехнического института

Комарцов Никита Михайлович _____

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ФОРМИРОВАНИЯ
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Блок А**

- Теоретические вопросы (проверка знания основ)
- Практические задания (умение применять знания)
- Задания на анализ и оценку (владение методами)

**Блок В**

- Тестовые вопросы по дисциплине
- Промежуточная аттестация (тесты, контрольные работы, защита заданий)

**Блок С**

- Проект / мини-защита

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ И УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИДРОФИЗИКА»

- Теоретические темы
- Практические и расчётные темы
- Прикладные темы водохозяйственного строительства
- Комплексные и исследовательские темы

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИДРОФИЗИКА»

- Текущий контроль
- Рубежный контроль
- Промежуточная аттестация (зачёт с оценкой)

**Блок Д**

ПЕРЕЧЕНЬ ВИДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИДРОФИЗИКА»

- Теоретические знания («знать»)
- Практические умения («уметь»)
- Владение методами и прикладными навыками («владеть»)
- Промежуточная и итоговая аттестация
- Дополнительные оценочные средства

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ
ПРИЛОЖЕНИЕ № 1. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ И КЛЮЧ К ТЕСТАМ

## ТАБЛИЦА 1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

| Формируемые компетенции (код и наименование) | Планируемые результаты обучения по дисциплине | Виды оценочных средств / шифр раздела |
|---|---|---|
| **ОПК-2 – способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественнонаучных и технических наук, учёта требований экологической и производственной безопасности** Этап 1 (модули 1–3): физические свойства воды и тепловой режим | **Знать:** физические свойства воды и природных вод (плотность, вязкость, теплоёмкость, поверхностное натяжение, минерализация); закономерности формирования теплового режима рек, озёр и водохранилищ. **Уметь:** определять физические характеристики воды по лабораторным и натурным данным; рассчитывать тепловой баланс и температурную стратификацию водного объекта. **Владеть:** методами оценки физических свойств воды и теплового режима; работой со справочной и нормативной документацией. | Устный опрос; тестирование; практические и расчётные задания; рубежный контроль по модулям 1–3. **Разделы 1–3** |
| **ОПК-2 – способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественнонаучных и технических наук, учёта требований экологической и производственной безопасности** Этап 2 (модули 4–6): лёд, оптика и динамика водных масс | **Знать:** особенности ледового режима, оптических и акустических свойств воды; режимы движения воды, турбулентность, течения, волны. **Уметь:** оценивать толщину льда, прозрачность и освещённость, режим течения (число Рейнольдса), параметры волн и время добегания примеси. **Владеть:** методами расчёта гидрофизических характеристик водных объектов; навыками интерпретации результатов измерений. | Устный опрос; тестирование; практические задания; РГЗ; рубежный контроль по модулям 4–6. **Разделы 4–6** |
| **ОПК-2 – способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественнонаучных и технических наук, учёта требований экологической и производственной безопасности** Этап 3 (модули 7–8): влагоперенос, перенос примесей, охрана вод | **Знать:** физические основы испарения, капиллярности и фильтрации; механизмы переноса примесей и самоочищения; гидрофизические факторы качества и охраны водных ресурсов. **Уметь:** рассчитывать потери воды на испарение, капиллярный подъём, фильтрационный расход, динамику концентрации примеси; оценивать воздействие на водные объекты. **Владеть:** навыками обоснования мер по охране и рациональному использованию водных ресурсов на основе гидрофизических расчётов. | Ситуационные задачи; РГЗ; тестирование; защита проекта; зачёт с оценкой. **Разделы 7–8; все разделы** |

*Примечание. Перечень дополнительных компетенций и индикаторов их достижения, закреплённых за дисциплиной, приводится в соответствии с рабочей программой дисциплины (РПД).*

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

**Дисциплина:** «Гидрофизика»
**Направление подготовки:** 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», профиль «Комплексное использование и охрана водных ресурсов»
**Курс/семестр:** 3/5
**Объём аудиторной работы:** 2 ЗЕТ (72 ч): лекции — 16 ч; практические занятия — 16 ч; самостоятельная работа — 40 ч
**Группа:** КИОВР-1-24
**Форма промежуточной аттестации:** зачёт с оценкой

| Название модулей дисциплины (по разделам РПД) | Вид контроля | Форма контроля | Мин | Макс | График контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| **Модуль 1. Физические свойства воды**<br>— Предмет и задачи гидрофизики; связь с гидрологией и водным хозяйством.<br>— Строение молекулы воды, агрегатные состояния, аномалия плотности (максимум при 4 °C).<br>— Вязкость, сжимаемость, поверхностное натяжение, теплоёмкость, теплопроводность. | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). За каждое пропущенное и не отработанное занятие снимается 0,5 балла. | 2 | 4 | 1–2 недели |
| | Рубежный контроль | Тестирование | 3 | 6 | 2 неделя |
| **Модуль 2. Физические свойства природных вод**<br>— Минерализация и солёность; влияние солей на плотность и температуру замерзания.<br>— Электропроводность, мутность, цвет, прозрачность природных вод.<br>— Растворимость газов, зависимость от температуры. | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). | 2 | 3 | 3–4 недели |
| | Рубежный контроль | Практическая работа (определение физических характеристик воды) | 3 | 5 | 4 неделя |
| **Модуль 3. Тепловой режим водных объектов**<br>— Радиационный и тепловой | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). | 2 | 4 | 5–6 недели |

| Название модулей дисциплины (по разделам РПД) | Вид контроля | Форма контроля | Мин | Макс | График контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| баланс водной поверхности.<br>— Температура воды рек, озёр и водохранилищ; суточный и годовой ход.<br>— Температурная стратификация озёр: термоклин, гомотермия, прямая и обратная стратификация. | Рубежный контроль | Расчётно-графическое задание (РГЗ 1) — тепловой баланс водоёма | 3 | 6 | 6 неделя |
| **Модуль 4.**<br>**Ледовый режим**<br>— Условия ледообразования; виды льда: шуга, сало, донный лёд, ледяной покров.<br>— Нарастание и таяние льда; формула Стефана.<br>— Ледоход, заторы и зажоры; влияние ледовых явлений на водозаборы и гидротехнические сооружения. | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). | 2 | 3 | 7–8 недели |
| | Рубежный контроль | Тестирование | 3 | 5 | 8 неделя |
| **Модуль 5.**<br>**Оптические и акустические свойства воды**<br>— Поглощение и рассеяние света; закон Бугера – Ламберта.<br>— Прозрачность, диск Секки, фотическая зона.<br>— Скорость звука в воде; принцип работы эхолота и гидроакустических приборов. | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). | 2 | 3 | 9–10 недели |
| | Рубежный контроль | Практическая работа (оптика и акустика водной среды) | 3 | 5 | 10 неделя |
| **Модуль 6.**<br>**Динамика водных масс**<br>— Ламинарный и турбулентный режимы; число Рейнольдса.<br>— Турбулентный обмен и перемешивание; перенос тепла и примесей.<br>— Течения (ветровые, градиентные, плотностные) и волны. | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). | 2 | 4 | 11–12 недели |
| | Рубежный контроль | Расчётно-графическое задание (РГЗ 2) — режим течения и перенос примеси | 3 | 6 | 12 неделя |
| **Модуль 7.**<br>**Испарение и влагоперенос**<br>— Физика испарения; потери воды с поверхности водоёмов и водохранилищ.<br>— Капиллярность, влагоёмкость и влагоперенос в почвогрунтах.<br>— Фильтрация воды; закон Дарси. | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). | 2 | 3 | 13–14 недели |
| | Рубежный контроль | Расчётно-графическое задание (РГЗ 3) — испарение и фильтрация | 3 | 5 | 14 неделя |

| Название модулей дисциплины (по разделам РПД) | Вид контроля | Форма контроля | Мин | Макс | График контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| **Модуль 8. Гидрофизические основы охраны водных ресурсов**<br>— Перенос и разбавление загрязняющих веществ; самоочищение водных объектов.<br>— Термическое загрязнение, влияние температуры и стратификации на качество воды.<br>— Гидрофизический мониторинг: приборы и методы; рациональное использование водных ресурсов. | Текущий контроль | Фронтальный опрос, ситуационные задания, активность на практических занятиях (0,5 балла за занятие). | 2 | 3 | 15–16 недели |
| | Рубежный контроль | Тестирование, ответы на контрольные вопросы | 3 | 5 | 16 неделя |
| **Итого за семестр** | | | **40** | **70** | |
| **Промежуточный контроль (зачёт с оценкой)** | | Устный ответ по билету (3 вопроса) | 20 | 30 | сессия |
| **Семестровый рейтинг** | | | **60** | **100** | |

## Примечания:

1. Минимальный порог допуска к зачёту с оценкой — 40 баллов по итогам текущего и рубежного контроля; минимальный семестровый рейтинг для положительной оценки — 60 баллов (в соответствии с Положением о ФОС КРСУ).
2. За каждое пропущенное без уважительной причины и не отработанное занятие снимается 0,5 балла.
3. За активное участие в обсуждении, предложение оригинальных решений начисляется до +0,5 балла за занятие (максимум +3 балла за модуль, но не выше максимального балла по модулю).
4. Студенты, набравшие менее 40 баллов по текущему и рубежному контролю, направляются на отработку заданий перед допуском к зачёту.

## 3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА)

### Блок А

### 1. Теоретические вопросы (проверка знания основ)

*Модуль 1*

1. Что изучает гидрофизика? Какова её связь с гидрологией, гидравликой и водным хозяйством?
2. Опишите строение молекулы воды и роль водородных связей в формировании свойств воды.
3. В чём заключается аномалия плотности воды? Почему лёд плавает, а водоёмы промерзают не до дна?
4. Что такое динамическая и кинематическая вязкость? Как они зависят от температуры?
5. Что такое поверхностное натяжение воды? Где оно проявляется в природных процессах?
6. Почему вода обладает аномально высокой теплоёмкостью и каково значение этого для водных объектов?
7. Каковы значения теплоты плавления и теплоты парообразования воды? Что они означают для водных объектов?

*Модуль 2*

8. Что такое минерализация и солёность природных вод? В каких единицах их выражают?
9. Как соленость влияет на плотность воды, температуру замерзания и температуру наибольшей плотности?
10. Что такое электропроводность воды и как по ней оценивают минерализацию?
11. Что такое мутность и цвет воды? Чем они обусловлены и как измеряются?
12. Как температура и давление влияют на растворимость газов (кислорода) в воде?

*Модуль 3*

13. Из каких составляющих складывается тепловой баланс водной поверхности?
14. Что такое радиационный баланс водоёма? Как поглощается солнечная радиация в воде?

15. Чем определяется температура воды в реках, озёрах и водохранилищах? Опишите суточный и годовой ход температуры.
16. Что такое температурная стратификация озера? Дайте определения термоклина и гомотермии.
17. Чем отличаются прямая и обратная температурная стратификация? В какие сезоны они наблюдаются?
18. Что такое термическая инерция водоёма и как она влияет на климат прибрежных территорий?

*Модуль 4*

19. При каких условиях образуется ледяной покров? Назовите виды льда (шуга, сало, донный лёд, ледяной покров).
20. Как нарастает толщина льда? Запишите формулу Стефана и поясните входящие величины.
21. Каковы причины и последствия образования заторов и зажоров?
22. Как ледовые явления влияют на работу водозаборов, гидроузлов и других сооружений?
23. Как влияют снежный покров и температура воздуха на скорость нарастания льда?
24. Какие меры применяют для борьбы с ледовыми затруднениями?

*Модуль 5*

25. Как происходит ослабление света в воде? Запишите закон Бугера – Ламберта.
26. Что такое прозрачность воды? Как её измеряют диском Секки?
27. Что такое фотическая зона и от чего зависит её глубина?
28. Чем определяется цвет воды в водоёмах?
29. С какой скоростью распространяется звук в воде и от чего она зависит?
30. Как работает эхолот? Как по времени прохождения сигнала определить глубину?

*Модуль 6*

31. Чем ламинарный режим движения воды отличается от турбулентного?
32. Что такое число Рейнольдса и каковы его критические значения?
33. Что такое турбулентный обмен? Как он влияет на перенос тепла, примесей и наносов?
34. Какие бывают течения в водоёмах (ветровые, градиентные, плотностные, сточные) и чем они вызваны?

35. Что такое плотностные течения и где они встречаются (устья рек, водохранилища)?
36. Как образуются и классифицируются волны на воде? Что такое длина, период и высота волны?

*Модуль 7*

37. В чём заключается физика испарения? От каких факторов зависит испарение с водной поверхности?
38. Как определяют потери воды на испарение с водохранилищ и какие меры их снижают?
39. Что такое капиллярность? От чего зависит высота капиллярного подъёма?
40. Что такое полная и наименьшая (полевая) влагоёмкость почвогрунта?
41. Сформулируйте закон Дарси. Что такое коэффициент фильтрации и гидравлический уклон?

*Модуль 8*

42. Как происходят перенос и разбавление примесей в водотоках и водоёмах (адвекция, диффузия, дисперсия)?
43. Что такое самоочищение водных объектов? Какие процессы в нём участвуют?
44. Что такое термическое загрязнение? Каковы его последствия для экосистем?
45. Как температура и стратификация влияют на качество воды и режим растворённого кислорода?
46. Какие приборы и методы применяют для гидрофизического мониторинга водных объектов?

**2. Практические задания (умение применять знания)**

1. Масса ледяной глыбы объёмом 2 м³ равна 1834 кг (плотность льда 917 кг/м³). Какой объём воды образуется при её таянии (плотность воды 1000 кг/м³)? На сколько процентов уменьшается объём?
2. В трубе диаметром $d = 0{,}1$ м вода ($\nu = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ м²/с) движется со скоростью $v = 0{,}02$ м/с. Определите число Рейнольдса и режим движения ($Re_{кр} = 2300$).
3. В канале средняя скорость течения $v = 0{,}5$ м/с, гидравлический радиус $R = 1{,}0$ м, $\nu = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Определите число Рейнольдса $Re = vR/\nu$ и режим движения (для открытых русел $Re_{кр} \approx 500$).

4. Кинематическая вязкость воды при 0 °C равна $1{,}79 \cdot 10^{-6}$ м²/с, при 20 °C — $1{,}00 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Во сколько раз изменяется вязкость при нагревании и как это сказывается на режиме течения?
5. В 2 кг морской воды растворено 70 г солей. Определите солёность воды в промилле и сравните со средней солёностью Мирового океана (около 35 ‰).
6. Сколько теплоты необходимо для нагревания 1 м³ воды на 5 °C (удельная теплоёмкость воды 4,19 кДж/(кг·К), плотность 1000 кг/м³)? Выразите результат в МДж.
7. Определите теоретическую толщину льда при сумме градусо-суток мороза $\Sigma\theta = 100$ °C·сут по формуле Стефана $h = \sqrt{(2\lambda\Sigma\theta/(\rho л \cdot L))}$; $\lambda = 2{,}2$ Вт/(м·К), $\rho л = 917$ кг/м³, $L = 3{,}34 \cdot 10^5$ Дж/кг.
8. Показатель ослабления света в воде $k = 0{,}5$ м⁻¹. Определите долю поверхностной освещённости на глубине 10 м и глубину фотической зоны (до 1 % от поверхностной освещённости).
9. По диску Секки прозрачность воды $zS = 2$ м. Оцените показатель ослабления света по формуле $k \approx 1{,}7 / zS$.
10. Эхолот зафиксировал отражённый от дна сигнал через 0,04 с после излучения. Определите глубину, приняв скорость звука в воде 1480 м/с.
11. Средний поток тепла, затрачиваемый на испарение, составляет 150 Вт/м². Определите суточный слой испарения (теплота парообразования $L = 2{,}45 \cdot 10^6$ Дж/кг) и объём потерь с водохранилища площадью 2 км² при слое испарения 5 мм/сут.
12. Определите высоту капиллярного подъёма воды в тонком капилляре радиусом 0,1 мм ($\sigma = 0{,}073$ Н/м, $\cos\theta = 1$, $g = 9{,}81$ м/с²).
13. Определите фильтрационный расход через сечение площадью 500 м², если коэффициент фильтрации $k = 2$ м/сут, а гидравлический уклон $I = 0{,}01$.
14. Концентрация загрязняющего вещества в водоёме $C0 = 10$ мг/л, константа самоочищения $k = 0{,}1$ сут⁻¹. Определите концентрацию через 7 суток ($C = C0 \cdot e^{(-kt)}$).
15. Сколько времени потребуется примеси, чтобы пройти 10 км по реке при средней скорости течения 0,4 м/с?
16. Определите длину и скорость волны на глубокой воде при периоде $T = 4$ с ($\lambda = gT^2/2\pi$).

**3. Задания на анализ и оценку (владение методами)**

1. По данным температуры воды озера на разных глубинах определите тип стратификации, положение термоклина и устойчивость водной толщи.
2. Предприятие сбрасывает подогретые воды в реку. Оцените возможные последствия для температурного и кислородного режима и предложите меры снижения воздействия.
3. На водозаборе зимой образуется шуга. Назовите гидрофизические причины, оцените риски и предложите меры защиты.
4. Повышенная мутность воды в водохранилище после паводка. Как изменятся прозрачность, фотическая зона, температура и кислородный режим?
5. Проанализируйте влияние минерализации и температуры на плотностную стратификацию в устьевом участке реки.
6. Оцените потери воды на испарение с водохранилища в жаркий период и предложите способы их сокращения.
7. Аварийный сброс загрязнителя в реку: оцените время добегания, основные механизмы переноса и разбавления, предложите план действий.
8. Сопоставьте два способа оценки гидрофизических параметров (лабораторный и натурный), определите ограничения каждого и предложите способ контроля результата.

## Блок В

### I. Тестовые вопросы по дисциплине:

*Правильный вариант отмечен знаком «✓». Для тестирования студентам выдаются варианты без отметок.*

1. Максимальную плотность чистая пресная вода имеет при температуре:
   A) 0 °C
   B) 4 °C ✓
   C) 10 °C
2. Лёд плавает на поверхности воды, потому что:
   A) плотность льда меньше плотности воды ✓
   B) лёд состоит из других молекул
   C) вода при замерзании сжимается

3. При повышении температуры вязкость воды:
   A) увеличивается
   B) не меняется
   C) уменьшается ✓
4. Единицей кинематической вязкости в СИ служит:
   A) Па·с
   B) м²/с ✓
   C) кг/м³
5. Удельная теплоёмкость воды составляет около:
   A) 4,19 кДж/(кг·К) ✓
   B) 0,24 кДж/(кг·К)
   C) 1,0 Дж/(кг·К)
6. Число Рейнольдса характеризует соотношение:
   A) давления и температуры
   B) плотности и солёности
   C) сил инерции и сил вязкого трения ✓
7. Критическое значение числа Рейнольдса для течения в круглой трубе составляет около:
   A) 23
   B) 2300 ✓
   C) 230 000
8. Солёность морской воды выражают:
   A) в промилле (‰) ✓
   B) в градусах Цельсия
   C) в метрах
9. С ростом солёности температура замерзания воды:
   A) повышается
   B) не изменяется
   C) понижается ✓
10. Термоклин — это слой воды:
    A) с наибольшей скоростью течения
    B) с резким изменением температуры по глубине ✓
    C) с наибольшей мутностью

11. Гомотермия озера — состояние, при котором:
    A) температура примерно одинакова по всей глубине ✓
    B) вода покрыта льдом
    C) вода имеет наибольшую солёность
12. Обратная температурная стратификация озера наблюдается:
    A) летом в жару
    B) только в океане
    C) зимой подо льдом ✓
13. Основным источником тепла для водных объектов служит:
    A) поглощённая солнечная радиация ✓
    B) тепло из недр земли
    C) трение воды о берега
14. Теплота парообразования воды при 20 °C составляет около:
    A) 334 кДж/кг
    B) 2,45 МДж/кг ✓
    C) 4,19 Дж/кг
15. Испарение воды с поверхности водоёма приводит к:
    A) нагреванию воды
    B) росту солёности воздуха
    C) охлаждению водной поверхности ✓
16. Шуга — это:
    A) ледяной покров толщиной более метра
    B) рыхлая масса внутриводного льда ✓
    C) снег на льду
17. Затор льда образуется:
    A) при ледоходе вследствие скопления льдин ✓
    B) только в озёрах
    C) при таянии снега на берегу
18. Закон ослабления света в воде (Бугера – Ламберта) имеет вид:
    A) $I = I_0 + kz$
    B) $I = k / z$
    C) $I = I_0 \cdot e^{(-kz)}$ ✓

19. Прозрачность воды в водоёмах измеряют:
    A) барометром
    B) диском Секки ✓
    C) термометром-психрометром
20. Фотической зоной называют слой воды:
    A) в котором достаточно света для фотосинтеза ✓
    B) с температурой 4 °C
    C) в котором скорость течения максимальна
21. Скорость звука в воде примерно равна:
    A) 340 м/с
    B) 1500 м/с ✓
    C) 15 м/с
22. Турбулентное перемешивание по сравнению с молекулярной диффузией:
    A) происходит гораздо медленнее
    B) не влияет на перенос примесей
    C) значительно интенсивнее переносит тепло и примеси ✓
23. Ветровые течения вызываются:
    A) трением ветра о поверхность воды ✓
    B) притяжением Луны
    C) таянием льда на дне
24. Плотностные течения возникают из-за:
    A) вращения Земли только
    B) работы насосов
    C) различий плотности воды (температуры, солёности, мутности) ✓
25. Высота капиллярного подъёма воды тем больше, чем:
    A) больше радиус капилляра
    B) меньше радиус капилляра ✓
    C) выше температура воздуха
26. Закон Дарси для фильтрации записывается как:
    A) $v = k \cdot I$ ✓
    B) $v = I / k$
    C) $v = k + I$

27. Наименьшая (полевая) влагоёмкость — это количество воды, которое:
    A) уходит с поверхности при испарении
    B) находится в реке
    C) удерживает грунт после стекания гравитационной воды ✓
28. С повышением температуры воды растворимость кислорода:
    A) увеличивается
    B) уменьшается ✓
    C) не изменяется
29. К процессам самоочищения водоёма относят:
    A) разбавление, седиментацию, окисление и биохимическое разложение ✓
    B) только нагревание воды
    C) только испарение
30. Термическое загрязнение водных объектов связано со сбросом:
    A) поверхностно-активных веществ
    B) подогретых вод (ТЭС, АЭС) ✓
    C) твёрдых бытовых отходов

**II. Промежуточная аттестация (тесты, контрольные работы, защита заданий)**

**1. Тестовые вопросы (могут быть комбинированными)**

Множественный выбор: виды льда, виды течений, факторы, влияющие на испарение.

Соответствие: термины и определения (например, «термоклин – слой скачка температуры», «гомотермия – одинаковая температура по глубине»).

Короткие ответы: «Назовите три аномальных свойства воды», «Назовите три вида ледовых явлений на реках».

**2. Контрольная работа / практикум**

1. Расчёт физических характеристик воды (плотность, вязкость, солёность, число Рейнольдса) по индивидуальному варианту исходных данных.
2. Расчёт теплового баланса и толщины льда по данным метеорологических наблюдений.
3. Расчёт ослабления света в воде, времени добегания и самоочищения (по индивидуальному варианту).

## Блок С

**3. Проект / мини-защита**

1. Оценка теплового режима и рисков ледовых явлений на участке водозабора: расчёт и защита.
2. Оценка потерь воды на испарение с водохранилища и обоснование мер по их снижению.
3. Прогноз распространения аварийного сброса загрязняющего вещества на участке реки (время добегания, разбавление, самоочищение).
4. Презентация (5–7 слайдов): гидрофизические факторы качества воды в озере (стратификация, прозрачность, кислородный режим).

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ И УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИДРОФИЗИКА»

*(самостоятельная работа обучающегося; тема согласовывается с преподавателем)*

**I. Теоретические темы**

1. Аномалии физических свойств воды и их роль в природе.
2. Физические основы теплового режима рек, озёр и водохранилищ.
3. Ледовый режим рек и водохранилищ: образование, развитие, разрушение льда.
4. Оптические свойства природных вод и методы измерения прозрачности.
5. Турбулентность в водных потоках и её роль в переносе примесей.

**II. Практические и расчётные темы**

1. Расчёт теплового баланса малого водоёма.
2. Расчёт нарастания толщины льда по данным температуры воздуха.
3. Оценка глубины фотической зоны по прозрачности воды.
4. Расчёт потерь на испарение с водной поверхности.
5. Расчёт времени добегания и разбавления примеси на участке реки.

**III. Прикладные темы водохозяйственного направления**

1. Ледовые явления и защита гидротехнических сооружений и водозаборов.
2. Температурная стратификация водохранилищ и качество воды.
3. Влияние термического загрязнения на водные экосистемы.
4. Самоочищение водотоков и его оценка.
5. Гидрофизический мониторинг водных объектов: приборы и методы.

**IV. Комплексные и исследовательские темы**

1. Гидрофизические особенности водных объектов Кыргызстана (на примере горных рек и озёр).
2. Озеро Иссык-Куль: термический, ледовый и оптический режимы.
3. Влияние климатических изменений на ледовый и тепловой режим водных объектов.
4. Сравнительный анализ методов оценки испарения с водной поверхности.
5. Гидрофизические основы рационального использования и охраны водных ресурсов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИДРОФИЗИКА»

**I. Текущий контроль (16–27 баллов; до 27 % семестрового рейтинга)**

**1. Устный опрос и тестирование**

— проверка теоретических знаний: основные понятия, термины, физические свойства воды и закономерности гидрофизических процессов;

— формат: вопросы с кратким ответом, тесты с выбором правильного ответа.

**Примеры заданий:**

— Что такое водоцементное отношение?

— Назовите три основных физических свойства воды, отличающих её от других жидкостей.

— В чём различие между ламинарным и турбулентным режимами движения воды?

**2. Практические задания**

— выполнение расчётов, оформление результатов лабораторных и практических работ.

**Примеры заданий:**

— Расчёт числа Рейнольдса и определение режима течения.

— Определение солёности и плотности воды по данным измерений.

— Расчёт толщины льда по формуле Стефана.

**II. Рубежный контроль (24–43 балла; до 43 % семестрового рейтинга)**

**1. Контрольная работа / практикум / РГЗ**

— РГЗ 1 — тепловой баланс водоёма;

— РГЗ 2 — режим течения и перенос примеси;

— РГЗ 3 — испарение, капиллярность и фильтрация.

**2. Тестирование**

— тестовые задания с выбором правильного ответа (A/B/C);

— оценка теоретических знаний и понимания практических методов.

**III. Промежуточная аттестация — зачёт с оценкой (20–30 баллов; до 30 % семестрового рейтинга)**

— устный ответ по билету из трёх вопросов (знать – уметь – владеть);

— вопросы охватывают все модули дисциплины: теорию, практику, анализ данных.

**Формат билета:**

— 1-й вопрос (ЗНАТЬ) — теоретический, 40 % баллов за билет;

— 2-й вопрос (УМЕТЬ) — практическая задача (расчёт), 40 % баллов;

— 3-й вопрос (ВЛАДЕТЬ) — ситуационное задание, 20 % баллов.

**Распределение баллов семестрового рейтинга**

| ФОРМА КОНТРОЛЯ | Мин | Макс | ВЕС В ИТОГОВОЙ ОЦЕНКЕ, % |
|---|---|---|---|
| **Текущий контроль (опрос, практические задания, активность)** | 16 | 27 | 27 |
| **Рубежный контроль (тестирование, РГЗ 1–3)** | 24 | 43 | 43 |
| **Зачёт с оценкой (устный ответ по билету)** | 20 | 30 | 30 |
| **Итого** | 60 | 100 | 100 |

## Блок Д

## Перечень видов оценочных средств по дисциплине «Гидрофизика»

**I. Теоретические знания («знать»)**

— Устный опрос — проверка понимания основных понятий, терминов и физических свойств воды.

— Тесты с выбором ответа (A/B/C) — объективная проверка знаний.

— Короткие письменные ответы — объяснение определений, краткие формулировки.

— Рефераты и мини-сочинения — краткое изложение темы, например «Аномалии физических свойств воды».

**II. Практические умения («уметь»)**

— Выполнение расчётных заданий:

  — определение плотности, вязкости, солёности воды;

  — расчёт теплового баланса и толщины льда;

  — расчёт числа Рейнольдса и режима течения;

- расчёт ослабления света, глубины фотической зоны и глубины по эхолоту;
- расчёт потерь на испарение, капиллярного подъёма и фильтрационного расхода.

— Решение практических кейсов — анализ причин ледовых затруднений, оценка последствий сброса подогретых вод, оценка потерь на испарение.

**III. Владение методами и прикладными навыками («владеть»)**

— Расчётно-графические задания (РГЗ) и проект — комплексная оценка, расчёт и обоснование решения.

— Лабораторные и практические работы — определение физических характеристик воды, оформление протокола.

— Мини-проекты — разработка рекомендаций по снижению гидрофизических рисков для водозаборов и водохранилищ.

— Защита проектов и презентаций — оценка умения систематизировать информацию и делать выводы.

**IV. Промежуточная и итоговая аттестация**

— Контрольная работа / практикум — проверка комплексных знаний и практических навыков.

— Зачёт с оценкой — сочетание теоретического вопроса, практической задачи и ситуационного задания.

— Тестирование на компьютере — удобная форма для оценки большого объёма знаний.

**V. Дополнительные оценочные средства**

— Тематические опросники и анкеты — для проверки понимания конкретной темы.

— Оценка активности на практических занятиях — участие в обсуждениях, выполнение заданий на занятии.

— Домашние задания и мини-отчёты — закрепление материала и формирование навыков работы с данными.

**Пример построения билета промежуточной аттестации (зачёт с оценкой):**

**ЗАЧЁТНЫЙ БИЛЕТ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ № 1**

**1. Вопрос для проверки уровня обученности ЗНАТЬ:** классификация течений в водоёмах; турбулентный обмен и его роль в переносе примесей.

**2. Задача для проверки уровня обученности УМЕТЬ:** определить режим движения воды в канале по данным: v = 0,5 м/с, R = 1,0 м, ν = $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ м²/с; сделать вывод о характере переноса примесей.

**3. Задание для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ:** на участке реки произошёл аварийный сброс загрязнителя; оценить время добегания до водозабора на расстоянии 10 км при скорости течения 0,4 м/с, назвать процессы переноса и самоочищения и предложить план мероприятий.

## 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

## ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ
## ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

### 1. Общие положения

Оценивание результатов освоения дисциплины осуществляется в соответствии с:

- требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование»;
- рабочей программой дисциплины (РПД);
- фондом оценочных средств (ФОС).

Оценка направлена на проверку сформированности компетенции ОПК-2 по уровням:

- **ЗНАТЬ** (теоретическая подготовка);
- **УМЕТЬ** (применение знаний при решении профессиональных задач);
- **ВЛАДЕТЬ** (практические навыки и опыт профессиональной деятельности).

### 1.2. Этапы формирования компетенций

| Этап формирования | Контролируемый уровень | Формы контроля |
|---|---|---|
| **Текущий контроль** | ЗНАТЬ | устный опрос, тестирование, коллоквиум |
| **Практический контроль** | УМЕТЬ | практические задания, лабораторные работы |
| **Рубежный контроль** | УМЕТЬ, ВЛАДЕТЬ | расчётно-графические задания (РГЗ), ситуационные задачи, тестирование |
| **Промежуточная аттестация** | интегральный уровень | зачёт с оценкой |

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

### 2.1. Показатели оценивания

**Уровень «ЗНАТЬ»**

- полнота и системность знаний о физических свойствах воды и гидрофизических процессах в водных объектах;
- корректность терминологии (плотность, вязкость, солёность, термоклин, число Рейнольдса, фотическая зона и др.);
- знание нормативной и справочной базы (ГОСТ, методические указания по гидрометрии и гидрохимии);
- понимание причинно-следственных связей между физическими свойствами воды и режимом водных объектов.

**Уровень «УМЕТЬ»**

- способность определять физические характеристики воды по результатам измерений;
- умение выбирать метод и расчётную схему;
- корректность расчётов и единиц измерения;
- обоснованность выводов о режиме и состоянии водного объекта.

**Уровень «ВЛАДЕТЬ»**

- самостоятельное выполнение профессионального задания (РГЗ, проект);
- владение методами расчёта гидрофизических характеристик, работой с нормативной и справочной документацией;
- навыки обоснования мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов;
- аргументированность выводов и оценка рисков.

### 2.2. Критерии оценивания

**Оценка «отлично»**

- знания системные и глубокие;
- расчёты выполнены без ошибок;
- выводы обоснованы;
- продемонстрировано владение методами гидрофизических расчётов.

**Оценка «хорошо»**

- материал усвоен в полном объёме;
- допущены незначительные неточности;
- расчёты корректны, допущены единичные погрешности;
- выводы логичны.

**Оценка «удовлетворительно»**

— знания фрагментарны;
— имеются ошибки в расчётах;
— выводы недостаточно обоснованы;
— частичное владение методами.

**Оценка «неудовлетворительно»**

— отсутствует понимание ключевых понятий;
— допущены грубые ошибки в расчётах;
— не выбран метод решения задачи;
— отсутствуют выводы.

## 3. Описание шкал оценивания

### 3.1. Традиционная шкала

| Баллы | Оценка |
|---|---|
| **86–100** | отлично |
| **71–85** | хорошо |
| **56–70** | удовлетворительно |
| **менее 56** | неудовлетворительно |

## 4. Шкала оценивания практических заданий

(рубежный контроль — уровень «УМЕТЬ»). Максимальный балл — 100.

| Критерии | Баллы |
|---|---|
| **Понимание условия и выбор метода** | 0–20 |
| **Правильность выполнения и расчётов** | 0–30 |
| **Полнота и последовательность** | 0–20 |
| **Интерпретация результата** | 0–20 |
| **Оформление и вывод** | 0–10 |

**Интерпретация:**

— 86–100 баллов — высокий уровень сформированности умений;
— 71–85 — достаточный уровень;
— 56–70 — пороговый уровень;
— менее 56 — уровень не сформирован.

## 5. Шкала оценивания расчётно-графических заданий (РГЗ)

(рубежный контроль — уровни «УМЕТЬ» и «ВЛАДЕТЬ»). Максимальный балл — 100.

| Критерии | Баллы |
|---|---|
| **Правильность выбора расчётной схемы и исходных данных** | 0–20 |
| **Полнота и правильность расчётов** | 0–30 |
| **Использование нормативной и справочной документации** | 0–15 |

| Критерии | Баллы |
|---|---|
| **Графическое представление результатов** | 0–15 |
| **Интерпретация результатов и выводы** | 0–20 |

**Дополнительные требования:**

- обязательное обоснование принятых допущений;
- ссылки на нормативные документы и источники данных;
- корректное оформление формул, таблиц и схем.

**6. Порядок проведения промежуточного контроля**

- Студент получает индивидуальное задание (вариант исходных данных).
- Выполняет расчётно-графическую работу в установленный срок.
- Представляет работу на защиту.
- **Защита включает:**
  - пояснение алгоритма расчёта;
  - обоснование выбора метода и принятых допущений;
  - ответы на вопросы преподавателя.

Итоговая оценка формируется как сумма баллов за письменную работу и защиту.

**ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ УСТНОГО ОПРОСА (текущий контроль и зачёт — уровень «ЗНАТЬ»)**

При оценке устных ответов на проверку уровня обученности ЗНАТЬ учитываются следующие критерии:

1. Знание основных понятий, свойств и закономерностей предметной области; глубина и полнота раскрытия вопроса.
2. Владение терминологическим аппаратом и использование его при ответе.
3. Умение объяснять сущность явлений и процессов (испарение, теплообмен, ледообразование, перемешивание, фильтрация), делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы.
4. Владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение отвечать на поставленные вопросы.

Отметкой (16–20 баллов) оценивается ответ, который показывает прочные знания основных понятий, физических свойств воды и закономерностей гидрофизических процессов; логичность и последовательность ответа.

Отметкой (10–15 баллов) оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных понятий и закономерностей, логичность и последовательность ответа; допускаются одна-две неточности.

Отметкой (5–9 баллов) оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании материала; допускается несколько ошибок в содержании ответа.

Отметкой (1–4 балла) оценивается ответ, обнаруживающий незнание основных понятий и закономерностей, неумение давать аргументированные ответы, слабое владение монологической речью, отсутствие логичности и последовательности; допускаются серьёзные ошибки в содержании ответа.

## ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАДАНИЙ (текущий контроль — «УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ»)

Отметкой (8–10 баллов) оценивается работа, в которой студент самостоятельно и правильно выполнил расчёт или испытание, обосновал выбор метода и исходных данных, сделал обоснованный вывод; демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены.

Отметкой (4–7 баллов) оценивается работа, в которой студент в целом справился с заданием, но допустил неточности в расчётах, оформлении или обосновании. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.

Отметкой (1–3 балла) оценивается работа, в которой студент демонстрирует частичное или небольшое понимание проблемы. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.

Отметкой (0 баллов) оценивается работа, в которой студент демонстрирует непонимание проблемы или ответ отсутствует.

## ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

| Доля правильных ответов | Оценка |
|---|---|
| **86–100 %** | отлично |
| **71–85 %** | хорошо |
| **56–70 %** | удовлетворительно |
| **менее 56 %** | неудовлетворительно |

*Баллы за тест выставляются пропорционально доле правильных ответов в пределах диапазона «мин–макс» соответствующего рубежного контроля.*

## ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕФЕРАТА

**«85–100 %»**

- глубокое и прочное усвоение материала темы или раздела;
- полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы;
- демонстрация знаний в объёме пройденной программы и дополнительно рекомендованной литературы;
- воспроизведение учебного материала с требуемой степенью точности.

**«75–84 %»**

- наличие несущественных ошибок, уверенно исправляемых обучающимся после дополнительных и наводящих вопросов;
- демонстрация знаний в объёме пройденной программы;
- чёткое изложение учебного материала.

**«60–74 %»**

- наличие несущественных ошибок в ответе, не исправляемых обучающимся;
- демонстрация недостаточно полных знаний по пройденной программе;
- неструктурированное, нестройное изложение учебного материала при ответе.

**«менее 60 %»**

- незнание материала темы или раздела;
- при ответе возникают серьёзные ошибки.

# 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

## 1. Общие положения

Дисциплина «Гидрофизика» направлена на формирование у обучающихся системного понимания физических свойств воды и физических процессов в водных объектах (тепловых, ледовых, оптических, динамических), а также навыков количественной оценки этих процессов при решении задач охраны и рационального использования водных ресурсов.

Освоение дисциплины предполагает:

- изучение физических основ свойств воды и процессов в водных объектах;
- освоение методов расчёта и измерения гидрофизических характеристик;
- выполнение практических и расчётно-графических заданий;
- анализ режима реальных водных объектов по данным наблюдений;
- самостоятельную аналитическую работу.

## 2. Рекомендации по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающегося (40 часов) включает:

- изучение лекционного материала;
- проработку справочной и нормативной литературы;
- подготовку к практическим занятиям;
- выполнение расчётно-графических заданий;
- подготовку реферата или проекта;
- подготовку к промежуточной аттестации.

Рекомендуется:

- вести конспект с выделением ключевых определений и формул;
- формировать глоссарий терминов (плотность, вязкость, солёность, термоклин, число Рейнольдса, фотическая зона, самоочищение и др.);
- анализировать реальные данные наблюдений за температурой, ледовым режимом и прозрачностью водных объектов Кыргызстана;
- использовать научные статьи и данные гидрометеорологической службы.

## 3. Методические указания по подготовке к текущему контролю (уровень «ЗНАТЬ»)

При подготовке к опросам и тестированию необходимо:

- знать определения базовых понятий и физических свойств воды;
- уметь объяснять механизмы процессов (теплообмен, ледообразование, перемешивание, испарение);

— помнить характерные числовые значения (плотность, теплоёмкость, скорость звука, критическое число Рейнольдса);
— ориентироваться в единицах измерения.

Ответ должен быть:

— логичным;
— структурированным;
— с использованием профессиональной терминологии.

## 4. Методические указания по выполнению практических заданий (уровень «УМЕТЬ»)

При выполнении практических работ обучающийся должен:

— проанализировать исходные данные;
— записать расчётные формулы и пояснить обозначения;
— перевести все величины в единую систему единиц (СИ);
— выполнить расчёт, соблюдая единицы измерения;
— сопоставить результат с характерными значениями и сделать обоснованный вывод.

Особое внимание следует уделять:

— корректности расчётов и единиц измерения (с, сут, °C, К, м²/с);
— аргументированности выбора метода;
— физическому смыслу полученного результата;
— логичности выводов.

## 5. Методические указания по выполнению расчётно-графических заданий (уровни «УМЕТЬ» и «ВЛАДЕТЬ»)

Расчётно-графическое задание (РГЗ) включает:

— постановку задачи;
— выбор расчётной схемы и метода;
— выполнение расчётов на основе исходных данных;
— построение графиков (профили температуры, кривая ослабления света, динамика концентрации и др.);
— интерпретацию результатов.

**Требования к структуре РГЗ:**

— титульный лист;
— исходные данные;
— теоретическое обоснование метода;
— расчётная часть;
— графическая часть;

— выводы;
— список использованных источников.

**При защите РГЗ необходимо:**

— пояснить алгоритм решения;
— обосновать принятые допущения;
— ответить на вопросы преподавателя;
— аргументировать выводы.

## 6. Рекомендации по подготовке к зачёту с оценкой

Подготовка включает:

— повторение ключевых тем по всем модулям;
— систематизацию физических свойств воды и их зависимости от температуры и солёности;
— повторение расчётных алгоритмов (приложение № 1);
— проработку типовых ситуационных задач.

Рекомендуется составить:

— таблицы характерных значений физических величин (плотность, вязкость, теплоёмкость, скорость звука);
— схемы температурной стратификации озера в разные сезоны;
— краткие алгоритмы расчётов.

## 7. Типичные ошибки обучающихся

— путаница между динамической и кинематической вязкостью;
— неверный учёт единиц измерения (с и сут, °С и К, мм и м);
— использование диаметра вместо гидравлического радиуса (или наоборот) в числе Рейнольдса;
— неверная трактовка знака температуры и сумм градусо-суток мороза;
— формальные выводы без анализа причинно-следственных связей;
— ошибки в расчётах из-за некорректных допущений.

## 8. Рекомендации по повышению качества подготовки

Для формирования профессиональных компетенций рекомендуется:

— использовать справочные и нормативные базы, данные гидрометеорологических наблюдений, компоненты пакета Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint) для расчётов и оформления;
— изучать опыт эксплуатации водозаборов и водохранилищ в зимних и летних условиях;

— анализировать реальные ряды наблюдений за температурой и ледовым режимом;
— работать с современными научными публикациями.

**ПРИЛОЖЕНИЕ № 1**

# СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ И КЛЮЧ К ТЕСТАМ

Основные расчётные формулы и примеры решения типовых заданий из блока А. Расшифровка условных обозначений приведена после формул каждого раздела. Все величины подставляют в единицах СИ.

## 1. Физические свойства воды и режим течения

- Плотность: $\rho = m / V$.
- Кинематическая вязкость: $\nu = \mu / \rho$.
- Число Рейнольдса: $Re = v \cdot d / \nu$ (напорное течение в трубе); $Re = v \cdot R / \nu$ (открытое русло).
- Критические значения: для труб $Re_{кр} \approx 2300$; для открытых русел $Re_{кр} \approx 500$. При $Re < Re_{кр}$ режим ламинарный, при $Re > Re_{кр}$ — турбулентный.
- Солёность: $S = (m_c / m) \cdot 1000$ ‰.
- Количество теплоты при нагревании воды: $Q = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$.

**Обозначения:**

- **ρ** — плотность воды, кг/м³;
- **m** — масса, кг;
- **V** — объём, м³;
- **ν** — кинематическая вязкость, м²/с (для воды при 20 °C ≈ $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ м²/с);
- **μ** — динамическая вязкость, Па·с;
- **Re** — число Рейнольдса (безразмерное);
- **v** — средняя скорость течения, м/с;
- **d** — внутренний диаметр трубы, м;
- **R** — гидравлический радиус русла (площадь сечения / смоченный периметр), м;
- **$Re_{кр}$** — критическое число Рейнольдса;
- **S** — солёность, ‰ (промилле);
- **$m_c$** — масса растворённых солей, г;
- **Q** — количество теплоты, Дж (кДж, МДж);
- **c** — удельная теплоёмкость воды, 4190 Дж/(кг·К);
- **ΔT** — изменение температуры, К (°C).

**Пример 1.** Глыба льда $V = 2$ м³, $\rho_л = 917$ кг/м³; $\rho_в = 1000$ кг/м³. Решение: $m = 917 \cdot 2 = 1834$ кг; объём воды $V_в = 1834 / 1000 = 1{,}834$ м³; объём уменьшается на $(2 - 1{,}834) / 2 \cdot 100 = 8{,}3$ %.

**Пример 2.** d = 0,1 м, v = 0,02 м/с, ν = $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Решение: Re = 0,02·0,1 / $1{,}0 \cdot 10^{-6} = 2000 < 2300$ — режим ламинарный.

**Пример 3.** v = 0,5 м/с, R = 1,0 м, ν = $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Решение: Re = 0,5·1,0 / $1{,}0 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{5} > 500$ — режим турбулентный.

**Пример 4.** В m = 2000 г морской воды mc = 70 г солей. Решение: S = 70 / 2000·1000 = 35 ‰ — соответствует средней солёности Мирового океана.

**Пример 5.** V = 1 м³, ΔT = 5 К. Решение: Q = 4190·1000·1·5 = $2{,}095 \cdot 10^{7}$ Дж ≈ 20,9 МДж.

**2. Ледовый режим**

— Формула Стефана (теоретический верхний предел толщины льда): h = √( 2·λ·Σθ / (ρл·L) ).

**Обозначения:**

— **h** — толщина льда, м;
— **λ** — теплопроводность льда, Вт/(м·К) (≈ 2,2);
— **Σθ** — сумма градусо-суток мороза, К·с (1 °С·сут = 86 400 К·с);
— **ρл** — плотность льда, кг/м³ (≈ 917);
— **L** — удельная теплота плавления льда, Дж/кг (≈ $3{,}34 \cdot 10^{5}$).

**Пример 6.** Σθ = 100 °С·сут = 100·86 400 К·с; λ = 2,2; ρл = 917; L = $3{,}34 \cdot 10^{5}$. Решение: h = $\sqrt{(2 \cdot 2{,}2 \cdot 8{,}64 \cdot 10^{6} / (917 \cdot 3{,}34 \cdot 10^{5}))} \approx 0{,}35$ м. Реальная толщина обычно меньше из-за снежного покрова и притока тепла от воды.

**3. Оптические и акустические свойства**

— Закон Бугера – Ламберта: I = I₀·e^(−k·z); глубина фотической зоны (до 1 % от I₀): zф = ln(100) / k ≈ 4,6 / k.
— Оценка показателя ослабления по прозрачности: k ≈ 1,7 / zS.
— Глубина по эхолоту: H = c·t / 2.

**Обозначения:**

— **I** — освещённость на глубине z, лк (или Вт/м²);
— **I₀** — освещённость у поверхности воды;
— **k** — показатель ослабления света, $м^{-1}$;
— **z** — глубина, м;
— **zф** — глубина фотической зоны, м;
— **zS** — прозрачность по диску Секки, м;
— **H** — глубина, м;
— **c** — скорость звука в воде (≈ 1480–1500 м/с);
— **t** — время прохождения сигнала до дна и обратно, с;

— **e** — основание натуральных логарифмов (≈ 2,718).

**Пример 7.** k = 0,5 м⁻¹, z = 10 м. Решение: I / I₀ = e^(−0,5·10) = e^(−5) ≈ 0,0067 (0,67 %); zф = 4,6 / 0,5 ≈ 9,2 м.

**Пример 8.** zS = 2 м. Решение: k ≈ 1,7 / 2 = 0,85 м⁻¹.

**Пример 9.** t = 0,04 с, c = 1480 м/с. Решение: H = 1480·0,04 / 2 = 29,6 м.

**4. Испарение, капиллярность и фильтрация**

— Слой испарения по тепловому балансу: E = Qи / (ρ·Lи); объём потерь: W = E·F.

— Высота капиллярного подъёма: h = 2·σ·cosθ / (ρ·g·r).

— Закон Дарси: v = k·I; фильтрационный расход: Q = k·I·ω; гидравлический уклон: I = Δh / l.

**Обозначения:**

— **E** — слой испарения, м/сут;

— **Qи** — поток тепла, затрачиваемый на испарение, Вт/м² (Дж/(м²·сут) = Вт/м²·86 400);

— **Lи** — удельная теплота парообразования, Дж/кг (≈ 2,45·10⁶ при 20 °C);

— **W** — объём потерь воды, м³;

— **F** — площадь водной поверхности, м²;

— **h** — высота капиллярного подъёма, м;

— **σ** — поверхностное натяжение воды, Н/м (≈ 0,073);

— **θ** — краевой угол смачивания (для воды и чистых стенок cosθ ≈ 1);

— **g** — ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

— **r** — радиус капилляра, м;

— **v** — скорость фильтрации, м/сут;

— **k** — коэффициент фильтрации, м/сут;

— **I** — гидравлический уклон (безразмерный);

— **Q** — фильтрационный расход, м³/сут;

— **ω** — площадь сечения потока, м²;

— **Δh** — потеря напора на длине l, м;

— **l** — длина пути фильтрации, м.

**Пример 10.** Qи = 150 Вт/м², Lи = 2,45·10⁶ Дж/кг. Решение: E = 150·86 400 / (1000·2,45·10⁶) ≈ 5,3·10⁻³ м/сут = 5,3 мм/сут; при слое 5 мм/сут и F = 2·10⁶ м² потери W = 0,005·2·10⁶ = 10 000 м³/сут.

**Пример 11.** r = 0,1 мм = 1·10⁻⁴ м. Решение: h = 2·0,073 / (1000·9,81·1·10⁻⁴) ≈ 0,149 м ≈ 15 см.

**Пример 12.** k = 2 м/сут, I = 0,01, ω = 500 м². Решение: Q = 2·0,01·500 = 10 м³/сут.

### 5. Перенос примесей, самоочищение, волны

— Самоочищение (экспоненциальное убывание): C = C₀·e^(−k·t).

— Время добегания: t = L / v.

— Длина и скорость волны на глубокой воде: λ = g·T² / (2π); c = λ / T.

**Обозначения:**

— **C** — концентрация вещества в момент времени t, мг/л;

— **C₀** — начальная концентрация, мг/л;

— **k** — константа самоочищения, сут⁻¹;

— **t** — время, сут (или с);

— **L** — расстояние, м;

— **v** — средняя скорость течения, м/с;

— **λ** — длина волны, м;

— **T** — период волны, с;

— **g** — ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

— **π** — число пи (≈ 3,14);

— **c** — скорость распространения волны, м/с.

**Пример 13.** C₀ = 10 мг/л, k = 0,1 сут⁻¹, t = 7 сут. Решение: C = 10·e^(−0,7) ≈ 4,97 мг/л (концентрация снизилась примерно вдвое).

**Пример 14.** L = 10 км = 10 000 м, v = 0,4 м/с. Решение: t = 10 000 / 0,4 = 25 000 с ≈ 6,9 ч.

**Пример 15.** T = 4 с. Решение: λ = 9,81·16 / (2·3,14) ≈ 25 м; c = 25 / 4 ≈ 6,2 м/с.

*Примечание. Числовые значения констант приведены для учебных целей; при выполнении реальных расчётов необходимо использовать данные измерений и справочников.*

### 6. Ключ к тестовым заданиям блока B

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | A | C | B | A | C | B | A | C | B |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| A | C | A | B | C | B | A | C | B | A |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| B | C | A | C | B | A | C | B | A | B |