

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

ДРТИ ФГБОУ ВО «АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УО «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

С. Б. Купинский, М. М. Усов, Р. М. Цыганков

# **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА**

## **Лабораторный практикум**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия для студентов  
учреждений высшего образования, обучающихся  
по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбководство*

Горки  
БГСХА  
2018

УДК 639.3(076.5)  
ББК 47.2я7  
К92

*Рекомендовано методической комиссией факультета  
биотехнологии и аквакультуры 27.03.2018 (протокол № 7)  
и Научно-методическим советом БГСХА 28.03.2018 (протокол № 7)*

Авторы:

кандидат биологических наук, доцент *С. Б. Купинский*  
(ДРТИ ФГБОУ ВО АГТУ);  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. М. Усов;*  
*Р. М. Цыганков* (УО БГСХА)

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
РДУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по животноводству» *Н. Н. Гадлевская;*  
кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры общей  
экологии и методики преподавания биологии БГУ *В. В. Адамович*

**Купинский, С. Б.**

К92 Биологические основы рыбоводства. Лабораторный практи-  
кум : учебно-методическое пособие / С. Б. Купинский,  
М. М. Усов, Р. М. Цыганков. – Горки : БГСХА, 2018. – 152 с.  
ISBN 978-985-467-834-4.

Данное издание является совместной разработкой сотрудников ДРТИ ФГБОУ ВО АГТУ и УО БГСХА в рамках решения Пятнадцатой сессии Российско-Белорусской смешанной Комиссии в области рыбного хозяйства. В нем содержатся методические указания и рекомендации для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов при изучении учебной дисциплины «Биологические основы рыбоводства». Для каждой лабораторной работы определены цель, материалы и оборудование.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

УДК 639.3(076.5)  
ББК 47.2я7

**ISBN 978-985-467-834-4**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура – одна из наиболее интересных, разнообразных и важных сфер деятельности человека. Она обеспечивает получение весьма ценной пищевой продукции (различные виды рыб, беспозвоночных, водорослей), а также важного технического и биологического сырья (агар, альгинаты, ненасыщенные жиры, витамины, многие биологически активные вещества).

Без хорошо развитой аквакультуры невозможно сохранение биоресурсов естественных водоемов, природного генетического разнообразия их обитателей; поддержание чистоты в водоемах; создание условий для полноценного отдыха людей на природе (любительская рыбалка, декоративное домашнее и приусадебное рыбоводство).

При этом эффективная реализация любого направления культурного, т. е. управляемого и долгосрочного, использования биологических ресурсов водоема, в свою очередь, невозможна без точного количественного знания реальных возможностей водоема и обитающих в нем объектов, в первую очередь – рыб.

В традиционных учебных пособиях по рыбоводству и аквакультуре основное внимание уделено биологическим особенностям выращиваемых и разводимых рыб, т. е. подробному качественному анализу их требований, которые предъявляют культивируемые человеком объекты на разных этапах их онтогенеза, а также тем технологическим приемам, которые способны обеспечить благоприятные условия для роста или размножения рыб.

В количественном плане традиционные учебные пособия в лучшем случае ориентированы на типовые технологии выращивания и разведения рыб, т. е. на использование комплексов взаимно связанных нормативов:

- начальных (по размерам посадочного материала, плотностям посадки и т. д.);
- текущих (по условиям выращивания, уровню кормления, проточности и т. д.);
- завершающих (по навеске товарной рыбы, общей рыбопродуктивности и т. д.).

Соблюдение прописанных в таких технологиях начальных и текущих нормативов практически гарантирует и прописанные в них конечные результаты. Это неудивительно, так как каждая подобная технология является итогом кропотливых и тщательных научных исследований в заданных условиях.

В реальной жизни выдерживание всего комплекса нормативов, предлагаемых типовой технологией, непросто. Изменение погоды, нестандартный посадочный материал, переход на другие, например, более дешевые и менее качественные корма – и технология перестает быть типовой. Заложенные в ней связи уже не работают и специалист-рыбовод вынужден принимать текущие оперативные решения, сообразуясь с реально складывающейся ситуацией, а также со своими представлениями о биологических процессах, протекающих в водоеме и в организме рыбы. Подобный стиль работы может быть назван оперативной технологией принятия решений.

Эффективность оперативной технологии принятия решений в аквакультуре априори более высокая по сравнению с типовыми технологиями. Единственное требование – специалист должен уметь быстро и точно оценивать реальные возможности объектов выращивания в существующих конкретных условиях, т. е. иметь более высокий, чем обычно, уровень количественных представлений о законах, определяющих продуктивность водоема и рост рыб в нем, а также более высокую технологическую вооруженность, т. е. наличие инструментов, позволяющих быстро получать точную информацию о главных параметрах протекающих процессов, и адекватное уровню решаемых задач программное обеспечение.

Настоящее учебно-методическое пособие ориентировано на дополнение существующих учебных пособий в области количественной оценки продукционных возможностей объектов аквакультуры и призвано выработать у студентов умение осознанно решать вполне конкретные рыбоводные задачи в широком диапазоне реальных внешних условий.

# Раздел 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АКВАКУЛЬТУРЫ

## Лабораторная работа 1. ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Цель работы:** изучить принципы строения экосистемы.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте рисунки и схемы;
- 3) ответьте на контрольные вопросы.

Живые организмы и их неживое (абиотическое) окружение неразделимо связаны друг с другом и находятся в постоянном взаимодействии, образуя экосистемы.

**Экосистема** – это совокупность всех живых организмов, проживающих на общей территории, вместе с окружающей их неживой средой.

В экосистему входят и организмы, и неживая среда – компоненты, взаимно влияющие на свойства друг друга и необходимые для поддержания жизни в той ее форме, которая существует на Земле.

В каждой наземной экосистеме есть абиотический компонент – **биотоп** (от греч. *topos* – место), представляющий собой участок с одинаковыми ландшафтными, климатическими, почвенными условиями, и биотический компонент – **биоценоз** (от греч. *koinos* – общий), являющийся совокупностью всех живых организмов, населяющих данный биотоп (рис. 1). Биотоп – общее местообитание для всех членов сообщества.

Биоценозы состоят из представителей многих видов растений, животных и микроорганизмов. Практически каждый вид в биоценозе представлен многими особями разного пола и возраста. Они образуют **популяцию** (или часть популяции) данного вида в экосистеме. Биоценоз очень трудно рассматривать отдельно от биотопа, поэтому вводят такое понятие, как биогеоценоз (биотоп + биоценоз).

**Биогеоценоз** – участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы остаются однородными и имеют одинаковый характер взаимодействия между ними.

**Признаки экосистем:**

- 1) независимость от внешних источников вещества и энергии, но не от солнечного света. Энергия – это способность совершать работу;
- 2) способность обеспечивать круговорот вещества.

Как большие, так и малые экосистемы обычно не имеют четких границ. Переходная зона между двумя смежными экосистемами называется **эктоном**. Эктон включает в себя представителей обеих

смежных экосистем, а также нередко виды живых организмов, которые не встречаются в данных экосистемах, в результате экотон обладает большим разнообразием организмов, чем близлежащие территории.

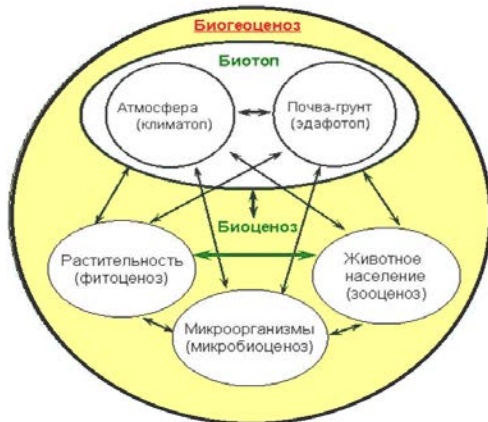


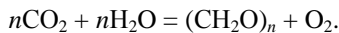
Рис. 1. Структура биогеоценоза

Все живые организмы по типу питания делятся на две большие группы – *автотрофы* и *гетеротрофы*. Функционально биотические компоненты можно разделить на три группы.

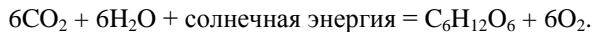
**Первая группа организмов** – продуценты (от лат. *producens* – создающий, производящий) или автотрофные организмы (от лат. *auto* – сам, *trophe* – пища, т. е. сам являющийся пищей).

Продуценты или автотрофы – это такие организмы, которые в качестве питательного материала используют простые неорганические вещества: воду, углекислый газ, нитраты, фосфаты и др. В качестве энергетического материала продуценты используют либо солнечный свет, либо энергию химических реакций. Они подразделяются на фото- и хемоавтотрофов.

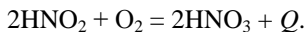
**Фотоавтотрофы** используют в качестве источника энергии солнечный свет, а в качестве питательного материала – в основном углекислый газ и воду. К этой группе организмов относятся все фотосинтезирующие организмы: зеленые растения и некоторые бактерии. В процессе жизнедеятельности они синтезируют на свету органические вещества – углеводы, или сахара  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , которыми питаются животные:



**Фотосинтез** (от греч. *photos* – свет, *synthesis* – соединение, составление) – синтез клетками растений, водорослей и некоторых бактерий органических веществ из неорганических ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) при участии энергии солнечного света. В качестве побочного продукта выделяется кислород.



**Хемоавтотрофы** используют энергию, выделяющуюся при химических реакциях. К этой группе принадлежат, например, нитрифицирующие бактерии, окисляющие аммиак до азотистой и затем азотной кислоты:



Химическая энергия ( $Q$ ), выделенная при этих реакциях, используется бактериями для синтеза органических веществ.

Главная роль в создании органических веществ принадлежит зеленым растительным организмам. Роль хемосинтезирующих бактерий в этом процессе относительно невелика. Каждый год фотосинтезирующими организмами на Земле создается около 150 млрд. т органического вещества, аккумулирующего солнечную энергию.

**Вторая группа организмов** – консументы (от лат. *consume* – потреблять), или гетеротрофные организмы (от греч. *heteros* – другой, *trophe* – пища, т. е. питающийся другими).

Консументы, или гетеротрофы, используют в качестве источника энергии и питательного материала готовое органическое вещество. Консументы осуществляют процесс разложения органических веществ. Их делят на фаготрофов (от греч. *phagos* – пожирающий) и сапротрофов (от греч. *sapros* – гнилой).

**Фаготрофы** питаются непосредственно растительными или животными организмами. К ним относятся в основном крупные животные – макроконсументы.

**Сапротрофы** используют для питания органические вещества мертвых остатков. К этой группе относятся как мелкие организмы (муравьи, черви и др.), так и крупные животные (гиены, шакалы, вороны и др.).

В зависимости от источников питания фаготрофы подразделяются на три основных класса:

- **фитофаги (растительноядные)** – консументы первого порядка, питающиеся исключительно растениями. Например, белый амур, белый толстолобик, пестрый толстолобик.

- хищники (плотоядные) – консументы второго порядка, которые питаются исключительно растительноядными животными (фитофагами), а также консументы третьего порядка, питающиеся только плотоядными животными. Например, щука (*Esox lucius*), судак (*Stizostedion lucioperca*), сом (*Silurus glanis*), окунь (*Perca fluviatilis*), налим (*Lota lota*).

- эврифаги (всеядные) – могут поедать как растительную, так и животную пищу. Например, карп, или сазан (*Cyprinus carpio*), голавль (*Squalius cephalus*), язь (*Leuciscus idus*), плотва (*Rutilus rutilus*), линь (*Tinca tinca*).

**Третья группа организмов** – редуценты (от лат. *reductio* – восстановление), или деструкторы (от лат. *destructio* – разрушение) (рис. 2).



Рис. 2. Биотические компоненты экосистемы

Редуценты, или деструкторы, – это консументы, участвующие в последней стадии разрушения, т. е. в минерализации органических веществ, которые они восстанавливают до неорганических соединений ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.). Редуценты очищают природную среду от отходов, они возвращают вещества в круговорот, превращая их в формы, доступные для продуцентов. Таким образом жизненный цикл возобновляется.

К редуцентам относятся главным образом микроскопические организмы (бактерии, грибы и др.) – микроконсументы. Их выделяют в отдельную группу потому, что роль редуцентов в круговороте веществ чрезвычайно велика. Без них в биосфере накапливались бы горы органических остатков, иссякли бы запасы минеральных веществ,

необходимых продуцентам, и жизнь в той форме, которую мы знаем, прекратилась бы.

Поскольку организмы достаточно разнообразны по видам и формам питания, то они вступают между собой в сложные трофические (пищевые) взаимодействия. Одни из них производят продукцию, другие потребляют, третьи преобразуют ее в неорганическую форму. Таким образом образуется цепь последовательной передачи вещества от одних организмов к другим, которая называется **трофической цепью**.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите признаки экосистемы.
2. Определите, какие организмы относят к биотическим элементам экосистемы, дайте им краткую характеристику.

### Лабораторная работа 2. ИЗУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ЦЕПЕЙ И ТРОФИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

**Цель работы:** изучить пищевые цепи водоемов и трофические уровни.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) ответьте на контрольные вопросы.

Перенос энергии пищи от ее источника – автотрофов (растений) – через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, называется **пищевой цепью**. При каждом переносе большая часть (80–90 %) потенциальной энергии теряется, переходя в тепло. Поэтому чем короче пищевая цепь (чем ближе организм к ее началу), тем больше количество энергии, доступной для популяции.

Пищевые цепи можно разделить на два основных типа:

- **пастбищная цепь**, которая начинается с зеленого растения и идет далее к растительноядным животным (т. е. к организмам, поедающим живые растительные клетки или ткани) и к хищникам (организмам, поедающим животных);

- **детритная цепь**, которая от мертвого органического вещества идет к микроорганизмам, а затем к детритофагам и к их хищникам. Пищевые цепи не изолированы одна от другой, а тесно переплетаются друг с другом, образуя так называемые пищевые сети.

В сложных природных сообществах организмы, получающие свою энергию от солнца через одинаковое число ступеней, считаются принадлежащими к одному трофическому уровню. Так, зеленые растения занимают первый трофический уровень (уровень продуцентов), травоядные – второй (уровень первичных консументов), первичные хищни-

ки, поедающие травоядных, – третий (уровень вторичных консументов), а вторичные хищники – четвертый (уровень третичных консументов).

Пищевые цепи знакомы каждому из нас: человек съедает крупную рыбу, а она ест мелких рыб, поедающих зоопланктон, который питается фитопланктоном, улавливающим солнечную энергию.

При каждом переносе пищи часть потенциальной энергии теряется. Прежде всего, растения фиксируют лишь малую долю поступающей энергии солнечного излучения. Поэтому число консументов, которые могут прожить при данном выходе первичной продукции, сильно зависит от длины цепи, переход к каждому следующему звену пищевой цепи уменьшает доступную энергию примерно на порядок величины (т. е. в 10 раз). Поэтому если увеличивается биомасса хищных организмов, то уменьшается их число, так как на основе имеющейся первичной продукции они будут ограничены той энергией, которая перейдет на более высокий трофический уровень.

Некоторые вещества по мере продвижения по цепи не рассеиваются, а наоборот, накапливаются. Это так называемое **концентрирование в пищевой цепи (биоаккумуляция)** нагляднее всего демонстрируют устойчивые радионуклиды и пестициды.

**Трофический уровень** – это совокупность организмов, занимающих определенное место в пищевой сети.

Первый трофический уровень – всегда растения,

Второй трофический уровень – первичные консументы,

Третий трофический уровень – вторичные консументы и т. д. (рис. 3).

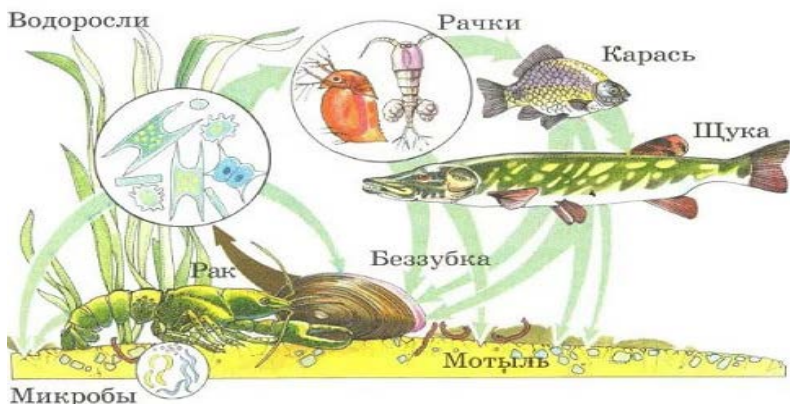


Рис. 3. Представители различных трофических уровней в водоеме

Детритофаги могут находиться на 2-м и выше трофическом уровне. Обычно в экосистеме насчитывается 3–4 трофических уровня.

Трофическую структуру можно измерить и выразить либо урожаем на корню (на единицу площади), либо количеством энергии, фиксируемой на единице площади за единицу времени на последовательных трофических уровнях.

Трофическую структуру и трофическую функцию можно изобразить графически в виде экологических пирамид, основанием которых служит первый уровень (уровень продуцентов), а последующие уровни образуют этажи и вершину пирамиды.

Экологические пирамиды можно отнести к трем основным типам:

1) пирамида чисел, отражающая численность отдельных организмов;

2) пирамида биомассы, характеризующая общую сухую массу, калорийность или другую меру общего количества живого вещества;

3) пирамида энергии, показывающая величину потока энергии и «продуктивность» на последовательных трофических уровнях.

С каждым переходом с одного трофического уровня на другой в пределах пищевой цепи или сети совершается работа и в окружающую среду выделяется тепловая энергия, а количество энергии высокого качества, используемой организмами следующего трофического уровня, снижается. Процентное содержание энергии высокого качества, переходящей с одного трофического уровня на другой, колеблется от 2 до 30 %. Большая часть энергии теряется в окружающей среде как тепловая энергия низкого качества. Чем длиннее пищевая цепь, тем больше теряется полезной энергии.

**Пирамиды чисел.** Можно собрать все образцы организмов в экосистеме и подсчитать численность всех видов, обнаруженных на каждом трофическом уровне. Такая информация необходима для создания пирамиды численностей. Например, 1 000 000 особей фитопланктона в небольшом пруду может прокормить 10 000 особей зоопланктона, которые, в свою очередь, прокормят 100 окуней, которых будет достаточно, чтобы прокормиться 1 человеку в течение месяца.

Но для некоторых экосистем пирамиды численностей имеют другую форму.

**Пирамида биомассы,** характеризующая массу живого вещества (на единицу площади или объема). Каждый трофический уровень пищевой цепи или сети содержит определенное количество биомассы. В наземных экосистемах действует следующее **правило пирамиды биомассы**: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников.

Для океана правило пирамиды биомасс недействительно, так как пирамида имеет *перевернутый (обращенный) вид*. Для экосистемы океана характерно накопление биомассы на высоких уровнях –

у хищников. Хищники живут долго, и скорость оборота их регенерации мала, но у продуцентов – фитопланктонных водорослей – обрачиваемость в сотни раз превышает запас биомассы.

Пирамиды чисел и биомассы могут быть обращенными (или частично обращенными), т. е. основание может быть меньше, чем один или несколько верхних этажей. Так бывает, когда средние размеры продуцентов меньше размеров консументов. Напротив, энергетическая пирамида всегда будет сужаться кверху при условии, что будут учтены все источники пищевой энергии в системе.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое пищевая цепь?
2. Назовите типы пищевых цепей.
3. Что представляет собой трофический уровень?
4. Какие организмы занимают тот или иной трофический уровень?
5. Приведите пример пирамиды чисел из области аквакультуры.

### **Лабораторная работа 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОДУКЦИИ ЭКОСИСТЕМ**

**Цель работы:** изучить энергетику и продукцию экосистем.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте рисунки и схемы;
- 3) ответьте на контрольные вопросы.

Основным (и практически единственным) источником энергии в экосистеме является солнечный свет.

Поток энергии направлен в одну сторону, часть поступающей солнечной энергии преобразуется сообществом и переходит на качественно более новую ступень, трансформируясь в органическое вещество, представляющее собой более концентрированную форму энергии, чем солнечный свет, но большая часть энергии деградирует, проходит через систему и покидает ее в виде низкокачественной тепловой энергии (тепловой сток). Следует отметить, что только незначительная часть поступающей на поверхность земли энергии усваивается автотрофными организмами, большая часть (до 98 %) рассеивается в виде тепловой энергии.

Энергия может накапливаться, затем снова высвобождаться или экспортироваться, но ее нельзя использовать вторично. В отличие от энергии, элементы питания, в том числе биогенные элементы, необходимые для жизни (углерод, азот, фосфор и т. д.), и вода могут использоваться многократно. Эффективность повторного использования и

размеры импорта и экспорта элементов питания значительно варьируются в зависимости от типа экосистемы. Схема потоков веществ и энергии в экосистеме представлена на рис. 4.

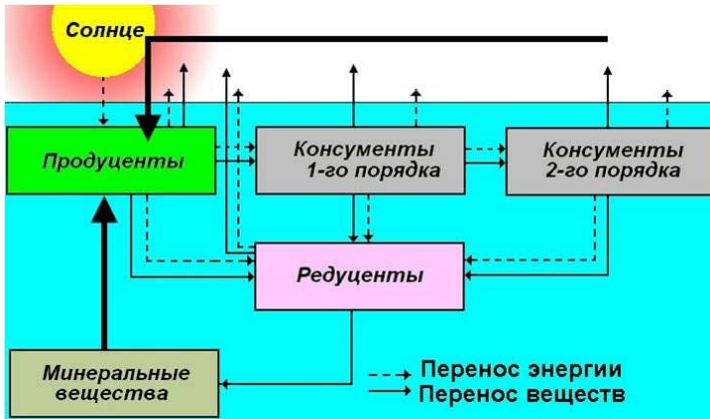


Рис. 4. Поток энергии и вещества в экосистеме

Трофическая цепь в биогеоценозе есть одновременно цепь энергетическая, т. е. представляет собой последовательный упорядоченный поток передачи энергии солнца от продуцентов ко всем остальным звеньям (рис. 5).



Рис. 5. Схема распределения энергии в экосистеме

Организмы-потребители (консументы), питаясь органическим веществом продуцентов, получают от них энергию, частично идущую на

построение собственного органического вещества и связывающуюся в молекулах соответствующих химических соединений, а частично расходующуюся на дыхание, теплоотдачу, выполнение движений в процессе поиска пищи, ускользания от врагов и т. п.

Таким образом, в экосистеме имеет место непрерывный поток энергии, заключающийся в передаче ее от одного пищевого уровня к другому. В силу второго закона термодинамики этот процесс связан с рассеиванием энергии в каждом последующем звене, т. е. с ее потерями и возрастанием энтропии. Очевидно, что это рассеивание все время компенсируется поступлением энергии от солнца.

В процессе жизнедеятельности сообщества создается и расходуется органическое вещество. Это значит, что каждая экологическая система обладает определенной продуктивностью.

**Продуктивность экологической системы** – это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое может быть использовано в качестве пищи.

Различают разные уровни продуцирования органического вещества: *первичная продукция*, создаваемая продуцентами в единицу времени, и *вторичная продукция* – прирост за единицу времени массы консументов. Первичная продукция подразделяется на валовую и чистую. *Валовая первичная продукция* – это общая масса валового органического вещества, создаваемого растением в единицу времени при данной скорости фотосинтеза, включая и траты растения на дыхание – от 40 до 70 % от валовой продукции. Та часть валовой продукции, которая не израсходована на дыхание, называется чистой первичной продукцией, представляет собой величину прироста растений, и именно эта продукция потребляется консументами и редуцентами. Вторичная продукция не делится уже на валовую и чистую, так как консументы и редуценты, т. е. все гетеротрофы, увеличивают свою массу за счет первичной, ранее созданной продукции.

Все живые компоненты экосистемы составляют общую биомассу сообщества в целом или тех или иных групп организмов. Ее выражают в граммах на сантиметр кубический в сыром или сухом виде или в энергетических единицах – калориях, джоулях и т. п. Если скорость изъятия биомассы консументами отстает от скорости прироста растений, то это ведет к постепенному приросту биомассы продуцентов и к избытку мертвого органического вещества. Последнее приводит к заторфовыванию болот и зарастанию мелких водоемов. В стабильных сообществах практически вся продукция тратится в трофических сетях и биомасса остается практически постоянной.

## Контрольные вопросы

1. Назовите источники энергии для экосистем.
2. Опишите схему потоков вещества и энергии в экосистеме.
3. Какие уровни продуцирования органического вещества различают в экосистемах?

## Лабораторная работа 4. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОСИСТЕМЕ

**Цель работы:** изучить динамические процессы в экосистемах.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте рисунки и схемы;
- 3) ответьте на контрольные вопросы.

Экологическая система не является абсолютно стабильным, застывшим образованием. В ней постоянно осуществляются жизненные процессы, связанные с переходом вещества и энергии с одних пищевых уровней на другие, с изменением численности и плотности популяций в результате взаимодействия хищников с жертвами, а жертв с источниками их корма.

Вместе с тем общеизвестно, что подвижность экосистемы также относительна: экосистемы морей и океанов существуют длительное время (сотни лет) и, на первый взгляд, стабильны, устойчивы, неподвижны. За короткий отрезок времени в них трудно обнаружить значительные изменения в составе биоты или в режимах абиотических факторов, хотя в отдельных случаях массовые размножения некоторых видов животных существенно трансформируют экосистему на тот или иной отрезок времени, а иногда служат толчком к ее замене на другую. Таким образом, мы сталкиваемся с тем фактом, что экосистемы, с одной стороны, действительно стабильны, а с другой – подвижны, динамичны во времени и пространстве. Очевидно, что если бы экосистемы существовали в течение короткого времени, быстро заменяясь другими, то накопление питательных веществ и стабильное развитие и размножение животных было бы невозможно. Подвижно-стабильное состояние биогеоценозов (экосистем) во времени и пространстве представляет собой результат двух процессов: гомеостаза и сукцессии.

Важнейшим свойством биогеоценоза (экосистемы) является его устойчивость, сбалансированность происходящих в нем процессов обмена веществом и энергией между всеми компонентами, вследствие чего биогеоценозу свойственно состояние так называемого **подвижно-го равновесия, или гомеостаза** (от греч. *homos* – тот же, подобный, *stasis* – состояние).

Рассмотрим условную экосистему, состоящую из популяций двух видов: щуки и карася (рис. 6). В этой системе, где щука поедает карася, последний, на языке биологии, является жертвой, в то время как щука есть хищник. Если численность жертвы постоянно растет, то хищник, который только этой жертвой и питается, тоже имеет возможность увеличить свою численность (или в соответствии с рассмотренными выше понятиями – увеличить объем и совершенствовать структуру популяции). В этом проявляется положительная обратная связь.

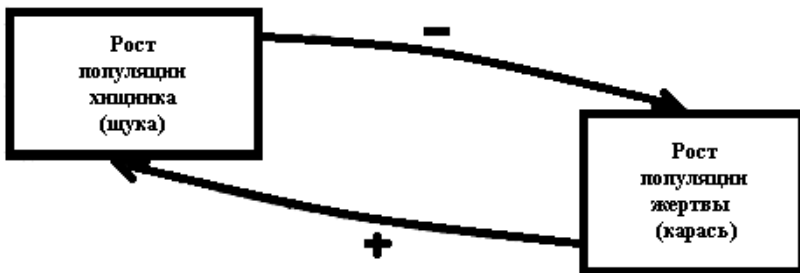


Рис. 6. Пример действия механизма обратной связи

Но поскольку щука (хищник) ест карася, то она, естественно, снижает численность его популяции. В этом проявляется отрицательная обратная связь. Если численность щуки выше некоторого предела, то она соответственно снизит численность карася и в итоге окажется перед необходимостью ограничения собственной численности из-за недостатка пищи, связанного с затрудненностью ее добычи.

В естественной экологической системе все время поддерживается равновесие, исключаящее необратимое уничтожение тех или иных звеньев в трофических цепях. Численность и щуки, и карася всегда будет держаться на определенном уровне. Это является следствием длительного эволюционного процесса, который Дарвин назвал естественным отбором. Любая экосистема всегда сбалансирована, устойчива (гомеостатична).

Приведенный на рисунке пример можно дополнить введением в схему абиотической компоненты среды, факторы которой, с одной стороны, независимо воздействуют на все звенья пищевых цепей. В основе всех рассмотренных выше ситуаций лежит известный физико-химический принцип (закон) Ле Шателье (1884): *изменение внешних условий (температуры, давления) физико-химической равновесной системы вызывает в ней реакции, противодействующие производимому изменению.*

Стабильное состояние экосистемы, ее гомеостаз не есть нечто застывшее, неподвижное. Гомеостаз – это, в сущности, подвижное равновесие, и в любой экологической системе идут процессы, меняющие ее во времени и пространстве. При этом изменяется состав биоты, структура экосистемы и ее продуктивность.

Процессы, которые мы только что рассмотрели, представляют собой, как мы уже знаем, обмен веществом и энергией между отдельными элементами экосистемы, т. е. обмен информацией. Передача информации от одного звена к другому осуществляется по определенным каналам, в данном случае – по каналам обратной связи.

При некоторых условиях обратная связь, т. е. передача информации, может быть почему-либо нарушена. Например, щуку начали интенсивно вылавливать рыбаки и в этом отношении стали мешать ей или среди щук возникла инфекционная болезнь. При этом происходит нарушение сбалансированности системы, которое может быть обратимым или необратимым.

Роль помех могут играть и абиотические факторы, например погодные условия. Воздействия таких помех на популяцию носят статистический, т. е. случайный, избирательный характер. Те особи, для которых помехи оказались непреодолимыми, погибли или не дадут потомства, а более стойкие выживут, передав наследственную информацию своим потомкам. Происходит естественный отбор под влиянием помех; эти помехи являются, таким образом, положительными, полезными и выступают как фактор эволюции.

Человек в силу необходимости постоянно вмешивается в процессы, происходящие в экосистеме, влияя на нее в целом или на отдельные ее звенья. Эти воздействия могут проявляться в виде введения в экосистему новых компонентов. Не всегда такие воздействия ведут к распаду всей системы, к нарушению ее стабильности, однако давление помех не может быть беспредельным. При определенном уровне стрессового фактора информационная обеспеченность экосистемы не может за счет отрицательной обратной связи компенсировать отклонений, определяемых положительной обратной связью. Тогда данная система прекратит свое существование.

Та область, в пределах которой механизмы отрицательной обратной связи способны, несмотря на стрессовые воздействия, сохранить устойчивость системы, хотя и в измененном виде, называют *гомеостатическим плато* (рис. 7).

Воздействия, при которых компенсаторные регуляторы оказываются не в силах сохранить гомеостатичность системы, наблюдаются, как правило, при резких антропогенных или естественных воздействиях на структурно упрощенные искусственные системы.



Рис. 7. Схема формирования гомеостатического плато в экосистеме, в пределах которого посредством отрицательной обратной связи поддерживается относительная стабильность системы при воздействиях, вызывающих нарушение сбалансированности

Последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов (в том числе внутренних противоречий развития самих биоценозов) или воздействия человека, называется **сукцессией** (от лат. *successio* – последование, следую).

Данная смена происходит в силу действия экологического принципа (закона) сукцессионного замещения. Природные биотические сообщества последовательно формируют закономерный ряд экосистем, ведущий к наиболее устойчивому в данных условиях состоянию климакса. Сукцессия – постепенный процесс изменения структуры и состава биоценоза.

Экологическая сукцессия происходит в определенный отрезок времени, в который изменяется видовая структура сообщества и абиотическая среда существования его вплоть до кульминации его развития – возникновения стабилизированной системы. Такую стабилизированную экосистему называют **климаксом**. В этом состоянии система находится тогда, когда в ней на единицу энергии приходятся максимальная биомасса и максимальное количество симбиотических связей между организмами. Однако до достижения данного состояния система проходит ряд стадий развития, первые из которых часто называют стадией первых поселенцев. Поэтому в более узком смысле сукцессия – это последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном районе.

Для возникновения сукцессии необходимо свободное пространство. В зависимости от первоначального состояния субстрата различают первичную и вторичную сукцессию.

**Первичная сукцессия** представляет собой процесс формирования и развития сообществ на первоначально свободном субстрате, а **вторичная сукцессия** – это последовательная смена одного сообщества, существовавшего на данном субстрате, другим, более совершенным для данных абиотических условий.

Первичная сукцессия позволяет проследить формирование сообществ с самого начала. Первыми, как правило, на свободное пространство начинают внедряться растения посредством перенесенных потоком воды спор и семян либо за счет вегетативных органов оставшихся по соседству растений.

**Вторичная сукцессия** является, как правило, следствием деятельности человека (рис. 8).



Рис. 8. Схема сукцессии в водной экосистеме

Вторичная, антропогенная сукцессия проявляется также и в эвтрофикации. Бурное цветение водоемов, особенно искусственных водохранилищ, есть результат обогащения их биогенами, обусловленный деятельностью человека. Пусковым механизмом процесса обычно является обильное поступление фосфора, реже – азота, иногда – углерода и кремния. Ключевую роль обычно играет фосфор. При поступлении биогенов резко возрастает продуктивность водоемов за счет роста численности и биомассы водорослей, и прежде всего сине-зеленых – цианей, принадлежащих к царству дробянок. Многие из них могут фиксировать молекулярный азот из атмосферы, тем самым снижая лимитирующее действие азота, а некоторые способны освобождать фосфор из продуктов метаболизма различных водорослей. Обладая этим и рядом других подобных качеств, они захватывают водоем и доминируют

в биоценозе. Биоценоз практически полностью перерождается. Наблюдаются массовые заморы рыб. В особо тяжелых случаях вода приобретает цвет и консистенцию горохового супа, неприятный гнилостный запах: жизнь аэробных организмов исключена.

### Контрольные вопросы

1. Что является важнейшим свойством биогеоценоза (экосистемы)?
2. Приведите пример положительной обратной связи из области аквакультуры.
3. Поясните принцип (закон) Ле Шателье.
4. Объясните, что такое сукцессия, охарактеризуйте ее типы.

## Лабораторная работа 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ ПРУДОВ

**Цель работы:** изучить методики определения естественной кормовой базы прудов.

**Материалы и оборудование:** дночерпатель Экмана – Берджа, планктонная сетка, мерная посуда вместимостью 1 л (лучше ковшик на 1 л с ручкой), ведро, кюветы белые, эмалированные или пластмассовые, мешок-промывалка для бентоса из газа, мерные цилиндры вместимостью 0,5 л, мерные стаканы, пинцеты, чашки Петри, склянки вместимостью 50–100 и 100–200 мл, препаровальные иглы, штемпель-пипетки, счетные пластинки, камеры Богорова, бумага пергаментная для этикеток, простые карандаши, микроскопы, лупы, торсионные весы, мультимедийная презентация.

### Задание:

- 1) с помощью экспресс-метода ориентировочно определите биомассу фитопланктона и доминирующие группы водорослей в пруду;
- 2) определите биомассу организмов и состав зоопланктона в пруду;
- 3) определите биомассу и доминирующие группы организмов бентоса в пруду;
- 4) дайте оценку полученным результатам.

**Общая характеристика.** Естественная пища должна быть неотъемлемой частью рациона рыб, что обязывает специалистов вести постоянные наблюдения за развитием естественной кормовой базы, так как от ее величины зависит усвоение искусственных кормов. При снижении количественного развития гидробионтов необходимо принимать экстренные меры по его увеличению. Интенсивное кормление карпа искусственными кормами, которые в большинстве случаев являются неполноценными по аминокислотному составу, содержанию витаминов, приводит к нарушению обмена веществ и замедлению темпа роста рыбы.

Различные виды водных организмов имеют различную пищевую ценность, однако содержат необходимые питательные вещества – белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные соли. Белки кормовых беспозвоночных животных являются полноценными по составу аминокислот, что является важным для развития и роста рыб. Наиболее полноценными пищевыми организмами являются ветвистоусые рачки (*Cladocera*), и прежде всего дафнии (*Daphniidae*). Они богаты минеральными солями, витаминами, незаменимыми аминокислотами. Аминокислотный состав белков тела олигохет (*Oligochaeta*) также полноценный, однако эти животные содержат меньше витаминов по сравнению с дафниями и очень бедны минеральными соединениями. Личинки хирономид (*Chironomidae*) по содержанию витаминов и минеральных солей занимают промежуточное положение между дафниями и олигохетами, аминокислотный состав их белков полноценный. По пищевой ценности кормовые беспозвоночные являются незаменимыми в питании рыб.

При выращивании разновозрастных рыб важно знать, какие организмы являются преобладающими в том или ином пруду. Для личинок в первые дни жизни предпочтительнее массовое развитие босмин (*Bosminidae*), коловраток (*Rotatoria*), личинок веслоногих рачков – науплиусов (*Copepoda*). Их количество более 1 000 экз./л свидетельствует о хорошей обеспеченности пищевых потребностей личинок. Если в первые дни развития личинок в планктоне прудов в значительном количестве представлены циклопы (*Cyclops*), лептестерии (*Leptesteria*), стрептоцефалюсы (*Streptocephalus*), щитни (*Lepidurus apus*), то возможны значительные потери личинок в результате выедания их перечисленными хищниками. Молодь карпа более 1 г способна потреблять не только планктонные, но и бентосные организмы. Зная потребности молоди в корме и состояние естественной кормовой базы, важно не опоздать с началом кормления искусственными кормовыми смесями, чтобы избежать снижения роста рыб.

Установлено, что для рыб массой более 10–20 г количество естественной пищи в пищевом комке должно быть не менее 25–30 %. Для этого среднесезонная биомасса фитопланктона должна быть не менее 30 мг/дм<sup>3</sup>, зоопланктона – не менее 8–12 г/м<sup>3</sup>, зообентоса – 3–5 г/м<sup>2</sup>. При этом пруды считаются более продуктивными, если в фитопланктоне преобладают зеленые (протококковые) водоросли, в зоопланктоне – ветвистоусые или веслоногие ракообразные, а в зообентосе – личинки хирономид.

Гидробиологические пробы (фитопланктон, зоопланктон и зообентос) отбирают одновременно через каждые 10 дней (в период выращивания молоди до массы 5 г пробы зоопланктона отбирают через 5 дней) в разных точках пруда на протяжении всего периода выращивания рыбы. Фиксацию проб проводят 40%-ным формалином из рас-

чета 50–100 мл 40%-ного формалина на 1 л воды. Пробу снабжают этикеткой, в которой указывают хозяйство, название и номер пруда, его глубину, время и дату взятия пробы, количество профильтрованных литров воды (для зоопланктона) или количество отобранных дночерпателей с указанием площади их захватов (для зообентоса). При использовании экспресс-методов определения количественного развития фито- и зоопланктона необходимо иметь в виду, что они свободны от погрешностей и, как правило, дают несколько завышенные данные, так как вода включает разного рода примеси, попадающие при отборе проб, однако для контроля непосредственно в прудах вполне применимы.

**Экспресс-метод сбора и обработки проб фитопланктона.** Воду отбирают из разных мест пруда на глубине 15–20 см и сливают в ведро. После перемешивания берут пробу объемом 0,5 л, фиксируют формалином, закрывают пробкой, этикетировать и ставят в темное место на 10–14 сут для отстаивания. По осадку в мерном цилиндре можно ориентировочно вычислить биомассу фитопланктона (рис. 9, 10).

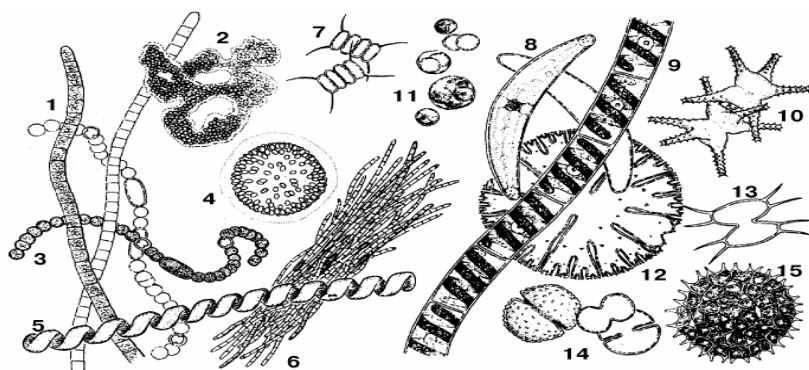


Рис. 9. Сине-зеленые водоросли: 1 – *Oscillatoria*; 2 – *Microcystis aeruginosa*; 3 – *Anabaena*; 4 – *Coelosphaerium*; 5 – *Spirulina*; 6 – *Aphanizomenon flos aquae*; зеленые водоросли: 7 – *Scenedesmus*; 8 – *Closterium*; 9 – *Spirogyra*; 10 – *Staurastrum*; 11 – *Chlorella*; 12 – *Micrasterias*; 13 – *Xanthidium*; 14 – *Cosmarium*; 15 – *Pediastrum*

Если часть водорослей оказалась в верхнем слое, их отсчитывают по верхним делениям цилиндра и прибавляют к осадку. Плотность организмов в осадке принимают равной плотности воды. Таким образом можно определить массовое развитие водорослей. Например, если осадок планктона в цилиндре занимает  $0,1 \text{ см}^3$  объема, это значит, что в  $0,5 \text{ л}$  пробы воды содержится  $0,1 \text{ см}^3$  или  $0,1 \text{ г}$  фитопланктона, или в пересчете на  $1 \text{ л}$   $0,2 \text{ г}$  биомассы водорослей, что указывает на их массовое и нежелательное развитие.

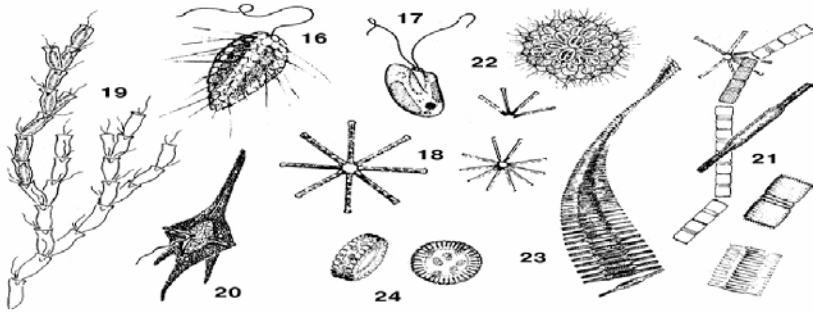


Рис. 10. Диатомовые водоросли: 16 – *Mallomonas*; 17 – *Cryptomonas*;  
18 – *Asterionella*; 19 – *Dinobryon*; 20 – *Ceratium hirundinella*; 21 – *Melosira*;  
22 – *Synura*; 23 – *Fragilaria*; 24 – *Cyclotella*

Под микроскопом определяют доминирующие группы водорослей (в прудовых условиях это в основном сине-зеленые или зеленые водоросли), что важно для выяснения характера цветения воды (если оно наблюдается).

**Сбор и обработка проб зоопланктона.** Пробы зоопланктона отбирают мерной посудой (лучше ковшиком на 1 л с ручкой). Для этого зачерпывают воду с глубины 40–50 см и с поверхности попеременно. Станции, на которых проводят забор воды, должны быть распределены равномерно по всей площади пруда. Процеживают 100 или 50 л воды (при очень интенсивном развитии организмов зоопланктона) через планктонную сетку из густого капронового сита № 64–68. Отфильтрованный через планктонную сеть осадок с содержащимся в нем зоопланктоном, собранный в отстойном стакане сетки, с помощью краника сливают в склянки вместимостью 100–200 мл. Для более полного сбора всего планктона сеть тщательно обмывают с наружной стороны водой или погружают ее в воду, не переливая через край. Пробу фиксируют и снабжают этикеткой. Дальнейшую обработку проводят в лаборатории следующим образом: для упрощения расчетов пробу доводят до определенного объема (100 мл), затем хорошо перемешивают ее, берут шпатель-пипеткой 0,5 мл содержимого и помещают на счетное стекло для просмотра под микроскопом. Определяют видовой состав, пользуясь определителем, и количество организмов каждого вида. Как правило, для более точного учета просматривают 3 пробы, отобранные шпатель-пипеткой из одной склянки. Количество организмов в 1 м<sup>3</sup> воды определяют по формуле

$$X = K \cdot V \cdot 1\,000 / Z \cdot n,$$

где  $X$  – количество организмов данного вида в  $1 \text{ м}^3$  воды;

$K$  – среднее количество организмов из трех просмотров содержимого штемпель-пипетки;

$V$  – объем просмотренной пробы, мл;

$1\,000$  – пересчетный коэффициент на  $1 \text{ м}^3$ ;

$Z$  – объем штемпель-пипетки, мл;

$n$  – количество литров профильтрованной воды.

**Пример.** В объеме штемпель-пипетки, равном  $0,5$  мл, среднее из трех подсчетов количество дафний лонгиспина равно  $150$  экз.; объем просмотренной пробы  $100$  мл; количество профильтрованной воды  $100$  л. Тогда количество организмов в  $1 \text{ м}^3$  составит:

$$X = 150 \cdot 100 \cdot 1\,000 / 0,5 \cdot 100 = 300\,000 \text{ экз.}$$

Биомассу определяют отдельно по видам и группам организмов: ветвистоусые ракообразные, веслоногие ракообразные, коловратки и др. (рис. 11, 12). Общую биомассу зоопланктона в  $1 \text{ м}^3$  воды пруда определяют как сумму биомасс отдельных видов. Для ускорения арифметических расчетов удобно пользоваться специальными программами, разработанными на ЭВМ.

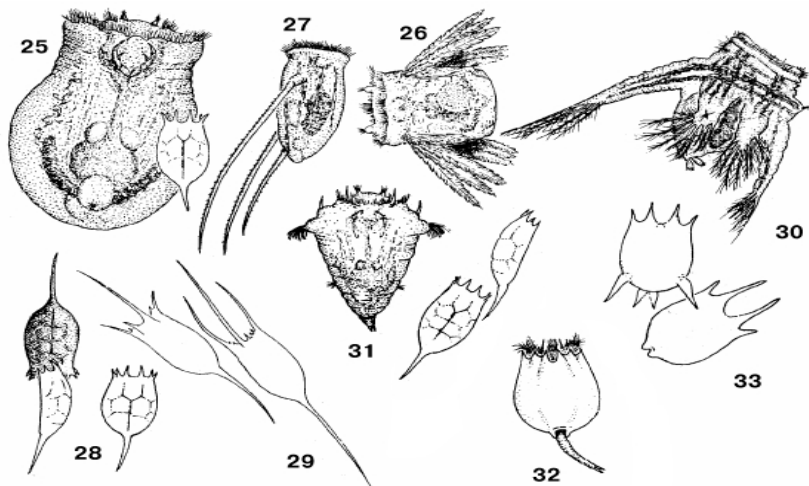


Рис. 11. Коловратки: 25 – *Aplanchna sieboldii*; 26 – *Polyarthra*; 27 – *Filinia*; 28 – *Keratella cochlearis*; 29 – *Kellicottia*; 30 – *Hexarthra*; 31 – *Synchaeta*; 32 – *Brachionus plicatilis*; 33 – *Brachionus calyciflorus*

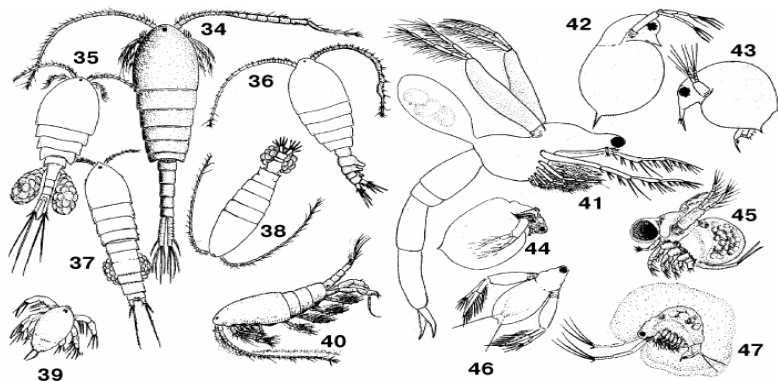


Рис. 12. Веслоногие рачки: 34 – *Limnocalanus macrurus* (самец); 35 – *Eucyclops serrulatus* (самка); 36 – *Epischura lacustris* (самец); 37 – *Canthocamptus* (самка); 38 – *Diaptomus siciloides* (самка); 39 – *Diaptomus siciloides* (личинка); 40 – *Senecella calanoides* (самец); ветвистоусые рачки: 41 – *Leptodora kindtii*; 42 – *Daphnia rosea*; 43 – *Bosmina longirostris*; 44 – *Ceriodaphnia lacustris*; 45 – *Polyphemus pediculus*; 46 – *Diaphanosoma*; 47 – *Holopedium gibberum*

Для расчета биомассы организмов зоопланктона пользуются таблицами средних масс организмов (табл. 1).

Таблица 1. Средние массы организмов зоопланктона

Вид	Масса
<b>Коловратки (<i>Rotatoria</i>)</b>	
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	0,005–0,020
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	0,00031–0,00044
<i>B. bakeri</i> Müll.	0,00007
<i>B. calyciflorus</i> Pall.	0,0040–0,0065
<i>Brachionus urceolaris</i> Müll.	0,00053
<i>Lecana luna</i> Müll.	0,00025–0,00090
<i>Synchaeta</i> sp.	0,018
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehr.	0,002–0,003
<i>Filinia</i> sp.	0,00020–0,00058
<i>Polyarthra trigla</i> Ehr.	0,00025–0,00095
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse	0,00020–0,00033
<i>K. quadrata</i> Müll.	0,00034–0,00081
<i>Notholca</i> sp.	0,0025
<i>Platias quadricornis</i> Ehr.	0,0003
Мелкие коловратки	0,0004
<b>Ветвистоусые ракообразные (<i>Cladocera</i>)</b>	
<i>Daphnia longispina</i> Müll.	0,06
<i>D. pulex</i> De Geer	0,20
<i>D. magna</i> Straus	1,54

Вид	Масса
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars	0,019–0,026
<i>Moina rectirostris</i> Leydig	0,113
<i>Bosmina longirostris</i> Müll.	0,0078
<i>Chydorus sphaericus</i> Müll.	0,0125
<i>Leptodora kindtii</i> Focke	0,3
<i>Alona quadrangularis</i> Müll.	0,002
<i>Simocephalus vetulus</i> Müll.	0,425
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	0,03
<i>Sida crystallina</i> Müll.	0,5
Молодь ветвистоусых	0,001
<b>Веслоногие ракообразные (<i>Copepoda</i>)</b>	
<i>Cyclops</i> sp.	0,008–0,129
<i>Diaptomus</i> sp.	0,007–0,110
<i>Nauplii</i>	0,0008
<i>Copepoditii</i>	0,004
<b>Прочие организмы</b>	
<i>Ostracoda</i>	0,018
<i>Oligochaeta</i>	0,025
<i>Chironomidae larvae</i>	0,03

### Экспресс-методы обработки проб зоопланктона.

1. Полученный после фиксации осадок зоопланктона переливают из склянки в мерный цилиндр и замеряют объем осадка по шкале цилиндра. Чтобы определить, сколько планктона содержится в 1 м<sup>3</sup>, полученный объем осадка умножают на 10, если процеживали 100 л воды, или на 20, если процеживали 50 л.

2. Осадок зоопланктона процеживают через кусочек сита № 70–80, затем подсушивают на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрых пятен, переносят вместе с кусочком влажного сита в чашку Петри и взвешивают. Массу чашки Петри вместе с кусочком влажного сита определяют заранее. По разнице масс получают массу зоопланктона. Зная объем профильтрованной через планктонную сеть воды и массу осадка, можно определить биомассу зоопланктона в 1 м<sup>3</sup>.

**Сбор и обработка проб зообентоса.** Пробы зообентоса (рис. 13) отбирают в те же сроки, что и пробы зоопланктона, при этом учитывают характер грунтов, зарослей, глубины пруда. Число станций устанавливают в зависимости от количества выделенных биотопов и площади водоема. В нагульных и выростных прудах рекомендуется делать по 10–15 станций в продуктивной зоне с глубинами 0,5–1,5 м. Для отбора проб удобнее пользоваться дночерпателем Экмана – Берджа, площадь захвата которого обычно составляет 0,025 м<sup>2</sup>. Это коробочный дночерпатель, закрывающийся с помощью посыльного груза. Перед отбором пробы лопасти дночерпателя поднимаются вверх и с по-

мощью тросиков надеваются на рычаги спускового аппарата. В открытом виде на тонком металлическом тросе дночерпатель опускается на дно водоема, после чего по тросу опускается посыльный груз, который ударяет по втулке спускового аппарата, и дночерпатель закрывается, вырезая монолит грунта или ила с  $0,025 \text{ м}^2$ .

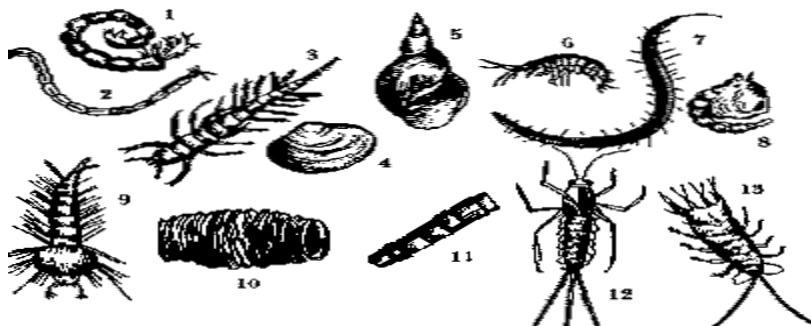


Рис. 13. Донные водные организмы, являющиеся пищей рыб: 1, 2 – личинки хирономид; 3 – личинка вислокрылки; 4 – шаровка; 5 – прудовик; 6 – бокоплав; 7 – малощетинковый червь; 8 – куколка комара; 9 – личинка комара; 10, 11 – ручейники; 12 – личинка поденки; 13 – водяной ослик

Взятые дночерпателем пробы грунта переносят в мешок-промывалку, сшитый из капронового сита № 24–27. Пробы отмывают в воде пруда до избавления от мелких частиц. Оставшийся комочек грунта помещают в кювету и пинцетом выбирают из него гидробионтов, помещая их в склянку с формалином. Пробу этикетировуют, затем в лабораторных условиях тщательно изучают с помощью лупы и микроскопа. Фиксированные организмы обсушивают на фильтровальной бумаге, разбивают по группам, подсчитывают и взвешивают на весах (лучше торсионных). Раковины живых моллюсков раскрывают для удаления находящейся внутри жидкости. Предварительную обработку можно провести непосредственно в момент отбора организмов из промытого грунта, распределяя их по группам (личинки хирономид и других насекомых, олигохеты, моллюски и др.).

Определяют биомассу каждого вида организмов в пробе, биомассу организмов, приходящихся на один дночерпатель, затем рассчитывают биомассу отдельных групп организмов и суммарную биомассу на  $1 \text{ м}^2$ .

### Контрольные вопросы

1. Какова роль фитопланктона в пруду?
2. Назовите основные группы фитопланктона, развитие которых нежелательно в пруду.

3. Какова роль организмов зоопланктона и зообентоса в питании карпа?

4. Какие меры необходимо принять для повышения биомассы фитопланктона и зоопланктона в пруду?

## **Лабораторная работа 6. ИЗУЧЕНИЕ РЫБОПРОДУКЦИИ И РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМОВ**

**Цель работы:** изучить рыбопродукцию и рыбопродуктивность водоемов.

**Материалы и оборудование:** таблицы, рыбоводно-биологические нормативы, мультимедийная презентация.

**Задание:**

1) изучите понятия «рыбопродукция» и «рыбопродуктивность» и запишите их определения;

2) зарисуйте зоны рыбоводства Республики Беларусь.

**Рыбопродукция** – это общая масса рыбы, полученная с единицы площади пруда в течение вегетационного сезона. Рыбопродуктивность и рыбопродукцию выражают в весовых единицах (килограммах, центнерах или тоннах) на один гектар площади пруда и нормируют по зонам рыбоводства. Величина рыбопродуктивности и рыбопродукции прудов зависит от природно-климатических условий района, используемой в хозяйстве технологии выращивания рыб, вида, возраста, породы рыб, а также уровня интенсификации, конструктивных особенностей прудов, общей культуры производства и др.

**Рыбопродуктивность прудов** – это суммарный прирост массы рыбы, полученный с единицы площади пруда в течение одного вегетационного сезона за счет использования рыбой естественной кормовой базы пруда и искусственных кормов. Прирост массы рыбы, полученный с единицы площади за счет естественной кормовой базы пруда в течение вегетационного сезона, принято называть естественной рыбопродуктивностью, а за счет искусственных кормов – кормовой рыбопродуктивностью.

Рыбопродуктивность, получаемая за счет естественной кормовой базы, изменяется в зависимости от длительности вегетационного сезона, вида рыбы, ее возраста, качества воды и почвы, а также от состояния естественной кормовой базы прудов и степени ее использования рыбой. Наиболее высокая естественная рыбопродуктивность наблюдается в прудах, расположенных в районах с продолжительным вегетационным периодом на плодородных почвах и питаемых водоисточником с плодородным водосбором. Средняя величина естественной рыбопродуктивности нормируется по зонам рыбоводства (табл. 2).

**Т а б л и ц а 2. Естественная рыбопродуктивность прудов**

Показатель	Зона рыбоводства						
	1	2	3	4	5	6	7
Средняя естественная рыбопродуктивность, кг/га	70	120*	150**	190	220	240	260

\*Витебская, Гродненская, Минская и Могилевская области.

\*\*Брестская и Гомельская области.

В зависимости от характера грунтов вводится поправочный коэффициент на исходную естественную рыбопродуктивность (табл. 3).

**Т а б л и ц а 3. Величина поправочного коэффициента на естественную продуктивность**

Почвы	Величина поправки
Средние по плодородию (подзолистые, суглинистые, выщелоченные, черноземы)	1,0
Малопродуктивные:	
галечные	0,4
торфянистые	0,5
песочные	0,6
Высокопродуктивные (черноземы)	1,2

Рыбопродуктивность, получаемая за счет использования рыбой искусственных кормов, также изменяется и зависит, помимо вышеуказанных факторов, от качества и количества искусственных кормов, способа приготовления и нормирования расхода кормов, техники их раздачи и др. За счет искусственных кормов в карповых прудовых хозяйствах получают до 50–80 % прироста рыбной продукции.

Величина рыбопродуктивности и рыбопродукции зависит от плотности посадки, средней индивидуальной массы рыб при посадке и вылове из прудов, а также штучного выхода рыб при вылове. При совместном выращивании в пруду нескольких видов рыб эти показатели учитывают для каждого вида.

Рыбохозяйственные водоемы могут очень сильно различаться между собой по уровню продуктивности (табл. 4).

**Т а б л и ц а 4. Уровень промысловой продуктивности естественных и искусственных рыбохозяйственных водоемов**

№ п. п.	Уровень промысловой продуктивности, кг/га (ц/га, т/га) за год	Общая характеристика водоема	Примечание (объекты промысла)
1	2	3	4
1	0,1–1,0 кг/га	Открытые участки Мирового океана с предельной прозрачностью. Океанические пустыни	Крупные кочующие хищные рыбы

1	2	3	4
2	1–10 кг/га	Прибрежные участки морей. Крупные чистые и холодные озера	Стайные, средние, преимущественно хищные рыбы
3	10–100 кг/га	Шельфовая зона морей. Средние и малые озера	Стайные, обычно мирные, средние рыбы
4	100–1 000 кг/га	Высокопродуктивные моря и шельфы. Водохранилища. Экстенсивные пруды	Преимущественно мелкие и средние мирные рыбы
5	10–100 ц/га	Интенсивно эксплуатируемые пруды. До 80 % прироста рыб – за счет вносимого корма	Стайные мирные и растительно-ядные рыбы
6	10–100 т/га	Экспериментальные пруды. Переход к промышленной технологии. Усиление проточности	Стайные хищные рыбы
7	100–1 000 т/га	Системы промышленного рыбоводства с применением полноценных кормов, технических средств кондиционирования водной среды и других средств промышленной технологии	Преимущественно хищные и всеядные рыбы, способные к обитанию при высоких плотностях посадки
8	1 000 – 10 000 т/га	Экспериментальные установки («акватроны») для установления рекордных значений рыбопродуктивности	Рыбы, способные к обитанию в крайне жестких условиях

Приведенный в таблице ранжирный список продуктивности различных рыбохозяйственных водоемов базируется на показателе *промысловой продуктивности*.

Под *промысловой продуктивностью* в данном случае понимается «количество рыбы, изымаемое из водоема различными видами и способами рыболовства» за год (Исаева, Карпова, 1980). Иными словами, – на показателе, характеризующем скорость изъятия из водоема рыбы. Это, конечно, не прямой показатель продуктивности, а некоторое усредненное значение количества добываемой в водоеме рыбы за длительный период времени.

Сам по себе показатель промысловой продуктивности может достаточно сильно отличаться от реальной естественной рыбопродуктивности водоема за тот же отрезок времени как в сторону понижения, так и в сторону повышения. Однако в условиях долговременной эксплуатации водоема он, как правило, весьма близок к уровню реальной рыбопродуктивности и практически никогда ее не превышает. Это позволяет использовать уровень промысловой продуктивности водоема в качестве предварительной оценки уровня естественной рыбопродуктивности.

В приведенной таблице первые 4 уровня продуктивности могут рассматриваться как уровни естественной рыбопродуктивности. Эта продуктивность целиком образуется за счет ресурсов самого водоема, т. е. работы его продуцентов, а разница по величине продукции на этих уровнях связана с различной концентрацией водных растений и их обеспеченностью биогенами, различиями по глубине и прозрачности водоема, с различной температурой и составом ихтиофауны.

Начиная с 5-го пункта таблицы, продуктивность водоема во все большей степени становится искусственной.

Искусственной продукция считается в том случае, когда она образована человеком за счет привнесенного в водоем уже готового корма.

На уровне 5-го пункта таблицы доля естественной рыбопродуктивности в общей величине производимой водоемом рыбной продукции еще заметна, однако далее она стремительно уменьшается. На уровне 7-го и тем более 8-го пункта таблицы естественная рыбопродуктивность практически отсутствует и вся производимая водоемом рыбопродукция получается за счет искусственного корма.

Во второй части таблицы, по мере движения по шкале продуктивности, на первый план начинают выходить факторы интенсификации, связанные с деятельностью человека. Сначала связанные с увеличением плотности посадки рыб и их кормлением (начиная с 5-го уровня). Затем к ним поэтапно добавляются и другие факторы интенсификации – технического характера (6-й уровень), физико-химического (7-й уровень) и, наконец, общесистемного и информационного характера (8-й уровень).

Границы между приведенными в таблице уровнями продуктивности весьма условны, а сами показатели носят самый общий усредненный характер. Однако им есть и прямые экспериментальные подтверждения из научной и рыбохозяйственной литературы, а также из опыта и практики организации водоемов.

Приведем некоторые примеры:

- для многих открытых районов морей и океанов в литературе ук

- для рыбхозов южных районов бывшего Советского Союза (Средняя Азия) 7 ц/га – нормативный уровень их естественной продуктивности;

- в экспериментальных прудах Средней Азии сотрудниками МГУ во главе с Б. В. Веригиным была получена естественная рыбопродуктивность в 25 ц/га;

- в экспериментальных прудах (Африка) на базе растительноядных рыб значение естественной рыбопродуктивности составило 120 ц/га (устная информация С. А. Баранова);

- при экспериментальном выращивании некоторых рыб в замкнутых установках с использованием качественных комбикормов и других средств интенсификации производства удавалось получить 4 и даже 7 ц/м<sup>3</sup>, т. е. 70 000 ц рыбы с условного гектара (Н. А. Ваняев, 1967).

Каждый из вышеприведенных уровней продуктивности может рассматриваться как потенциальный, т. е. предельно достижимый для того или иного типа водоема.

Его конкретная величина определяется специфическим набором факторов и для многих случаев может быть изменена либо в сторону увеличения, либо в сторону уменьшения. Для этого надо лишь изменить набор определяющих уровень продуктивности факторов. В результате уровень естественной рыбопродуктивности с 1,5–2 ц/га может быть переведен в 120 ц/га и наоборот. При этом каждый из этих уровней для своего набора условий по-прежнему будет оставаться предельным.

**Пример перевода.** Условия получения 120 ц/га: вегетационный период – 365 дней, средняя температура – 28–30 °С, культивируемые рыбы – растительноядные на 100 % (1-й трофический уровень).

Условия для прудовых хозяйств с нормативной рыбопродуктивностью 2 ц/га: вегетационный сезон – 100 дней, средняя температура – 18–20 °С, вид рыбы – карп (2-й трофический уровень).

*Последовательность перевода* (уравнивания показателей продуктивности):

1. Для уравнивания длины вегетационного периода 120 ц/га делим на 3,65 (365 дней / 100 дней). Получаем 33 ц/га.

2. Для учета реальной разницы температур 33 ц/га делим на 2,5 (термодинамическое правило Вант-Гоффа в связи с разницей температур на 10 °С). Получаем 13,2 ц/га.

3. Для учета разного трофического уровня культивируемых рыб (карп и растительноядные) 13,2 ц/га делим на 10 (переход энергии с одного трофического уровня на другой). Получаем 1,32 ц/га, что очень близко к нормативным величинам естественной рыбопродуктивности для средней полосы России.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определение рыбопродукции и рыбопродуктивности.
2. От чего зависит величина естественной рыбопродуктивности?
3. Что в аквакультуре понимается под промысловой продуктивностью?
4. Охарактеризуйте уровень промысловой продуктивности естественных и искусственных рыбохозяйственных водоемов.

## Лабораторная работа 7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

**Цель работы:** изучить моделирование продукционных процессов в водоемах.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) ответьте на контрольные вопросы.

Моделирование представляет собой один из общенаучных методов познания. В его основе лежит использование (изучение) объекта, замещающего реальный объект (оригинал), т. е. использование модели. Сведения, полученные при изучении модели, впоследствии переносятся на реальный объект. Важно, чтобы модель в главных своих свойствах однозначно соответствовала оригиналу. Только в этом случае сведения, полученные при ее изучении, могут принести пользу при их перенесении с модели на оригинал.

Чаще всего моделирование используется в тех случаях, когда обычные экспериментальные методы познания использовать затруднительно (объект изучения большой), опасно (объект изучения жизненно важен) или технически невозможно (объект находится в эксплуатации). Все эти ограничения обычно имеют место при работе с крупными природными экосистемами, в том числе с экосистемами реальных водоемов. Единственный способ эффективного управления ими – это предварительное «проигрывание» всевозможных ситуаций на модели водоема с последующей реализацией приемлемых вариантов на практике.

Модель – это всегда копия. Разная. В ряде случаев она может быть физической (машинка, с которой играет мальчик, или кукла, с которой играет девочка) или символической (в виде графиков, схем, карт). Для сложных динамических объектов, к которым относится и экосистема водоема, разрабатываются математические модели.

Математическая модель включает в себя систему аналитических уравнений, количественно представляющих взаимосвязь между различными величинами, описывающими функционирование изучаемого

объекта, а также набор данных, необходимых для решения этой системы уравнений (начальные условия, граничные условия, значения коэффициентов и т. д.).

В последнее время чаще всего математические модели, в том числе различных природных экосистем, реализуются в виде специального программного обеспечения для компьютеров, что позволяет в режиме опережающего прогнозирования анализировать большое количество возможных откликов природного объекта, например водоема, на те или иные антропогенные воздействия, выбирая для практического использования те варианты, которые лучше отвечают нашим интересам.

Применительно к гидробиологическим продукционным процессам таких моделей известно достаточно много, причем разного уровня сложности. Главное требование – включение в модель базовых природных закономерностей, а также определение некоторых начальных или исходных условий, относительно которых и должен в расчетном режиме исследоваться продукционный процесс.

Такие условия (показатели), которые могут рассматриваться как отправные («точка отсчета») в используемых нами моделях, называются стандартными. Стандартные показатели могут быть постоянными (константными), как это имеет место в продукционных моделях массонакопления (роста) рыб, или просто легко воспроизводимыми, как это имеет место для продукционной модели водоема.

Для используемой в данном пособии теоретической продукционной модели водоема используются следующие, условно принятые за стандартные величины показатели:

- 1) среднесуточная температура воды – 20 °С;
- 2) глубина фотического слоя – 2Н, где Н – прозрачность по диску Секки или его модифицированному для прудов варианту;
- 3) стандартное время года (для северного полушария) – 20 июня;
- 4) цветность сестона, т. е. мелких планктонных организмов и взвешенных в воде неорганических и органических (детрит) частиц, – 560 нм (желто-зеленый цвет);
- 5) насыщенность цвета сестона – 60 % (оставшиеся 40 % – примеси белого и черного цвета, т. е. «серость»);
- 6) сумма освещенности (за сутки) – 500 клк/ч;
- 7) влияние температуры – по термодинамическому правилу Вант-Гоффа.

Подобная система стандартных условий в комплексе с использованием системы известных закономерных связей между отдельными показателями позволяет выразить ряд сложных взаимоотношений в продукционной системе водоема в весьма простой аналитической форме и существенно ограничить неопределенность тех или иных теоретических и практических решений.

Так, например, по небольшому числу базовых показателей можно определить уровень продукционных возможностей водоема на текущий момент, скорость деструкционных процессов, оценить итоговый продукционный баланс, а значит – степень угрозы замора, связать параметры первично-продукционного процесса с потенциально возможной в данных условиях продуктивностью.

Графические варианты этой модели, учитывающей влияние большинства из вышерассмотренных факторов продуктивности водоема и предназначенной для использования в учебном процессе, реализованы в виде двух номограмм. Одна из них представлена так называемым гидробиологическим планшетом, вторая – экологическим планшетом.

В обоих планшетах в качестве базового показателя, от которого начинается поиск итоговых решений, является показатель прозрачности –  $H$ .

При стандартных условиях, зная этот легко измеряемый показатель, рыбовод имеет возможность с помощью гидробиологического планшета сразу же назвать наиболее вероятный уровень фотосинтеза, деструкции, общую направленность продукционного баланса, а по экологическому планшету – наиболее вероятный уровень естественной и предельной рыбопродуктивности.

Оба планшета предназначены для ориентировочных расчетов первично-продукционных процессов в водоеме с ярко выраженной планктонной составляющей, например рыбоводных прудов. Главная их задача – показать общую направленность и уровень продукционных процессов в водоеме. Поэтому они в первую очередь должны использоваться для учебных целей, но одновременно с этим могут быть весьма полезными инструментами и для производства.

Подробные инструкции по работе с гидробиологическим и экологическим планшетами будут рассмотрены далее.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое моделирование?
2. Какие величины приняты за стандартные и чему они равны?

## Раздел 2. РЫБОВОДНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАНШЕТ

### Лабораторная работа 8. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ РАБОТЫ С РЫБОВОДНЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПЛАНШЕТОМ

**Цель работы:** ознакомиться с назначением, структурой и особенностями экологического планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный экологический планшет.

**Задание:**

- 1) распечатайте в формате А4 рыбоводный экологический планшет;
- 2) внимательно изучите его структуру и ознакомьтесь с поясняющей информацией.

Выращивание рыб в контролируемых условиях – ключевой элемент абсолютно всех существующих рыбоводных технологий. Оно имеет место при искусственном воспроизводстве рыб на этапах подращивания личинок и выращивания посадочного материала, составляет главное содержание технологий получения товарной рыбы, используется при содержании ремонтно-маточных стад в преднерестовый и межнерестовый периоды для обеспечения необходимого прироста массы тела и формирования половых продуктов для следующего нереста. В большинстве случаев оно основывается на опыте предшественников, оставивших подробное описание своих действий, или ученых-рыбоводов, подготовивших соответствующие инструкции по итогам экспериментов по выращиванию рыб в конкретных условиях.

Во всех случаях такого рода инструкции содержат перечисление необходимых условий, соблюдение которых позволяет получить заранее известный результат, а именно рыбу определенного размера. Несоблюдение предписанных условий обычно приводит к заметному отклонению фактических результатов от ожидаемых.

Жесткая связь между условиями выращивания рыбы и ее конечными размерами есть следствие действия природных законов. Они составляют суть окружающего человека порядка, лежат в основе любой производственной деятельности и достаточно жестко ограничивают наши возможности. В том числе по выращиванию рыбы.

Рост рыбы, как природное свойство, характерное для всех живых организмов, помимо внешних факторов ограничивают и внутренние. Именно внутренние (генетические) факторы определяют предельно возможные проявления роста рыб – максимальную скорость массонакопления, предельные размеры, время жизни, характер связи между всеми ранее упомянутыми показателями, а во взаимодействии с внеш-

ними факторами – вообще весь диапазон возможного роста объекта культивирования.

В этой связи следует понимать, что точное количественное знание ограничений роста рыб условиями обитания в водоеме (температура, корм, содержание кислорода и т. д.), а также видовыми (внутренними, генетическими) особенностями культивируемых рыб, является обязательным условием успешного выращивания рыбы. Именно это знание позволяет специалисту-рыбоводу заранее сделать прогноз ожидаемого роста, оценить объем необходимых ресурсов, выстроить правильную последовательность действий и с наименьшими затратами добиться возможного в данных конкретных условиях результата. Наличие такого рода знаний, а также умение использовать их в реальных условиях составляют суть научно-информационного обеспечения рыбоводных процессов.

Если итогом такого научно-информационного обеспечения становится гармоничное и адекватное природе взаимодействие трех элементов рыбохозяйственного производства – водоема, рыбы и человека, результатом будет успех.

В настоящем пособии представлены инструменты (рыбоводные планшеты), позволяющие прогнозировать рыбоводные процессы в широком спектре внешних условий. Объектами прогнозирования в них являются рыбохозяйственный водоем (экологический и гидробиологический планшеты) и рыба (тактический, оперативно-тактический и технологический планшеты).

Каждый планшет представляет собой упрощенную графическую расчетную модель (копию, отображение) продукционных процессов, происходящих в рыбохозяйственном водоеме и в организме рыбы. Все базовые параметры данных моделей и ключевые связи между отдельными элементами в них воспроизводят реально существующие закономерности, т. е. основаны на совокупном опыте многих поколений рыбоводов.

Рыбоводные планшеты включают в себя в качестве ключевых элементов предельные величины продуктивности водоема и рыбы, а также набор количественных зависимостей фактической продуктивности от самых значимых факторов внешней среды. Это позволяет решать большое количество актуальных рыбоводных задач отдельно для каждого объекта, а в ряде случаев – с учетом их взаимодействия.

Предлагаемые к решению рыбоводные задачи будут сопровождаться, насколько это возможно, ссылками на рыбоводный опыт и литературные источники. В необходимых случаях будет использован математический аппарат, описывающий рост рыбы (стандартная модель массонакопления), и дополнительные параметры, используемые для количественной характеристики происходящих процессов.

Представленные в пособии задачи сменяют друг друга в двух направлениях – от простых к более сложным и от задач, касающихся рыбохозяйственных водоемов, к задачам, относящимся к росту различных видов рыб и его обеспечению.

С учетом того что в каждом планшете используются логарифмические шкалы и расчеты могут осуществляться методом перемещения отрезков, для наглядности широко используются поясняющие рисунки.

Все планшеты созданы в период с 1978 по 1983 г. и имеют указатель: «только для учебных...» или «...учебно-тренировочных целей». Это не означает, что получаемые в процессе работы с данными инструментами расчетные показатели устарели или не могут быть использованы на практике. Каждый планшет базируется на фундаменте надежно установленных природных закономерностей, действие которых с течением времени не меняется. Что же касается практического использования рыбоводных планшетов, то оно вполне возможно.

Планшеты позволяют на основе достаточно простых и информативных показателей быстро давать предварительную оценку состоянию водоема и рыбы с точки зрения их продукционных возможностей, спектра возможных вариантов действий. Далее на практике эта примерная оценка должна дополняться серьезным анализом реальных возможностей, контролем текущей ситуации и принятием соответствующих действий по корректировке рыбоводных процессов. Практика использования представленных в пособии инструментов показывает, что точность расчетов по планшетам во многих случаях вполне достаточна для производственных целей.

Система рыбоводных планшетов разработана в лаборатории теоретических основ рыбоводства (ТОР) Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХа) в период максимального развития рыбного хозяйства СССР (70–80-е гг. XX в.). Целью работы лаборатории являлось создание взаимосвязанной системы унифицированных стандартов продуктивности в области культурного рыбоводства. Планшеты представляют собой зримое воплощение успешного решения поставленной задачи.

К сбору, подготовке и анализу материалов для создаваемых расчетных моделей привлекались различные специалисты Всесоюзного научно-производственного объединения по рыбоводству (ВНПО по рыбоводству), однако основной вклад в их создание внесли сотрудники лаборатории ТОР ВНИИПРХа С. А. Баранов, В. Ф. Резников, Е. А. Стариков, Г. И. Толчинский.

**Поясняющая информация.** Экологический планшет является главным в системе расчетных инструментов, характеризующих состояние рыбохозяйственных водоемов и их возможности с точки зрения кормового обеспечения ихтиоценозов и промысловой продуктивности.

Общий вид планшета представлен на рис. 14.

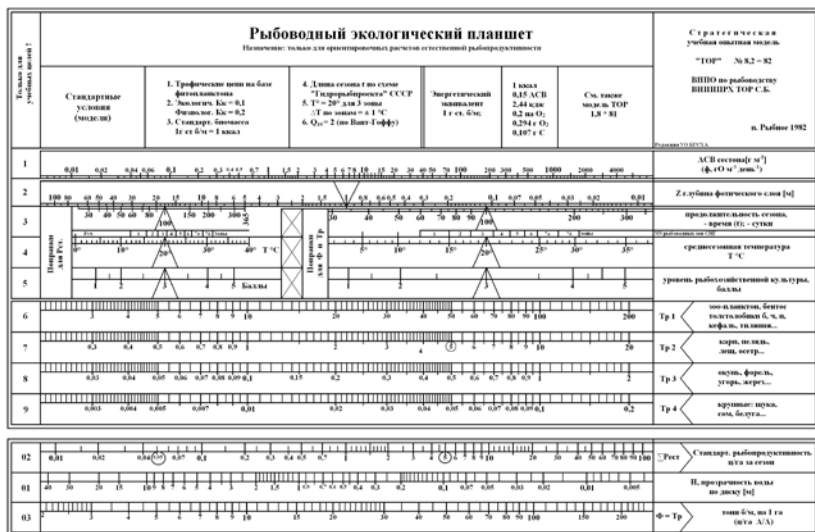


Рис. 14. Общий вид рыболовного экологического планшета

**Назначение** (указано в верхней части планшета под заголовком). Планшет предназначен для ориентировочных расчетов естественной рыбопродуктивности водоемов, в которых трофические цепи построены на базе фитопланктона. К подобным водоемам относятся рыболовные пруды; водоемы-охладители ТЭС и АЭС, крупных предприятий; большинство водохранилищ; открытые участки озер; глубокие карьеры и другие водоемы, в которых полностью или почти полностью отсутствует донная растительность.

Под естественной рыбопродуктивностью понимается та часть рыбы, которая производится самим водоемом за счет естественных процессов. В первую очередь – за счет аккумуляции водорослями падающей на поверхность данного водоема солнечной энергии.

**Особенности.** Экологический планшет является стратегической моделью (указано в верхней правой части планшета). Это означает, что решаемые с его помощью задачи относятся с точки зрения глубины планирования рыболовных процессов к процессам долгосрочным, т. е. на сезон или год. Минимальный отрезок времени – месяц.

**Структура.** Планшет состоит из трех частей:

- перечня стандартных условий и шкалы энергетических эквивалентов в прямоугольной зоне верхней части;

- вспомогательных и поправочных шкал в его центральной части (номера 1–9);
- подвижных базовых шкал (номера 01–03) в нижней части планшета.

Во всех случаях номера шкал указаны в левой части планшета, а значения количественных показателей на данных шкалах – в правой.

Подвижная шкала может быть отрезана от планшета для проведения расчетов методом переноса отрезков с одной части планшета на другую. Однако целесообразно этого не делать во избежание потери отрезанной части планшета, а использовать для переноса отрезков вспомогательный лист бумаги или обычную линейку.

**Стандартные условия модели.** Представлены в верхней части планшета и включают 6 характеристик, принятых в качестве точек отчета для оценки состояния водоема:

1. Трофические цепи обязательно на основе фитопланктона.
2. Экологический коэффициент, равный 0,1. Это означает, что в процессе питания с одного трофического уровня на другой переходит только 10 % энергии, а 90 % теряется. Максимальная эффективность – на уровне физиологического коэффициента 0,2.
3. Энергетическая ценность (стандарт) 1 г сырой биомассы 1 ккал.
4. Длина сезона по схеме Гидрорыбпроекта. Это 100 дней с температурой воздуха более 15 °С для 3-й зоны рыбоводства ( $\pm 15$  дней для других зон).
5. Температура 20 °С в 3-й зоне рыбоводства ( $\pm 1$  °С в других зонах).
6. Ускорение процессов в зависимости от изменения температуры на уровне  $Q_{10} = 2$  (эмпирическое правило Вант-Гоффа). Означает увеличение скорости биологических процессов в 2 раза при повышении температуры на 10 °С.

**Энергетические эквиваленты.** Шкала энергетических эквивалентов расположена в верхней части планшета справа от перечня стандартных условий. Представляет собой перечень показателей с различными размерностями (1 ккал; 0,15 АСВ; 2,44 кДж; 0,2 на O<sub>2</sub>; 0,294 г O<sub>2</sub>; 0,107 г С), которые эквивалентны, т. е. жестко связаны, с 1 г стандартной (сырой) биомассы сестона. Могут быть использованы в случае необходимости пересчета одних показателей в другие.

**Базовые шкалы.** Располагаются в нижней (отрезной) части планшета. Имеют самые маленькие номера (01–03), демонстрируют связь между ключевыми параметрами рыбохозяйственного водоема при соблюдении стандартных условий. Показывают следующее:

шкала 01 – прозрачность воды ( $H$ ) по диску Секки в метрах. Исходный показатель при осуществлении любых расчетов по планшету. Косвенным образом указывает на количество микроскопических растений в единице объема. Определяет продукционную мощность водоема. Значения  $H$  увеличиваются при движении влево;

шкала 02 – стандартную рыбопродуктивность ( $\sum P_{\text{ест}}$ ) в центнерах на гектар за сезон длиной 100 дней при температуре 20 °С. Увеличивается при движении в правую сторону. Показывает количество рыбы, производимой водоемом при естественном формировании ихтиоценоза и наличии в нем рыб различных трофических уровней – от растительноядных до крупных хищников.

шкала 03 – предельную продуктивность водоема  $\Phi = \text{Tr}_0$  в тоннах биомассы водорослей ( $\Phi$ ) или в центнерах ( $\text{Tr}_0$ ) на гектар за 100 дней при температуре воды в 20 °С. Увеличивается при движении в правую сторону. Показывает максимальное количество растительной или животной (в виде растительноядных рыб) биомассы, которую теоретически может произвести водоем.

**Вспомогательные шкалы.** Делятся на две группы.

Первая группа – с номерами 1–2, характеризует связь глубины прозрачности с количеством взвесей и глубиной фотического слоя.

Вторая группа – с номерами 6–9, характеризует продукционные возможности водоема на различных трофических уровнях. Все вспомогательные шкалы напрямую связаны со шкалой 01, т. е. с глубиной прозрачности водоема.

Шкала 1 показывает количество абсолютно сухого вещества (АСВ) во взвешенном состоянии при той или иной прозрачности ( $H$ ) в граммах на кубический метр, а также примерное количество кислорода, производимого в пересчете на один кубический метр воды за сутки.

Шкала 2 показывает глубину фотического слоя ( $Z$ ) в метрах, а также толщину освещенного слоя воды. В этом слое поглощается 99,9 % солнечной энергии. За его пределами фотосинтез невозможен. Ниже фотического слоя «вечная ночь».

В зависимости от интенсивности света  $Z$  может изменяться от  $1H$  (слабое освещение) до  $3H$  (сильное освещение). В модели во всех случаях  $Z = 2H$ .

Шкала 6 показывает естественную продуктивность водоема на первом трофическом уровне ( $\text{Tr}_1$ ). По значениям полностью совпадает со шкалой 03 (предельная продуктивность). Приведен перечень объектов, которые могут обеспечить такого рода продуктивность при прямом и 100%-ном потреблении производимой водоемом растительной продукции. Указаны зоопланктон, зообентос, толстолобики, кефаль, тилапия. Размерность в центнерах на гектар за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

Шкала 7 показывает естественную продуктивность водоема на втором трофическом уровне (Тр<sub>2</sub>). Указаны объекты данного уровня: карп, пелядь, лещ, осетр. Между ними и первичной продукцией одно промежуточное (трофическое) звено. Все показатели шкалы на порядок (в 10 раз) ниже, чем на шкале 6. Размерность в центнерах на гектар за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

Шкала 8 показывает естественную продуктивность водоема на третьем трофическом уровне (Тр<sub>3</sub>). Указаны объекты данного уровня: окунь, форель, угорь, жерех. Между ними и первичной продукцией два промежуточных (трофических) звена. Все показатели шкалы на порядок (в 10 раз) ниже, чем на шкале 7. Размерность в центнерах на гектар за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

Шкала 9 показывает естественную продуктивность водоема на четвертом трофическом уровне (Тр<sub>4</sub>). Указаны объекты данного уровня: крупная щука, сом, белуга. Между ними и первичной продукцией три промежуточных (трофических) звена. Все показатели шкалы на порядок (в 10 раз) ниже, чем на шкале 8. Размерность в центнерах на гектар за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

**Примечание.** По шкалам 6–8 наискосок проходит пунктирная линия, сопряженная с двумя показателями, выделенными кружками, – 0,05 и 5. Эта линия воспроизводит шкалу 02 (стандартная рыбопродуктивность) и отображает тот факт, что в прозрачных водоемах преимущество в борьбе за кормовые ресурсы получают хищные рыбы, ориентирующиеся с помощью зрения. Следствием данного факта является увеличивающийся во все более чистых водоемах разрыв между стандартной и предельной рыбопродуктивностью.

**Поправочные шкалы.** Имеют номера 3–5 и делятся на две части: левую и правую. Каждая из них предваряется вертикальным прямоугольником, захватывающим все три шкалы. В каждом прямоугольнике соответствующее пояснение. В левом – «Поправки для Рст», в правом – «Поправки для Ф и Тр». Это означает, что левая группа поправок относится к шкале 02 (стандартная рыбопродуктивность), а правая – к шкале 03 (предельная продуктивность). Поправки могут вноситься по трем показателям: длительность сезона, температура и уровень рыбохозяйственной культуры. Их стандартные значения (точки отсчета) выделены треугольниками.

Шкала 3 – поправки на длительность сезона. Стандарт 100 дней. Разброс значений от 30 дней (слева) до 365 дней (справа). В нижней части шкалы номера рыбоводных зон.

Шкала 4 – поправки на температуру воды. Стандарт 20 °С. Разброс значений от 0 до 40 °С. В данной шкале реализовано правило Вант-Гоффа ( $Q_{10} = 2$ ). Это означает, что при повышении температуры на 10 °С показатели продуктивности увеличиваются в 2 раза.

Шкала 5 – поправки на уровень рыбохозяйственной культуры. Стандартный показатель 3 балла. Принято, что этот показатель обозначает отсутствие целенаправленного воздействия человека на ихтиоценоз и водоем в целом. При целенаправленной работе по изменению состояния рыбохозяйственного водоема его рыбопродуктивность может быть увеличена или уменьшена. Изменение показателя на 1 балл (вверх или вниз) означает изменение базовых величин рыбопродуктивности в 2 раза (вверх или вниз), на 2 балла – соответственно в 4 раза. Оценка показателя сугубо индивидуальна и субъективна. Используется по желанию пользователя.

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте принцип работы с планшетом.
2. Какие условия в данном планшете приняты за стандартные?

### Лабораторная работа 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЛИЧИНАХ ПРОЗРАЧНОСТИ И ГЛУБИНЕ ВОДОЕМА В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный экологический планшет.

#### Задание:

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Определение естественной рыбопродуктивности водоема при различных величинах прозрачности и глубине водоема в стандартных условиях – самая простая из возможных задач, решаемых с применением экологического планшета. Используются шкалы 01 и 02.

Алгоритм действий:

1. На шкале 01 находится значение прозрачности ( $H$ ) в метрах.
2. Напротив этого значения на шкале 02 считывается ответ (рис. 15).

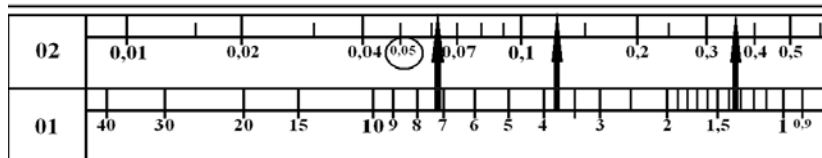


Рис. 15. Графическое представление алгоритма определения стандартной рыбопродуктивности по прозрачности водоема на экологическом планшете

В случае, если реальная глубина водоема ( $h$ ) равна удвоенному значению прозрачности –  $2H$  или (что то же самое) глубине фотического слоя ( $Z$ ) или превышает эту величину, ответ является окончательным. В случае, если реальная глубина водоема меньше  $2H$  (равна  $Z$ ), вносится понижающая поправка ( $K_{\nabla}$ ) на степень различия.

**Пример 1.** Реальная глубина водоема  $h = 2$  м, прозрачность  $H = 1$  м.

Последовательность действий:

1. На шкале 01 находим заданную величину прозрачности  $H = 1$  м. Выше данного значения, на шкале 02, считываем значение  $R_{ст} = 0,5$  ц/га.

2. Проверяем необходимость внесения поправки для  $R_{ст} = 0,5$  ц/га из-за возможного несоответствия реальной глубины водоема глубине фотического слоя. Реальная глубина водоема  $h = 2$  м. Глубина фотического слоя равна удвоенной прозрачности:  $Z = 2H = 2 \cdot 1 \text{ м} = 2$  м. Таким образом,  $Z = h = 2$  м. Поправку вносить не нужно.

3. Устанавливаем окончательное значение  $R_{ст}$ . Если поправку вносить не надо, то в качестве итогового значения естественной рыбопродуктивности принимаем  $R_{ст} = 0,5$  ц/га.

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность – 0,5 ц/га за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

**Пример 2.** Реальная глубина водоема  $h = 2$  м, прозрачность  $H = 0,5$  м.

Последовательность действий:

1. На шкале 01 находим  $H = 0,5$  м. На шкале 02 считываем значение  $R_{ст} = 1$  ц/га.

2. Проверяем необходимость внесения поправки:  $h = 2$  м;  $Z = 2H = 2 \cdot 0,5 \text{ м} = 1$  м. Таким образом,  $h > Z$ . Поправку вносить не нужно.

3. Итоговое значение естественной рыбопродуктивности без поправки  $R_{ст} = 1$  ц/га.

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность – 1 ц/га за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

**Пример 3.** Реальная глубина водоема  $h = 2$  м, прозрачность  $H = 1,5$  м.

Последовательность действий:

1. На шкале 01 находим  $H = 1,5$  м. На шкале 02 считываем базовое значение естественной рыбопродуктивности  $R_{ст} = 0,32$  ц/га.

2. Проверяем необходимость внесения поправки:  $h = 2$  м;  $Z = 2H = 2 \cdot 1,5 \text{ м} = 3$  м. Таким образом,  $h < Z$ . Фотический слой больше реальной глубины. Полная реализация фотосинтеза невозможна. Необходимо внесение поправки на несоответствие  $h$  и  $Z$ .

3. Определяем величину понижающей поправки ( $K_{\nabla}$ ). Для этого реальную глубину делим на глубину фотического слоя:

$$K_{\nabla} = h / Z = 2 \text{ м} / 3 \text{ м} = 0,67.$$

5. Определяем итоговое значение естественной рыбопродуктивности. Для этого базовое значение  $R_{ст}$  умножаем на понижающий коэффициент:

$$R_{ст} \cdot K_{\nabla} = 0,32 \cdot 0,67 = 0,2144 \text{ ц/га.}$$

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность – 0,21 ц/га за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

**Пример 4.** Реальная глубина водоема  $h = 2$  м, прозрачность  $H = 4$  м. Измерение прозрачности при подобном соотношении глубин возможно, если имеется хотя бы одно глубокое место (яма).

Последовательность действий:

1. На шкале 01 находим  $H = 4$  м. На шкале 02 считываем базовое значение естественной рыбопродуктивности  $R_{ст} = 0,12$  ц/га.

2. Проверяем необходимость внесения поправки:  $h = 2$  м;  $Z = 2H = 2 \cdot 4 \text{ м} = 8$  м. Таким образом,  $h < Z$ . Фотический слой значительно больше реальной глубины (в 4 раза – 8 м против 2 м). Полная реализация фотосинтеза невозможна. Необходимо внесение поправки на несоответствие  $h$  и  $Z$ .

3. Определяем величину понижающей поправки ( $K_{\nabla}$ ). Для этого реальную глубину делим на глубину фотического слоя:

$$K_{\nabla} = h / Z = 2 \text{ м} / 8 \text{ м} = 0,25.$$

4. Определяем итоговое значение естественной рыбопродуктивности. Для этого базовое значение  $R_{ст}$  умножаем на понижающий коэффициент:

$$R_{ст} \cdot K_{\nabla} = 0,12 \cdot 0,25 = 0,03 \text{ ц/га.}$$

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность – 0,03 ц/га за стандартный сезон (100 дней, 20 °С).

**Пример 5.** Реальная глубина четырех неспускных рыбоводных прудов с естественным ихтиоценозом  $h = 1,5$  м. Растительность отсутствует. Прозрачность ( $H$ ) – 1,2, 0,7, 0,5 и 0,3 м. Определите естественную рыбопродуктивность каждого пруда.

Последовательность действий:

1. Определяем базовые значения естественной рыбопродуктивности для каждого пруда. Для этого на шкале 01 находим последовательно 4 значения  $H$  (1,2, 0,7, 0,5 и 0,3 м). Для каждого из них на шкале 02 считываем значение  $R_{ст}$ . Получаем: 0,4; 0,7; 1,0 и 1,6 ц/га для 1, 2, 3 и 4-го прудов соответственно.

2. Проверяем необходимость внесения поправки на соответствие реальных глубин глубине фотического слоя. Реальная глубина во всех

водоемах одинакова:  $h = 1,5$  м. Фотический слой различается. Определяем  $Z = 2H$  для каждого из четырех прудов. Получаем соответственно: 2,4; 1,4; 1,0 и 0,6 м. Только в одном пруду, а именно в 1-м, глубина фотического слоя превышает реальную глубину водоема, и, значит, он не может полноценно функционировать. Для этого водоема необходима понижающая поправка. Для остальных она не нужна.

3. Определяем величину понижающей поправки ( $K_{\nabla}$ ) для 1-го пруда. Для этого его реальную глубину делим на глубину фотического слоя:

$$K_{\nabla} = h / Z = 1,5 \text{ м} / 2,4 \text{ м} = 0,625.$$

4. Определяем итоговую естественную рыбопродуктивность 1-го пруда. Для этого базовую величину естественной рыбопродуктивности данного пруда (п. 1 примера) умножаем на понижающую поправку.

Получаем:

$$Рст \cdot K_{\nabla} = 0,4 \text{ ц/га} \cdot 0,625 = 0,25 \text{ ц/га}.$$

5. Определяем итоговую естественную рыбопродуктивность для 2, 3 и 4-го прудов. Учитывая, что для этих прудов вносить понижающую поправку на несоответствие глубины водоема и глубины фотического слоя не нужно, за итоговое значение  $Рст$  принимаем базовые величины из п. 1 данного примера: 0,7; 1,0 и 1,6 ц/га.

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность четырех прудов за стандартный сезон составит (от 1-го до 4-го): 0,25; 0,7; 1,0; 1,6 ц/га.

**Пример 6.** Определите возможную естественную рыбопродуктивность олиготрофного, мезотрофного и эвтрофного водоемов в стандартных условиях, если их глубина 50, 25 и 6 м, а прозрачность 15, 3 и 0,5 м соответственно (параметры взяты из учебника И. С. Мухачева «Озерное рыбоводство», 2006, С. 49–51).

Последовательность действий:

1. Определяем базовые значения естественной рыбопродуктивности для каждого водоема. Для этого на шкале 01 находим последовательно три значения  $H$  (15, 3 и 0,5 м). Для каждого из них на шкале 02 считываем значение  $Рст$ . Получаем 0,028; 0,17 и 1 ц/га для 1, 2 и 3-го водоемов соответственно.

2. Проверяем необходимость внесения поправки на несоответствие реальной глубины водоема глубине фотического слоя. Во всех трех случаях реальная глубина водоема ( $h$ ) превышает глубину фотического слоя ( $Z$ ). Поправки не нужны.

3. Определяем итоговые значения  $Рст$ . Без внесения поправок итоговые значения  $Рст$  соответствуют базовым.

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность олиготрофного водоема – 0,028 ц/га, мезотрофного – 0,17, эвтрофного – 1,0 ц/га.

В учебнике И. С. Мухачева «Озерное рыбоводство» (2006) даны следующие величины для водоемов разных уровней трофности:

для олиготрофных – 1–4 кг/га (с. 50);

для мезотрофных – 10–30 кг/га (с. 50);

для эвтрофных – до 35–50 кг/га (с. 51) с учетом эпизодических заморозов и 100–194 кг/га (с. 53, табл. 6) без учета заморозов.

**Контрольные варианты заданий для задачи 2.1:** Определите естественную рыбопродуктивность водоема в стандартных условиях (Рст в центнерах на гектар за 100 дней при  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с учетом соотношения реальной глубины водоема и его прозрачности:

№ варианта	Условия	
	Глубина водоема, м	Прозрачность воды, м
1	3,8	2,0
2	3,4	1,8
3	3,2	1,7
4	3,0	1,6
5	2,8	1,5
6	2,6	1,4
7	2,5	1,3
8	2,5	1,0
9	2,4	1,2
10	3,8	2,0
11	5,5	2,7
12	4,9	2,5
13	4,8	2,5
14	4,7	2,4
15	4,6	2,3
16	4,5	2,3
17	4,4	2,3
18	4,3	2,3
19	4,2	2,6
20	4,1	3,0

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению естественной рыбопродуктивности водоема при различных величинах прозрачности и глубине водоема в стандартных условиях с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

## **Лабораторная работа 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЛИЧИНАХ ПРОЗРАЧНОСТИ И ГЛУБИНЕ ВОДОЕМА В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ И ПРИ РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО СОСТАВУ ИХТИОЦЕНОЗАХ**

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный экологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Подобные задачи актуальны в тех случаях, когда предпринимаются целенаправленные усилия по изменению состава ихтиоценоза при сохранении уровня трофности водоема. Для их решения помимо колонок 01 и 02 используются шкала 03, а также шкалы 6–9. Принцип работы тот же, что и в лабораторной работе 9, – прямой переход от прозрачности к итоговому результату на соответствующей шкале.

**Пример 7.** Определите возможную естественную продуктивность четырех одинаковых водоемов с глубиной 6 м и прозрачностью 2 м в стандартных внешних условиях (100 дней, 20 °С), если в одном из них выращивается только растительноядная рыба (толстолобик), в другом – только карп, в третьем – крупный хищник (щука), в четвертом представлены разные виды рыб, обычные для соответствующих природных водоемов.

**Последовательность действий:**

1. Определяем базовые значения естественной рыбопродуктивности для заданной величины прозрачности. Для этого на шкале 01 находим значение  $H = 2$  м. Выше этого значения, на шкале 02, считываем значение  $R_{ст} = 0,25$  ц/га, а ниже, на шкале 03, – значение  $Tr = 11$  ц/га.

2. Проверяем соотношение реальной глубины водоема и глубины фотического слоя. Реальная глубина водоема ( $h = 6$  м) заметно превышает глубину фотического слоя ( $Z = 2 \text{ м} \cdot 2 = 4$  м). Поправки не нужны для всех вариантов.

3. Определяем возможную рыбопродуктивность в водоеме с толстолобиками. В случае отсутствия необходимости в поправке на реальную глубину водоема за итоговое значение принимается базовая величина  $Tr = 11$  ц/га. Это значение дублируется на шкале 6 (рис. 16). В случае определения рыбопродуктивности ( $Tr$ ) для рыб других трофических уровней в качестве базовой лучше использовать именно эту шкалу, а также тесно связанные с ней шкалы 7–9.

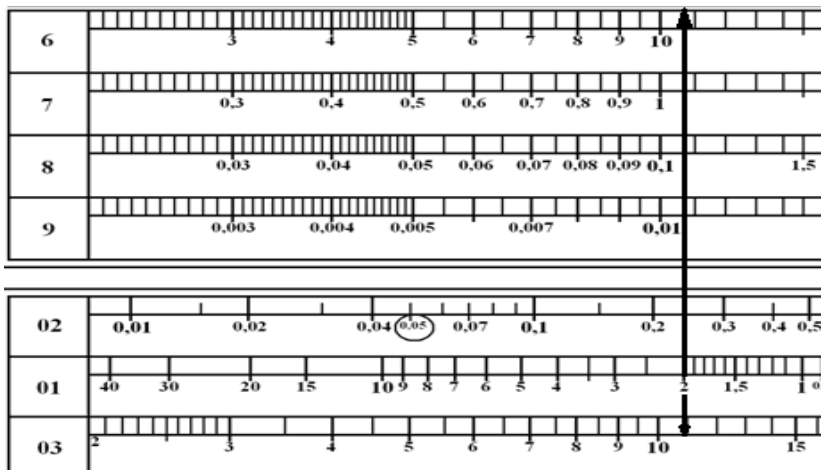


Рис. 16. Определение предельной продуктивности для  $H = 2$  м

4. Определяем возможную рыбопродуктивность в водоеме с карпом путем считывания показателя, лежащего напротив заданной прозрачности ( $H = 2$  м), со шкалы 7 (рис. 17) и ниже показателя для толстолобиков (11 ц/га). Итоговое значение  $Tr = 1,1$  ц/га.

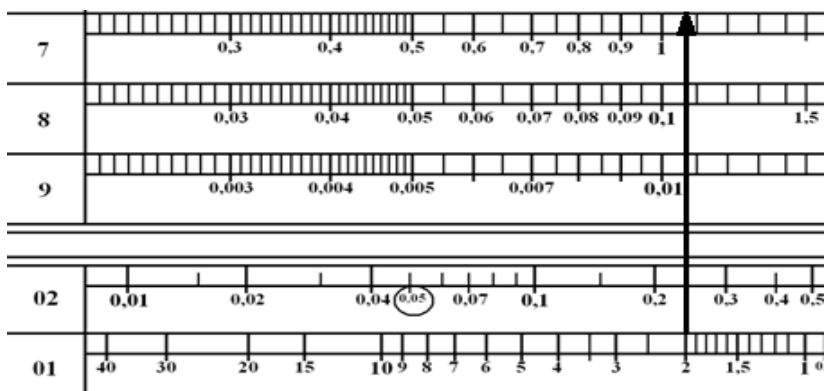


Рис. 17. Определение рыбопродуктивности по карпу для  $H = 2$  м

5. Определяем возможную рыбопродуктивность в водоеме с крупными хищниками путем считывания показателя, лежащего напротив заданной прозрачности ( $H = 2$  м), со шкалы 9 (рис. 18) и на три ступе-

ни ниже показателя для толстолобиков (11 ц/га). Итоговое значение  $Tr = 0,011$  ц/га.

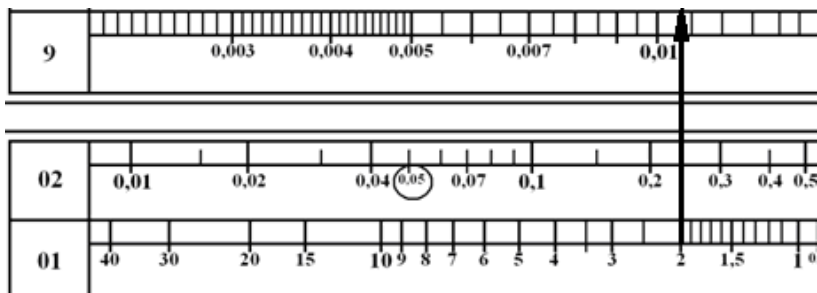


Рис. 18. Определение рыбопродуктивности по щуке для  $H = 2$  м

6. Определяем итоговую рыбопродуктивность в водоеме с обычным составом ихтиоценоза ( $P_{ст}$ ). С учетом отсутствия необходимости внесения поправок на реальную глубину водоема за  $P_{ст}$  принимаем ее базовое значение (п. 1 примера), равное 0,25 ц/га.

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность в одинаковых по трофности водоемах при  $H = 2$  м может составить по толстолобикам  $Tr = 11$  ц/га, по карпу –  $Tr = 1,1$  ц/га, по щуке –  $Tr = 0,011$  ц/га, для обычного по составу ихтиоценоза –  $P_{ст} = 0,25$  ц/га.

**Контрольные варианты заданий для задачи 2.2:** Определите естественную рыбопродуктивность водоема ( $Tr$ , ц/га) для монокультуры в стандартных условиях, если:

№ варианта	Условия				
	Глубина водоема, м	Прозрачность воды, м	Объект выращивания		
			<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
1	3,8	2,0	Белый амур	Карп	Окунь
2	3,4	1,8	Белый амур	Карп	Окунь
3	3,2	1,7	Белый амур	Карп	Щука
4	3,0	1,6	Тиляпия	Карп	Окунь
5	2,8	1,5	Белый амур	Карп	Окунь
6	2,6	1,4	Белый амур	Карп	Окунь
7	2,5	1,3	Белый амур	Карп	Сом
8	2,5	1,0	Белый амур	Карп	Окунь
9	2,4	1,2	Тиляпия	Карп	Окунь
10	3,8	2,0	Белый амур	Карп	Окунь
11	5,5	2,7	Белый амур	Карп	Сом

12	4,9	2,5	Белый амур	Карп	Окунь
13	4,8	2,5	Тиляпия	Карп	Окунь
14	4,7	2,4	Белый амур	Карп	Окунь
15	4,6	2,3	Белый амур	Карп	Щука
16	4,5	2,3	Тиляпия	Карп	Окунь
17	4,4	2,3	Белый амур	Карп	Окунь
18	4,3	2,3	Белый амур	Карп	Судак
19	4,2	2,6	Тиляпия	Карп	Окунь
20	4,1	3,0	Белый амур	Карп	Окунь

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению естественной рыбопродуктивности водоема при различных величинах прозрачности и глубине водоема в стандартных условиях и при различающихся по составу ихтиоценозах с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМА С ФОРМИРУЕМЫМ СЛОЖНЫМ ИХТИОЦЕНОЗОМ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыболовный экологический планшет.

**Задание:**

1) ознакомьтесь с методикой решения;

2) решите задачу согласно выданному варианту.

Подобного типа задачи могут быть актуальными в случае направленного формирования ихтиоценозов в регулируемых водных экосистемах (озерное, пастбищное, рекреационное рыбоводство, вновь создаваемые рыбохозяйственные водоемы, рыбохозяйственная мелиорация с целью повышения или изменения продуктивности водоема, акклиматизация новых объектов и т. д.).

**Пример 8.** Определите рыбопродуктивность водоема, в котором 37 % ихтиоценоза (по доле используемой кормовой базы) могут занять растительоядные рыбы, 25 % – мирные, 25 % – некрупные хищники, 13 % – крупные хищники. Глубина водоема 4 м, прозрачность 1,5 м. Условия стандартные.

Последовательность действий:

1. На шкале 01 находим заданную величину прозрачности  $H = 1,5$  м. Определяем базовое значение предельной рыбопродуктивности  $Tr_0$ . Для этого ниже прозрачности  $H = 1,5$  м, на шкале 03, считываем значение. Таким образом,  $Tr_0 = 12,7$  ц/га.

2. Проверяем соотношение реальной глубины водоема и удвоенной прозрачности. Реальная глубина водоема ( $h = 4$  м) превышает глубину фотического слоя ( $Z = 1,5 \text{ м} \cdot 2 = 3 \text{ м}$ ). Поправки не нужны.

3. Рассчитываем рыбопродуктивность, которую в нашем задании должны обеспечить растительноядные (РЯР) рыбы. Расчет осуществляется через их долю в икhtiоценозе (37 %) в предположении, что одновременно это доля и в производимом водоемом корме, и в предельной рыбопродуктивности:

$$P_{\text{РЯР}} = T_{\text{P0}} \cdot 0,37 = 12,7 \cdot 0,37 = 4,7 \text{ ц/га.}$$

4. Рассчитываем рыбопродуктивность, обеспечиваемую мирными (Мрн) рыбами. Расчет осуществляется через их долю в икhtiоценозе (25 %), а также с учетом наличия дополнительного (промежуточного) трофического уровня (через коэффициент 0,1). Как и в предыдущем пункте, принимаем, что доля мирных рыб в 25 % относится к производимому водоемом корму. Расчет производится по следующей формуле:

$$P_{\text{Мрн}} = P_{\text{Пр}} \cdot 0,25 \cdot 0,1 = 12,7 \cdot 0,25 \cdot 0,1 = 0,3175 \text{ ц/га.}$$

5. Рассчитываем рыбопродуктивность, обеспечиваемую некрупными хищными (НХ) рыбами. Расчет осуществляется через их долю в икhtiоценозе (25 %), а также с учетом наличия двух дополнительных (промежуточных) трофических уровней, на каждый из которых переходит лишь 10 % энергии. Расчет производится по следующей формуле:

$$P_{\text{НХ}} = P_{\text{Пр}} \cdot 0,25 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 12,7 \cdot 0,25 \cdot 0,01 = 0,03175 \text{ ц/га.}$$

6. Рассчитываем рыбопродуктивность, обеспечиваемую крупными хищными (КХ) рыбами. Расчет осуществляется через их долю в икhtiоценозе (13 %), а также с учетом трех дополнительных (промежуточных) трофических уровней, на каждый из которых переходит лишь 10 % энергии. Расчет производится по следующей формуле:

$$P_{\text{КХ}} = P_{\text{Пр}} \cdot 0,13 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 12,7 \cdot 0,13 \cdot 0,001 = 0,001651 \text{ ц/га.}$$

7. Определяем общую ( $P_{\Sigma}$ ) рыбопродуктивность путем суммирования рыбопродуктивности по каждой группе рыб:

$$\begin{aligned} P_{\Sigma} &= P_{\text{РЯР}} + P_{\text{Мрн}} + P_{\text{НХ}} + P_{\text{КХ}} = 4,7 + 0,3175 + 0,0318 + 0,0017 = \\ &= 5,0509 \text{ ц/га.} \end{aligned}$$

**Ответ:** Общая естественная рыбопродуктивность формируемого икhtiоценоза может составить 5,0509 ц/га. Большую часть в ней составит продукция растительноядных рыб – 4,7 ц/га, продукция мирных рыб составит 0,3175 ц/га, мелких хищных – 0,0318 ц/га, крупных хищных – 0,0017 ц/га.

**Контрольные варианты заданий для задачи 2.3:** Определите естественную рыбопродуктивность водоема с искусственно созданным ихтиоценозом (в ц/га) в стандартных условиях, если:

№ варианта	Условия					
	Глубина водоема, м	Прозрачность воды, м	Состав ихтиофауны, %			
			Белый амур	Карп	Окунь	Щука
1	10,0	6,0	60	30	5	5
2	9,0	4,0	50	25	10	15
3	8,0	4,0	55	35	7	3
4	7,0	3,5	40	40	10	10
5	6,0	3,0	70	10	15	5
6	5,0	3,0	80	10	8	2
7	4,0	2,2	48	38	12	2
8	3,0	1,5	50	48	–	2
9	2,0	1,2	66	22	12	–
10	1,0	0,5	–	70	25	5
11	5,5	2,0	60	30	5	5
12	4,5	1,4	50	25	10	15
13	3,5	1,6	55	35	7	3
14	2,5	1,3	40	40	10	10
15	1,5	0,4	70	10	15	5
16	1,0	0,6	80	10	8	2
17	0,9	0,5	48	38	12	2
18	0,8	0,4	50	47	1	2
19	0,7	0,3	66	22	12	–
20	3,5	0,9	20	70	5	5

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению возможной естественной рыбопродуктивности водоема с формируемым сложным ихтиоценозом с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ОТ СТАНДАРТНЫХ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный экологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

В реальной жизни условия работы с водоемом, для которого требуется определить уровень естественной рыбопродуктивности, редко полностью соответствуют стандартным параметрам, т. е. 100 дней с температурой воды 20 °С. В зависимости от климатической зоны, индивидуальных особенностей водоема или характера его антропогенного использования, например водоем-охладитель, в нем от стандартных параметров может отличаться длительность вегетационного периода или средняя температура. Чаще – и то, и другое одновременно. В данном случае при определении ориентировочных значений естественной рыбопродуктивности необходимо внесение соответствующих поправок на величину этих отличий.

В экологическом планшете внесение поправок на реальную длительность вегетационного периода и температуру осуществляется с помощью поправочных шкал 3 и 4. При этом величину поправки устанавливают графическим способом. На первом этапе определяют величину необходимого поправочного отрезка и направление вносимой поправки, на втором – путем переноса отрезка на нужную шкалу (02 или 03) и его откладывания от заданной (или измеренной) прозрачности воды считывают необходимый ответ.

**Пример 9.** Определите естественную рыбопродуктивность (шкала 02) водоема, расположенного на юге, если его глубина 1,5 м, прозрачность  $H = 0,8$  м, длина вегетационного периода 200 дней, а средняя температура воды 28 °С (регулируется сбросами теплых вод ТЭС).

Последовательность действий:

1. Устанавливаем базовое значение  $R_{ст}$ . На шкале 01 находим прозрачность  $H = 0,8$  м. Выше данного значения, на шкале 02, считываем  $R_{ст} = 0,62$  ц/га.

2. Проверяем соотношение реальной глубины водоема и удвоенной прозрачности. Реальная глубина водоема ( $h = 1,5$  м) меньше глубины фотического слоя ( $Z = 0,8 \text{ м} \cdot 2 = 1,6$  м). Поправка на разницу фактической глубины и глубины фотического слоя необходима.

3. Определяем величину понижающей поправки ( $K_{\nabla}$ ). Для этого реальную глубину водоема делим на глубину фотического слоя:

$$K_{\nabla} = h / Z = 1,5 \text{ м} / 1,6 \text{ м} = 0,9375.$$

Рассчитанное значение понижающего коэффициента будет использовано после внесения поправок на длительность сезона и температуру.

4. Вносим поправку на длительность сезона. Для внесения поправки необходимо в левой части шкалы 3 отмерить отрезок между стан-

дартным значением времени 100 дней (помещено в треугольнике) и фактическим значением длительности сезона и зафиксировать (любым способом) направление изменений. В нашем случае оно идет в правую сторону от стандарта времени (рис. 19).

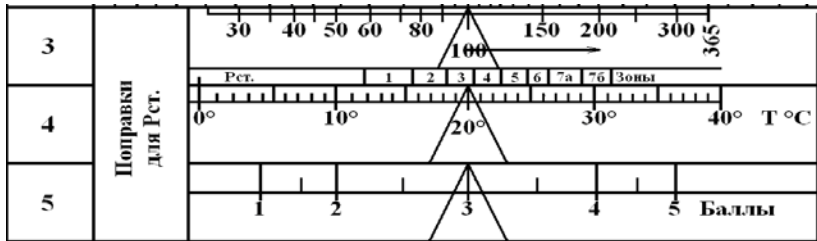


Рис. 19. Графическое определение величины поправки на длительность вегетационного периода

После определения величины поправки и ее направления отрезок переносится на шкалу 02 и своим началом совмещается с рыбопродуктивностью, соответствующей фактической прозрачности. В нашем случае при  $H = 0,8$  м она равна 0,62 ц/га. Конец стрелки покажет на шкале 02 поправленное значение рыбопродуктивности (рис. 20). В нашем случае Рст будет равно 1,3 ц/га.

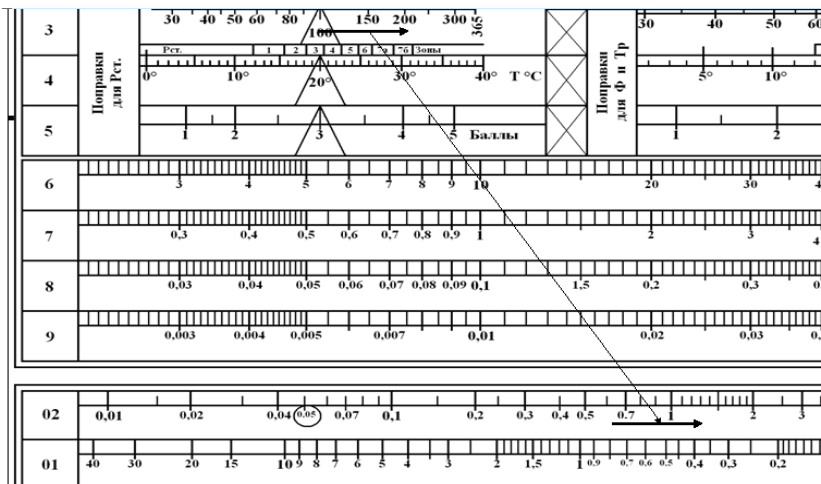


Рис. 20. Схема внесения поправки на длительность вегетационного периода

5. Вносим поправку на реальную температуру воды. Для внесения поправки необходимо в левой части шкалы 3 отмерить отрезок между стандартным значением температуры 20 °С (помещено в треугольнике) и фактическим значением температуры, а также зафиксировать (любым способом) направление изменений. Как и в предыдущем пункте, направление обозначено стрелкой, которая показывает вправо от стандарта температуры (рис. 21).

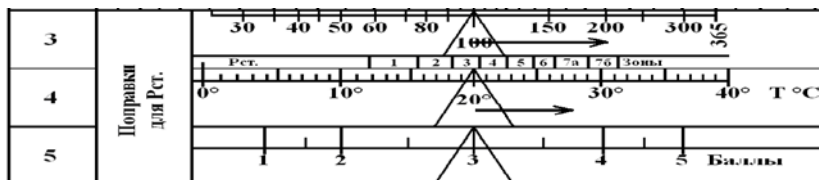


Рис. 21. Графическое определение величины поправки на температуру воды

После определения величины поправки и ее направления отрезок переносится на шкалу 02 и своим началом совмещается с ранее поправленным значением рыбопродуктивности, т. е. с величиной 1,3 ц/га. Конец стрелки покажет на шкале 02 окончательное значение рыбопродуктивности с учетом уже двух поправок – на длительность сезона и температуру (рис. 22). В нашем случае она составит примерно 2,3 ц/га.

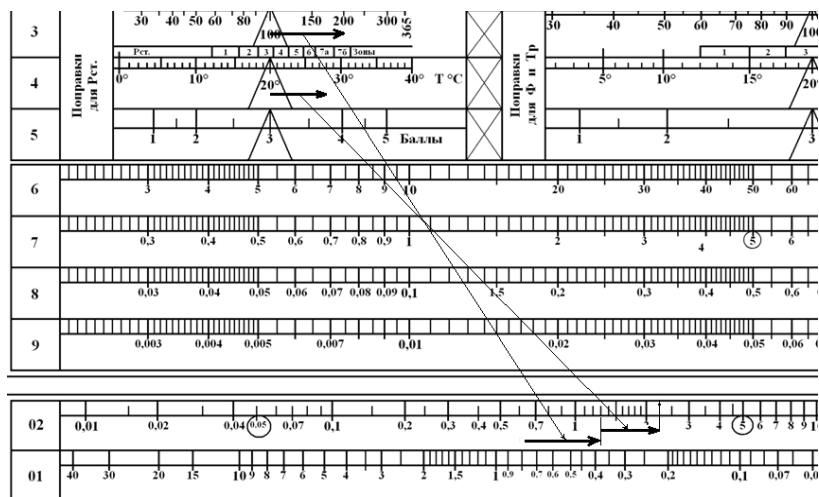


Рис. 22. Схема внесения двух поправок: на время и температуру

6. С учетом необходимости внесения понижающего коэффициента из-за неполного соответствия реальной глубины водоема глубине фотического слоя делаем перерасчет итоговой рыбопродуктивности:

$$P_{\text{итог}} = 2,3 \text{ ц/га} \cdot K_{\nabla} = 2,3 \text{ ц/га} \cdot 0,9375 = 2,15 \text{ ц/га}.$$

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность водоема в заданных условиях с учетом поправок на длительность сезона (200 дней) и температуру (28 °С) составит 2,15 ц/га.

**Пример 10.** Определите стандартную, т. е. самостоятельно складывающуюся (шкала 02, Pст), и предельную, т. е. потенциально возможную при реконструкции ихтиоценоза в сторону растительных рыб (шкала 03, Тр), естественную рыбопродуктивность водоема, если его глубина 3,5 м, прозрачность  $H = 2$  м, длина вегетационного периода 350 дней, а средняя температура воды 12 °С.

Последовательность действий:

1. Определяем базовые значения Pст и Тр при прозрачности  $H = 2$  м. Для этого на шкале 01 находим прозрачность  $H = 2$  м. Выше и ниже этого значения считываем базовые значения: Pст = 0,26 ц/га, Тр = 10,8 ц/га.

2. Проверяем соотношение реальной глубины водоема и удвоенной прозрачности. Реальная глубина водоема ( $h = 3,5$  м) меньше глубины фотического слоя ( $Z = 2 \text{ м} \cdot 2 = 4 \text{ м}$ ). Поправка на разницу фактической глубины и глубины фотического слоя необходима.

3. Определяем величину понижающей поправки ( $K_{\nabla}$ ). Для этого реальную глубину водоема делим на глубину фотического слоя:

$$K_{\nabla} = h / Z = 3,5 \text{ м} / 4 \text{ м} = 0,875.$$

Рассчитанное значение понижающего коэффициента будет использовано после внесения поправок на длительность сезона и температуру.

**Примечание.** С учетом поставленной задачи на определение разницы между реальной и потенциальной естественной рыбопродуктивностью водоема, а также структуры планшета внесение поправок на длительность вегетационного сезона и температуру воды будет производиться отдельно для каждого вида естественной рыбопродуктивности. По левому блоку поправок на шкалах 3–4 – для стандартной рыбопродуктивности (шкала 02), по правому блоку поправок – для предельной рыбопродуктивности (шкала 03).

4. Определяем поправку на длительность сезона для предельной рыбопродуктивности (шкала 03, Тр). Для внесения поправки в правой части шкалы 3 («Поправки для Ф и Тр») отмеряем отрезок между стандартным значением времени 100 дней (помещено в треугольнике)

и фактическим значением длительности сезона 350 дней. Стрелкой фиксируем направление изменений (рис. 23).

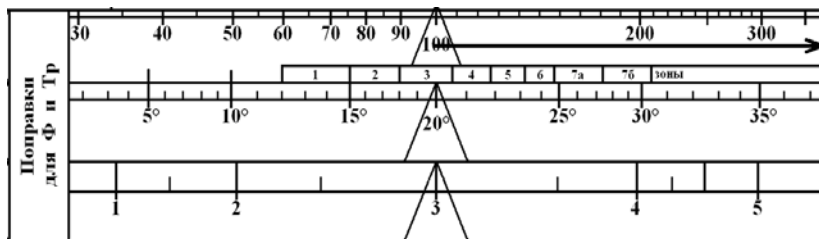


Рис. 23. Графическое определение величины поправки на длительность вегетационного периода для Tr (правый блок поправок на шкалах 3–5)

5. Определяем поправку на температуру для предельной рыбопродуктивности (шкала 03). Для внесения поправки в правой части шкалы 4 («Поправки для Ф и Tr») отмеряем отрезок между стандартным значением температуры  $20^{\circ}\text{C}$  (помещено в треугольнике) и фактическим значением температуры  $12^{\circ}\text{C}$ . Стрелкой фиксируем направление изменений, а именно – в левую сторону планшета (рис. 24). Отметим, что в данном примере поправки идут в разных направлениях.

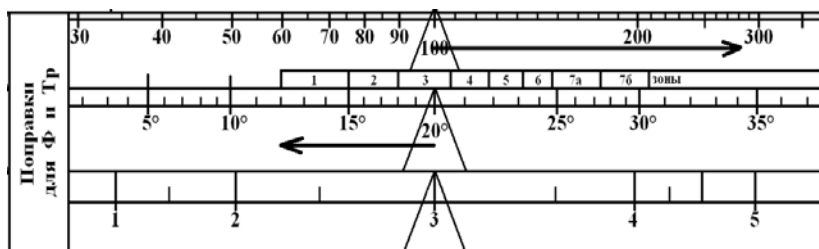


Рис. 24. Графическое определение величины поправки на температуру для шкалы 03 (Tr) (правый блок поправок на шкалах 3–5)

Видно, что поправка на температуру противоположна по направлению поправке на длительность вегетационного периода.

6. Вносим поправки на предельную продуктивность (шкала 03, Tr) путем последовательного переноса ранее измеренных отрезков на шкалу 03. При этом первый отрезок (1-я поправка) начинается от заданной величины прозрачности, а каждый последующий (2-я поправка, 3-я поправка – если она необходима) – от той точки на шкале 03, где закончилась предыдущая (рис. 25).

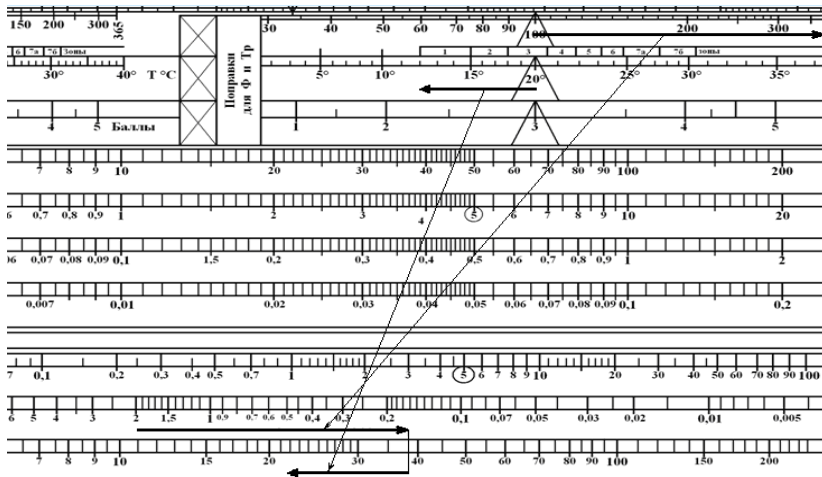


Рис. 25. Схема внесения двух поправок: на время и температуру – для предельной естественной рыбопродуктивности ( $Tr$ )

На рис. 25 видно, что после внесения первой поправки на длительность выращивания значение предельной рыбопродуктивности ( $Tr$ ) от исходной величины в 11 ц/га увеличилось примерно до 38 ц/га, а после внесения второй поправки (с противоположным вектором) уменьшилось до 22 ц/га. Итоговое значение предельной рыбопродуктивности  $Tr = 22$  ц/га.

7. Определяем поправку на длительность сезона для стандартной рыбопродуктивности (шкала 02). Для внесения поправки в левой части шкалы 3 («Поправки для Рст») отмеряем отрезок между стандартным значением времени 100 дней (помещено в треугольнике) и фактическим значением длительности сезона 350 дней. Стрелкой фиксируем направление изменений (рис. 26).

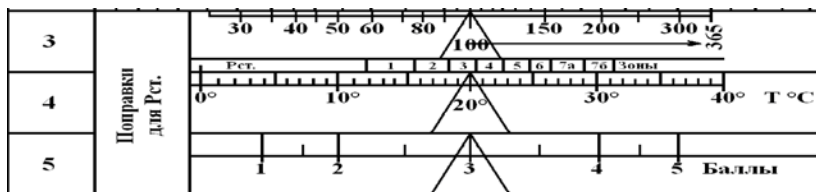


Рис. 26. Графическое определение величины поправки на длительность вегетационного периода для Рст (левый блок поправок на шкалах 3–5)

8. Определяем поправку на температуру для стандартной рыбопродуктивности (шкала 02, Рст). Для внесения поправки в левой части шкалы 4 («Поправки для Рст») отмеряем отрезок между стандартным значением температуры 20 °С (помещено в треугольнике) и фактическим значением температуры 12 °С. Стрелкой фиксируем направление изменений, а именно – в левую сторону планшета (рис. 27).

Еще раз отметим, что поправки идут в разных направлениях.

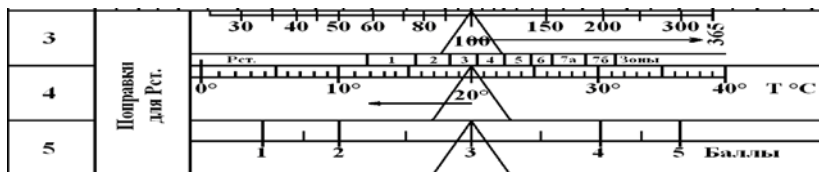


Рис. 27. Графическое определение величины поправки на температуру для Рст (левый блок поправок на шкалах 3–5)

Видно, что поправка на температуру противоположна по направлению поправке на длительность вегетационного периода.

9. Вносим поправки на стандартную продуктивность (шкала 02, Рст) путем последовательного переноса ранее измеренных отрезков (рис. 27) на шкалу 02. Внесение поправок, так же как и в п. 5 данного примера, осуществляется путем последовательного откладывания отрезков (рис. 28).

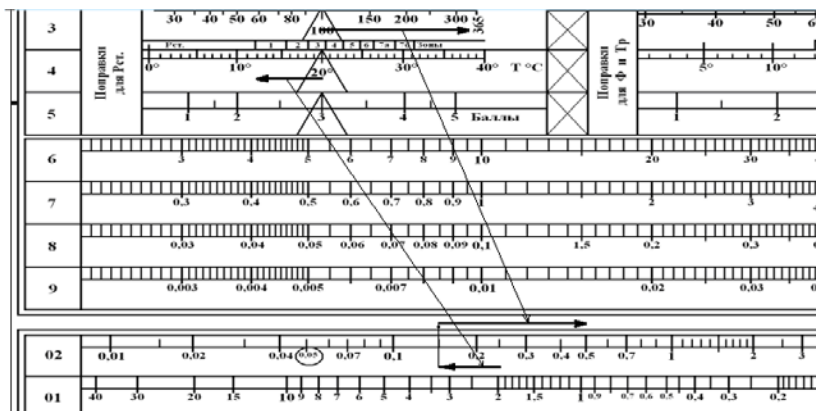


Рис. 28. Схема внесения двух поправок: на время и температуру – для стандартной естественной рыбопродуктивности (Рст)

На рис. 28 видно, что после внесения первой поправки на температуру значение стандартной рыбопродуктивности ( $P_{ст}$ ) от исходной величины в 0,25 ц/га уменьшилось до 0,15 ц/га, а после внесения второй поправки (с противоположным вектором) на длительность выращивания увеличилось от этой величины до 0,5 ц/га. Итоговое значение  $P_{ст} = 0,5$  ц/га.

10. После установления скорректированных по длительности выращивания и температуре значений стандартной ( $P_{ст}$ ) и предельной рыбопродуктивности ( $Tr$ ) необходимо внести поправку на несоответствие глубины водоема глубине фотического слоя. Понижающий коэффициент  $K_{\nabla}$  ранее был определен равным 0,875. С учетом этой величины итоговые значения  $P_{ст}$  и  $Tr$  будут равны:

$$P_{ст} = 0,5 \text{ ц/га} \cdot 0,875 = 0,4375 \text{ ц/га};$$

$$Tr = 22 \text{ ц/га} \cdot 0,875 = 19,25 \text{ ц/га}.$$

Таким образом, разница между наиболее вероятным уровнем естественной рыбопродуктивности и предельно возможным может составить:  $19,25 - 0,4375 = 18,8125$  ц/га.

В пределах указанного диапазона возможно повышение рыбопродуктивности водоема за счет сознательной корректировки структуры ихтиоценоза в сторону растительноядных рыб без изменения трофического статуса самого водоема. При этом каждый шаг в направлении повышения продуктивности будет становиться все более трудным, а получаемая продукция – дорогой.

**Ответ:** Естественная рыбопродуктивность водоема (при самостоятельном формировании ихтиоценоза)  $P_{ст} = 0,4375$  ц/га, предельная рыбопродуктивность (на базе растительноядных)  $Tr = 19,25$  ц/га.

**Контрольные варианты заданий для задачи 2.4:** Определите естественную рыбопродуктивность водоема (в ц/га) в условиях, отличающихся от стандартных, если:

№ варианта	Условия				
	Глубина водоема, м	Прозрачность воды, м	Сезон, дн.	Температура, °С	Вид рыб
1	10,0	6,0	130	18	Сиг
2	9,0	4,0	140	19	Карп
3	8,0	4,0	150	21	Белый амур
4	7,0	3,5	160	22	Сиг
5	6,0	3,0	170	23	Карп
6	5,0	3,0	180	25	Белый амур
7	4,0	2,2	190	22	Сиг
8	3,0	1,5	200	26	Карп
9	2,0	1,2	190	24	Белый амур

10	1,0	0,5	300	28	Сиг
11	5,5	2,0	220	26	Карп
12	4,5	1,4	130	16	Белый амур
13	3,5	1,6	140	18	Сиг
14	2,5	1,3	150	22	Карп
15	1,5	0,4	140	23	Белый амур
16	1,0	0,6	180	25	Сиг
17	0,9	0,5	190	24	Карп
18	0,8	0,4	200	24	Белый амур
19	0,7	0,3	125	26	Карп
20	3,5	0,9	170	24	Белый амур

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению естественной рыбопродуктивности в условиях, отличающихся от стандартных, с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЕСТЕСТВЕННОЙ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ В ВОДОЕМАХ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ ТРОФНОСТИ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный экологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Данная задача интересна с точки зрения сравнения всей производимой водоемом первичной растительной продукции с той ее частью, которая доходит до уровня рыбы, а также для оценки объема растительной продукции, которая может быть использована другими, нерыбными водными объектами (червями, моллюсками, ракообразными, личинками насекомых и т. д.).

**Пример 11.** Дано: четыре водоема с разными характеристиками:

1-й водоем – глубина  $h = 10$  м, прозрачность  $H = 7$  м;

2-й водоем –  $h = 1$  м,  $H = 0,5$  м;

3-й водоем –  $h = 0,2$  м,  $H = 0,1$  м;

4-й водоем:  $h = 0,1$  м,  $H = 0,01$  м.

Условия по длительности сезона и температуре стандартные.

Необходимо определить долю первичной продукции водоема, которая не используется на образование рыбной продукции.

**Задание.** Дайте оценку каждому водоему с точки зрения рыбохозяйственного или иного использования его. Определите долю первичной продукции, которая обычно не используется в водоеме для образования рыбной продукции.

Последовательность действий:

1. Используя общие представления о рыбохозяйственных водоемах, проводим оценку каждого из четырех водоемов на вероятность обитания в нем промысловых видов рыб. Подобная оценка показывает следующее:

- 1-й водоем может являться типичным олиготрофным водоемом с характерным для него набором рыб, преимущественно хищных;

- 2-й водоем может рассматриваться как типичный рыбоводный пруд в разгар летнего выращивания рыбы, например карпа;

- 3-й водоем по своей глубине (20 см) и степени загрязненности ( $H = 10$  см) не может рассматриваться как в полной мере рыбохозяйственный. Таким водоемом может быть, например, рисовый чек, в котором одновременно с рисом содержится рыбы. Аналогичные характеристики могут иметь прибрежные мелководные участки в цветущих водоемах. В природе рыба пребывает в них на временной основе с целью кормления. Как правило – в сумерках;

- 4-й водоем по своим характеристикам (глубина 10 см, фотический слой 2 см) непригоден для обитания абсолютного большинства видов рыб, а в случае их принудительного размещения – для роста. Исключение составляет считанное число мелких рыб, особенно тех, которые способны дышать атмосферным воздухом.

2. Проводим оценку базовых значений естественной рыбопродуктивности ( $R_{ст}$ ) путем сопоставления значений прозрачности (шкала 01) с данными  $R_{ст}$ , расположенными на шкале 02 (рис. 29).

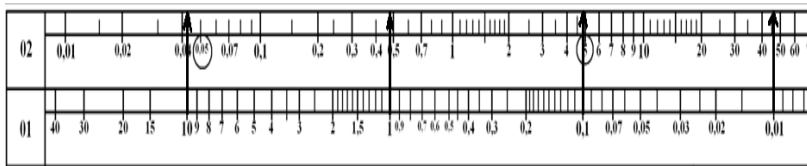


Рис. 29. Графический метод определения величины стандартной естественной рыбопродуктивности по прозрачности водоема, ц/га за 100 дней при  $T = 20$  °С (Шкалы 01 и 02 для наглядности раздвинуты относительно друга друга)

Анализ рис. 29 показывает, что для 1-го водоема ( $H = 10$  м)  $R_{ст} = 0,045$  ц/га, для 2-го –  $R_{ст} = 0,5$  ц/га, для 3-го –  $R_{ст} = 5$  ц/га; для 4-го –  $R_{ст} = 45$  ц/га.

3. Проводим оценку базовых значений предельной рыбопродуктивности ( $Tr$ ) и продукции растительной биомассы ( $\Phi$ ) путем сопоставле-

ния значений прозрачности (шкала 01) с данными ( $\Phi = \text{Tr}$ ), расположенными на шкале 03 (рис. 30).

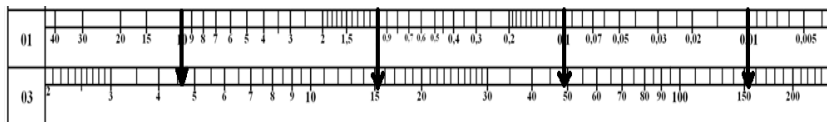


Рис. 30. Графический метод определения величины первичной продукции по прозрачности водоема, т/га за 100 дней при  $T = 20^\circ\text{C}$  (Шкалы 01 и 03 для наглядности раздвинуты относительно друг друга)

Анализ рис. 30 показывает, что для 1-го водоема с прозрачностью 10 м  $\text{Tr} = 4,7$  ц/га растительноядных рыб, или 4,7 т/га растительной биомассы за сезон; для 2-го водоема  $\text{Tr} = 15,5$  ц/га (т/га), для 3-го –  $\text{Tr} = 49$  ц/га (т/га); для 4-го –  $\text{Tr} = 155$  ц/га (т/га).

4. Проверяем соотношение реальной глубины и глубины фотического слоя в каждом водоеме. В 1-м водоеме реальная глубина водоема ( $h = 10$  м) меньше глубины фотического слоя ( $Z = 7 \text{ м} \cdot 2 = 14$  м). В двух водоемах эти глубины равны (2-й водоем:  $h = 1$  м,  $Z = 0,5 \text{ м} \cdot 2 = 1$  м; 3-й водоем:  $h = 0,2$  м,  $Z = 0,1 \text{ м} \cdot 2 = 0,2$  м); в 4-м – реальная глубина больше глубины фотического слоя:  $h = 0,1$  м,  $Z = 0,01 \text{ м} \cdot 2 = 0,02$  м. Поправка на разницу (понижающий коэффициент) необходима только для первого водоема, где фотический слой не может полностью войти в реальные параметры водоема. Для данного водоема рассчитываем понижающий коэффициент ( $K_{\nabla}$ ):

$$K_{\nabla} = h / Z = 10 \text{ м} / 14 \text{ м} = 0,714.$$

5. Определяем поправки на внешние условия при отличии длительности сезона от 100 дней и температуры воды от  $20^\circ\text{C}$ . Для  $\text{Pст}$  – с использованием левого блока поправок на шкалах 3 и 4; для  $\text{Tr}$  – с использованием правого блока поправок на шкалах 3 и 4.

В нашем примере условия стандартны и поправки на длительность сезона и температуру воды не нужны.

6. Оцениваем итоговые значения реальной ( $\text{Pст}$ ) и предельной рыбопродуктивности ( $\text{Tr}$ ). В 1-м водоеме они будут равны базовым величинам, умноженным на понижающий коэффициент:

$$\text{Pст 1-го водоема} = 0,045 \cdot 0,714 = 0,032 \text{ ц/га за сезон};$$

$$\text{Tr 1-го водоема} = 4,7 \cdot 0,714 = 3,36 \text{ ц/га за сезон}.$$

Для 2, 3 и 4-го водоемов, где поправки на несоответствие реальной глубины и глубины фотического слоя отсутствуют, итоговые значения

Рст и Тр принимаются равными базовым (из пп. 2 и 3 данного примера), а именно:

для 2-го водоема Рст = 0,5 ц/га, Тр = 15,5 ц/га;

для 3-го водоема Рст = 5 ц/га, Тр = 49 ц/га;

для 4-го водоема Рст = 45 ц/га, Тр = 155 ц/га.

7. Определяем реальную рыбопродуктивность и степень ее отличия от предельной. Итоговые значения Рст и Тр, полученные с помощью планшета, не всегда являются реально достижимыми по причинам, связанным с невозможностью обитания рыб в том или ином водоеме.

В этом смысле в качестве реальных можно в полной мере рассматривать значения Рст только для первых двух водоемов, с определенной осторожностью – для третьего и абсолютно нереальным является Рст для четвертого водоема. Величина рыбопродуктивности в нем будет нулевой, так как водоем абсолютно не годится для обитания в нем рыб.

8. Определяем долю первичной продукции, не использованной в производстве рыбной продукции, путем сопоставления цифр предельной рыбопродуктивности (Тр), расчетной стандартной рыбопродуктивности (Рст) и реальной рыбопродуктивности (Рреал). Первые две определялись по экологическому планшету, последняя – с учетом экспертных оценок возможности обитания рыбы в водоеме.

Неиспользованная первичная продукция определяется как разница между предельной рыбопродуктивностью (Тр) и реальной (Рреал). Может быть определена в центнерах на гектар, т. е. как эквивалент рыбопродуктивности, переведена в тонны (умножением на 10), а также установлена в процентах. Для удобства и наглядности все исходные для расчета данные желательно поместить в соответствующую таблицу (табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Показатели продуктивности анализируемых водоемов

Показатели	Водоемы			
	1	2	3	4
Тр, ц/га	3,360	15,5	49,0	155,0
Рст, ц/га	0,032	0,5	5,0	45,0
Рреал, ц/га	0,032	0,5	5,0	0,0
Степень различия (Тр / Рст)	105,0	31,0	9,8	3,4
<b>Неиспользованная первичная продукция</b>				
Тр – Рреал, ц/га	3,328	15,0	42,0	155,0
(Тр – Рреал) / Тр · 100	99,0	97,8	85,7	100,0

Расчеты показали, что во всех случаях доля первичной продукции, пошедшей на формирование рыбопродуктивности водоема, составляет незначительную величину. Она растет до определенного уровня по

мере эвтрофикации водоема и увеличения в нем доли мирных и растительноядных рыб, затем резко снижается до нуля.

*Следствие произведенных расчетов.* Большая часть первичной продукции в водных экосистемах (в нашем случае от 85,7 % и выше) будет потребляться другими водными организмами. В их числе – бактерии, черви, ракообразные, личинки насекомых и т. д. Естественный потенциал водоема по продуцированию этих организмов на порядок выше, чем по рыбе.

**Ответ:** Неиспользованный потенциал естественной рыбопродуктивности для представленных четырех водоемов с прозрачностью 7,0; 0,5; 0,1 и 0,01 м составляет 3,328; 15; 42 и 155 ц/га соответственно (условия стандартны).

**Контрольные варианты заданий для задачи 2.5:** Определите степень различия реальной и предельной естественной рыбопродуктивности водоема (Тр / Рст), если:

№ варианта	Условия			
	Глубина водоема, м	Прозрачность воды, м	Сезон, дн.	Температура, °С
1	25,0	10,0	Стандартные	
2	20,0	8,0	200	15
3	18,0	9,0	200	15
4	16,0	6,0	200	15
5	14,0	6,0	Стандартные	
6	12,0	6,0	250	17
7	10,0	5,0	Стандартные	
8	8,0	4,0	250	17
9	6,0	3,3	Стандартные	
10	5,0	2,5	220	19
11	4,5	2,4	220	19
12	3,8	2,0	220	19
13	3,4	1,7	Стандартные	
14	3,0	1,4	210	18
15	2,8	1,5	Стандартные	
16	2,4	1,2	210	18
17	2,1	1,3	Стандартные	
18	1,8	0,6	115	24
19	1,6	0,4	115	24
20	1,4	0,7	115	24

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению потенциала естественной рыбопродуктивности в водоемах различного уровня трофности с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ РЕАЛЬНОГО ВОДОЕМА ЗА ВРЕМЯ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА С УЧЕТОМ СРЕДНЕСЕЗОННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРОЗРАЧНОСТИ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыболовный экологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Данный тип задач актуален при определении возможностей реального водоема, расположенного на подведомственной территории, по самостоятельному производству рыбной продукции определенного трофического уровня за вегетационный период. Например, в случае, когда проводится целенаправленное зарыбление водоема рыбой (озерное рыбоводство) и необходимо определить, сколько рыбы следует в него выпускать, сколько рыбы водоем может прокормить.

**Пример 12.** Дано: Карта водоема с указанием масштаба (масштаб 1:9 000) и распределением глубин (рис. 31). Длительность сезона выращивания 120 дней. Среднесезонная прозрачность воды  $H = 0,7$  м. Среднесезонная температура воды  $T = 28$  °С. Объект выращивания – карп.

Масштаб 1 : 9000

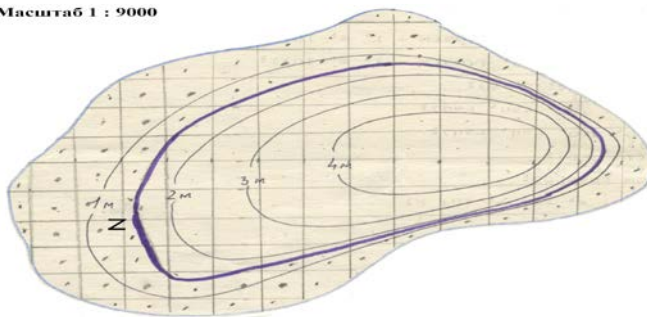


Рис. 31. Карта водоема с указанием масштаба, распределения глубин, а также границы между мелководным и глубоководным участками водоема

Необходимо определить ориентировочное значение естественной рыбопродуктивности всего водоема ( $\Sigma RP$ ) – в тоннах со всего водоема за сезон.

Последовательность действий:

1. На карту водоема (в скопированном на отдельный лист бумаги виде) в соответствующей зоне между глубинами наносим линию (изобату), иллюстрирующую полосу, по которой проходит глубина, равная глубине фотического слоя ( $Z$ ). Эта полоса разделяет зону мелководья и зону глубоководья. В нашем примере она проходит по глубине 1,4 м ( $Z = H \cdot 2 = 0,7 \cdot 2 = 1,4$  м). В мелководной части водоема свет проникает до дна. В глубоководной части свет до дна не доходит. Зато в глубоководной части фотический слой представлен полностью, а в мелководной его мощность вдвое меньше (за счет отсечения половины фотического слоя наклоном дна). Проведение изобаты по глубине, равной  $Z$ , позволяет разделить водоем на две части и учесть их различие по продукционной мощности.

2. На карту водоема наносим сетку из квадратов со стороной 1 см.

3. С учетом масштаба карты рассчитываем площадь одного полного квадрата. Масштаб 1:9 000 означает, что в 1 см укладывается 90 м. Значит, полная площадь одного квадрата составляет:  $90 \cdot 90 = 8\,100$  м<sup>2</sup>, в переводе на гектары – 0,81 га.

4. Определяем общую площадь водоема ( $S_{\text{общ}}$ ). Для этого подсчитываем число полных квадратов, помещающихся внутри нулевой изобаты водоема, а также число неполных квадратов, примыкающих к урезу воды. В нашем случае это 83 и 35 шт. соответственно. С учетом того, что два неполных квадрата могут быть приравнены к одному полному, общая площадь водоема рассчитывается следующим образом:

$$S_{\text{общ}} = 83 \text{ шт.} \cdot 0,81 \text{ га/шт.} + 35 \text{ шт.} / 2 \cdot 0,81 \text{ га} = 81,4 \text{ га.}$$

5. Определяем площадь глубоководного участка ( $S_{\text{глуб}}$ ). Для этого подсчитываем число полных квадратов ( $\text{Глуб}_{\text{П}}$ ) в центральной части водоема (внутри изобаты  $Z$ ), а также число неполных квадратов в этой же зоне ( $\text{Глуб}_{\text{НП}}$ ). В нашем примере  $\text{Глуб}_{\text{П}} = 38$  шт.,  $\text{Глуб}_{\text{НП}} = 29$  шт. (возможны субъективные различия). По нижеприведенной формуле определяем площадь глубоководной зоны:

$$\begin{aligned} S_{\text{глуб}} &= \text{Глуб}_{\text{П}} \cdot 0,81 \text{ га} + \text{Глуб}_{\text{НП}} / 2 \cdot 0,81 \text{ га} = \\ &= 38 \cdot 0,81 + 29 / 2 \cdot 0,81 \text{ га} = 42,5 \text{ га.} \end{aligned}$$

6. Определяем площадь мелководной зоны водоема ( $S_{\text{мелк}}$ ) как разность между общей площадью и площадью глубоководного участка:

$$S_{\text{мелк}} = S_{\text{общ}} - S_{\text{глуб}} = 81,4 \text{ га} - 42,5 \text{ га} = 38,9 \text{ га.}$$

7. По экологическому планшету определяем величину естественной рыбопродуктивности для стандартных условий (100 дней, 20 °С) при-

менительно к рассматриваемому объекту – карпу, т. е.  $Tr_2$  на шкале 7 экологического планшета (рис. 32). Таким образом,  $Tr_2 = 1,85$  ц/га.

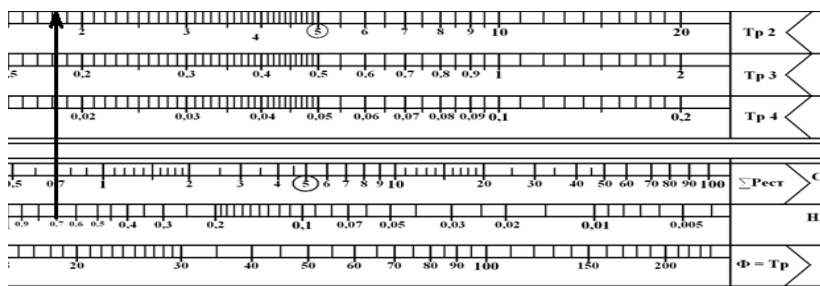


Рис. 32. Графическое определение  $Tr_2$  карпа при  $H = 0,7$  м

8. Вносим поправки на  $Tr_2$  карпа из-за несоответствия длительности сезона (120 дней) и температуры ( $28^\circ\text{C}$ ) стандартным условиям (рис. 33). Длина отрезков, характеризующих поправки, отмеряется по правому блоку шкал 3 и 4, так как все данные по продуктивности рыб различных трофических уровней привязаны к предельной продуктивности.

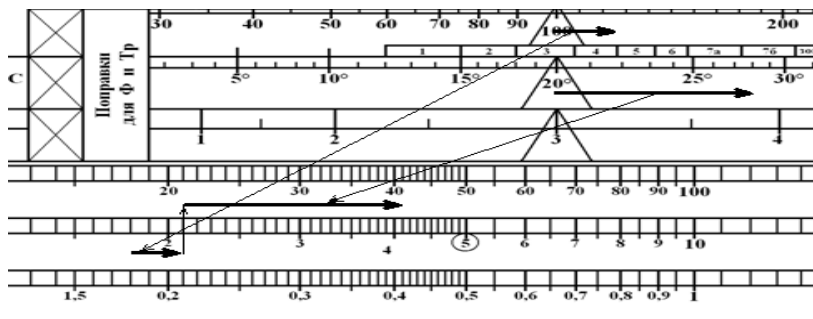


Рис. 33. Графическое внесение поправок на фактическую длительность сезона (120 дней) и температуру ( $28^\circ\text{C}$ ) для карпа при  $H = 0,7$  м

Из графика на рис. 33 видно, что после внесения поправки на длительность сезона  $Tr_2$  увеличилась с 1,85 до 2,1 ц/га, а после учета фактической температуры – до 4,1 ц/га. Именно эта величина ( $Tr_{\text{баз}}$ ) будет использована в качестве базовой для расчета общей рыбопродуктивности водоема.

9. Определяем общую рыбопродуктивность водоема путем суммирования рыбопродуктивности мелководной зоны водоема и глубоководной по следующей формуле:

$$\sum \text{РП}_{\text{ц/водоем}} = (S_{\text{мелк}} \cdot \text{Тр}_{\text{баз}} / 2) + (S_{\text{глуб}} \cdot \text{Тр}_{\text{баз}}) = \\ = (38,9 \text{ га} \cdot 4,1 \text{ ц/га} / 2) + (42,5 \text{ га} \cdot 4,1 \text{ ц/га}) = 253,995 \text{ ц} = 23,4 \text{ т.}$$

**Ответ:** В заданных условиях при зарыблении представленного конкретного водоема карпом можно рассчитывать на общую естественную рыбопродуктивность всего водоема на уровне 23,4 т рыбы за сезон.

**Контрольные варианты заданий для задачи 2.6:** Определите естественную рыбопродуктивность водоема (тонн на водоем за сезон) площадью 81,4 га с распределением глубин аналогично рис. 31 при различной прозрачности воды в различных рыбоводных зонах Беларуси и регионах мира, если:

№ варианта	Условия			
	Прозрачность воды, м	Сезон, дн.	Температура, °С	Вид рыб
1	0,7	120	18	Карп
2	0,7	150	22	Карп
3	0,7	Рыбоводная зона 1		Карп
4	0,7	190	24	Карп
5	0,6	120	25	Белый амур
6	0,6	150	16	Белый амур
7	0,6	Рыбоводная зона 2		Сложный ихтиоценоз
8	0,6	190	19	Карп
9	0,5	120	25	Карп
10	0,5	150	28	Белый амур
11	0,7	Рыбоводная зона 3		Карп
12	0,7	190	22	Карп
13	0,7	120	23	Белый амур
14	0,7	150	24	Белый амур
15	0,6	Рыбоводная зона 4		Сложный ихтиоценоз
16	0,6	190	16	Карп
17	0,6	120	18	Карп
18	0,6	Рыбоводная зона 5		Сложный ихтиоценоз
19	0,5	160	25	Белый амур
20	0,5	190	28	Карп

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению естественной рыбопродуктивности реального водоема за время вегетационного пе-

риода с учетом среднесезонных значений температуры и прозрачности с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ РЕАЛЬНОГО ВОДОЕМА ЗА ГОД С УЧЕТОМ СЕЗОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРОЗРАЧНОСТИ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыболовный экологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Данный тип задач актуален при определении возможностей естественных водоемов, расположенных на подведомственной территории, в которых ихтиоценозы сложились естественным путем и представлены рыбами различных трофических уровней и различной теплолюбивости.

**Пример 13.** Дано: карта водоема (рис. 34) с указанием масштаба (масштаб 1:30 000) и распределением глубин.

**Масштаб 1 : 30000**

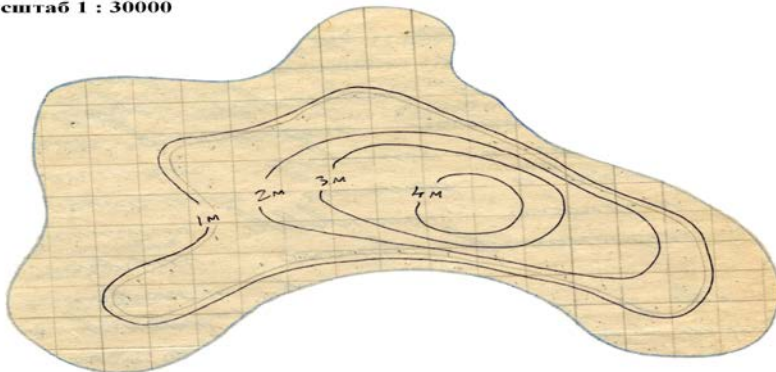


Рис. 34. Карта водоема с распределением глубин, для которого требуется определение естественной рыбопродуктивности

Кроме данных о конфигурации водоема и его глубинах, известна и представлена в табличном виде (табл. 6) информация о годовой динамике температуры воды, прозрачности в весенне-летне-осенний период, длительности ледостава.

Т а б л и ц а 6. Исходные данные по параметрам водоема

Месяц	Температура, °С	Температура средняя, °С	Прозрачность, м	Прозрачность средняя, м	Ледостав, +, –
Январь	2,0	2,5	–	–	+
Февраль	1,5		–		+
Март	4,0		–		+
Апрель	8,0	11,0	2,0	2,50	–
Май	14,0		3,0		–
Июнь	18,0	20,0	1,5	1,10	–
Июль	22,0		0,8		–
Август	20,0		1,0		–
Сентябрь	14,0	11,0	1,5	2,25	–
Октябрь	8,0		3,0		–
Ноябрь	4,0	3,0	–	–	+
Декабрь	2,0		–		+

Необходимо определить ориентировочное значение естественной рыбопродуктивности всего водоема ( $\Sigma$ РП) за год – в тоннах со всего водоема, а также долю в этой величине летнего периода.

Последовательность действий:

1. По данным табл. 6, весь период, т. е. год, произвольно разбиваем на отрезки, внутри которых показатели остаются относительно постоянными. В нашем примере по срокам ледостава могут быть выделены два отрезка: ноябрь – март (ледовый покров есть) и апрель – октябрь (ледового покрова нет). По температуре можно выделить три отрезка: зимний (2,5–3,0 °С), весенне-осенний (11 °С) и летний (20 °С). По прозрачности можно выделить два отрезка – весенне-осенний ( $H = 2,25$ – $2,50$  м) и летний ( $H = 1,1$  м). С учетом значимости отдельных факторов и их конкретных значений в итоге весь год мы разбиваем на три отрезка:

1-й отрезок: 5 месяцев (ноябрь – март), ледостав,  $T = 2,5$ – $3,0$  °С;

2-й отрезок: 4 месяца (апрель – май, сентябрь – октябрь),  $H_{cp} = 2,4$  м,  $T = 11$  °С;

3-й отрезок: 3 месяца (июнь – август),  $H = 1,1$  м,  $T = 20$  °С.

2. На карту водоема наносим сетку из квадратов со стороной 1 см. В дальнейшем рыбопродуктивность будет определяться для каждого отрезка по методике, использованной в примере 12.

3. Определяем рыбопродуктивность для 1-го отрезка времени ( $R_{ст1-го отр}$ ). Принимается равной нулю. Причина – ледостав и отсут-

ствии возможности для проникновения света в водоем.  $R_{ст1-го отр} = 0,0$  ц/га.

4. Определяем рыбопродуктивность для 2-го отрезка времени.

4.1. На карту водоема (в скопированном на отдельный лист бумаги виде) в соответствующей зоне между глубинами наносим линию (изобату), иллюстрирующую полосу разделения мелководной, полностью освещенной зоны водоема и глубоководной зоны. Она должна проходить по глубине, равной глубине фотического слоя ( $Z$ ) для данного отрезка времени. В нашем случае это  $Z = 2 \cdot H = 2 \cdot 2,4 \text{ м} = 4,8 \text{ м}$ . Таких глубин в водоеме нет. Значит, в весенне-осенний период весь водоем освещается до дна и может весь рассматриваться как мелководный.

4.2. Определяем общую площадь водоема ( $S_{общ}$ ). Для этого подсчитываем число полных квадратов, помещающихся внутри нулевой изобаты водоема, а также число неполных квадратов, примыкающих к урезу воды. В нашем случае это 89 и 49 шт. соответственно. С учетом того, что два неполных квадрата могут быть приравнены к одному полному, а площадь одного квадрата при масштабе карты 1:30 000 составляет  $300 \cdot 300 = 90\,000 \text{ м}^2$ , т. е. 9 га, общая площадь водоема рассчитывается следующим образом:

$$S_{общ} = 89 \text{ шт.} \cdot 9 \text{ га/шт.} + 49 \text{ шт.} / 2 \cdot 9 \text{ га} = 1021,5 \text{ га.}$$

4.3. Определяем стандартную рыбопродуктивность (за 100 дней при  $T = 20^\circ \text{C}$ ) водоема при прозрачности  $H = 2,4 \text{ м}$  (рис. 35). Эта величина, как можно видеть из рисунка, равна 0,2 ц/га.

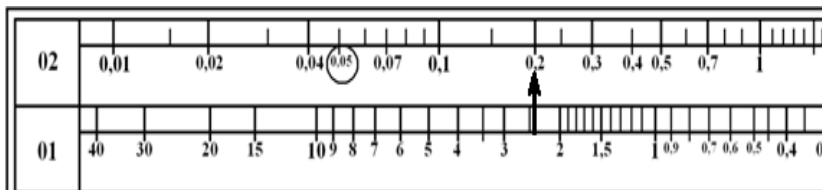


Рис. 35. Графическое определение естественной рыбопродуктивности водоема в стандартных условиях при  $H = 2,4 \text{ м}$

4.4. Определяем величины поправок на реальную длину отрезка времени и температуру. С учетом того, что 2-й отрезок времени в нашем примере имеет длину 4 месяца, т. е. около 120 дней, и температуру  $11^\circ \text{C}$ , на левой части поправочных шкал 3 и 4 отмеряем необходимые отрезки (рис. 36).

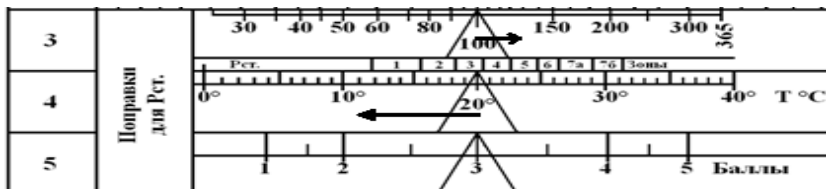


Рис. 36. Величины поправок для 2-го отрезка времени (120 дней) и температуры (11 °С)  
(Поправки имеют разнонаправленный характер)

4.5. Вносим поправки на естественную рыбопродуктивность в рамках 2-го отрезка путем последовательного перенесения соответствующих поправок со шкал 3 и 4 на шкалу 02. Начало размещения стрелок – от величины  $R_{ст} = 0,2$  ц/га, полученной в п. 4.3 данного примера. Напротив окончания стрелок считываем промежуточное и окончательное значения  $R_{ст}$  (рис. 37): 0,25 и 0,13 ц/га. Последнее значение будет использовано для расчета  $R_{ст}$  водоема во время весенне-осеннего периода.

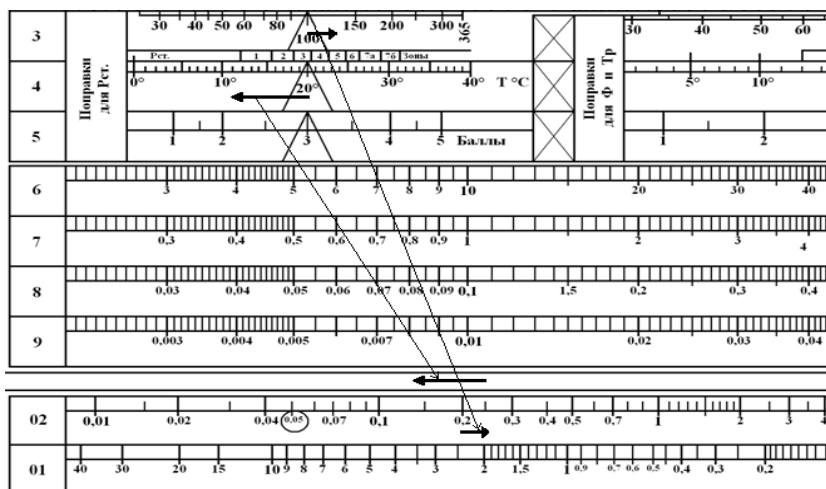


Рис. 37. Графическое внесение поправок (исходная величина  $R_{ст}$  0,2 ц/га, время 120 дней, температура 11 °С)

4.6. Рассчитываем рыбопродуктивность водоема для 2-го отрезка времени с учетом общей площади водоема и понимания того, что весь водоем в весенне-осенний период из-за проникновения света до дна может рассматриваться как мелководный:

$$P_{ст2-го отр} = 1\,021,5 \text{ га} \cdot 0,13 \text{ ц/га} / 2 = 66,4 \text{ ц} = 6,64 \text{ т.}$$

5. Определяем рыбопродуктивность для 3-го отрезка времени (летний период).

5.1. На карту водоема (в скопированном на отдельный лист бумаги виде) в соответствующей зоне между глубинами наносим линию (изобату), иллюстрирующую полосу разделения мелководной, полностью освещенной зоны водоема и глубоководной зоны. Она должна проходить по глубине, равной глубине фотического слоя ( $Z$ ) для данного отрезка времени. В нашем случае это  $Z = 2 \cdot H = 2 \cdot 1,1 \text{ м} = 2,2 \text{ м}$ . Соответствующая изобата представлена на рис. 38. Внутри нее глубоководная зона (выделена затемнением). В сторону от центра к урезу воды зона мелководий.

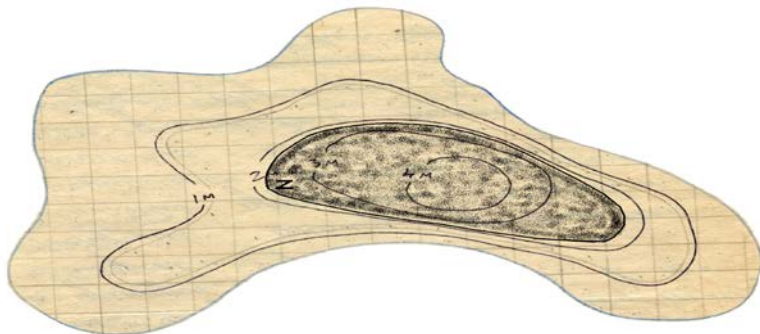


Рис. 38. Распределение мелководных и глубоководных (затененных) участков водоема в летний период

5.2. Определяем площадь глубоководного участка ( $S_{глуб}$ ). Подсчитываем число полных квадратов, помещающихся внутри глубоководной зоны водоема, а также число неполных квадратов, примыкающих к изобате фотического слоя. В нашем случае это 13 и 19 шт. соответственно. С учетом того, что два неполных квадрата могут быть приравнены к одному полному, а площадь одного квадрата при масштабе карты 1:30 000 составляет:  $300 \cdot 300 = 90\,000 \text{ м}^2$ , т. е. 9 га, площадь глубоководной части водоема рассчитывается следующим образом:

$$S_{глуб} = 13 \text{ шт.} \cdot 9 \text{ га/шт.} + 19 \text{ шт.} / 2 \cdot 9 \text{ га} = 202,5 \text{ га.}$$

5.3. Определяем площадь мелководного участка ( $S_{мелк}$ ) по разности между общей площадью и площадью глубоководного участка:

$$S_{мелк} = S_{общ} - S_{глуб} = 1\,021,5 \text{ га} - 202,5 \text{ га} = 819 \text{ га.}$$

5.4. Определяем стандартную рыбопродуктивность (за 100 дней при  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) водоема для прозрачности 1,1 м (рис. 39). Соотношение шкал 01 и 02 экологического планшета дает  $P_{ст} = 0,42\text{ ц/га}$ .

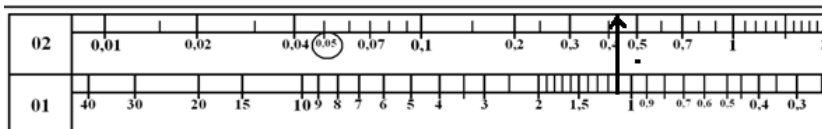


Рис. 39. Графическое определение естественной рыбопродуктивности водоема в стандартных условиях при  $H = 1,1\text{ м}$

5.5. Определяем величину поправок на реальную длину отрезка времени и температуру в летний период. Реальная длительность летнего отрезка времени 3 месяца, т. е. около 90 дней. Температура  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . С учетом того, что температура воды в данный период совпадает с величиной стандарта, поправка на температуру не вносится. Вносятся только поправка на время. Для этого используется левая часть поправочной шкалы 3, на которой отмеряется необходимый отрезок (рис. 40).

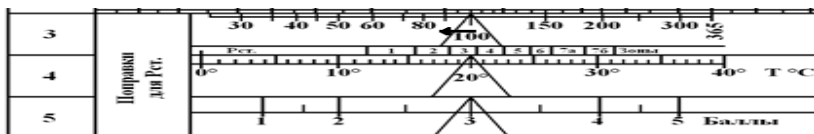


Рис. 40. Определение величины поправки на длительность сезона для 3-го (летнего) отрезка (90 дней) при  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

5.6. Вносим поправки на естественную рыбопродуктивность в рамках 3-го отрезка путем перенесения поправки на время со шкалы 3 на шкалу 02 (рис. 41). В результате величина  $P_{ст} = 0,42\text{ ц/га}$ , определенная в п. 5.4, несколько уменьшится – до  $P_{ст} = 0,36\text{ ц/га}$ . Именно эта величина будет использована при расчете рыбопродуктивности водоема в летний период.

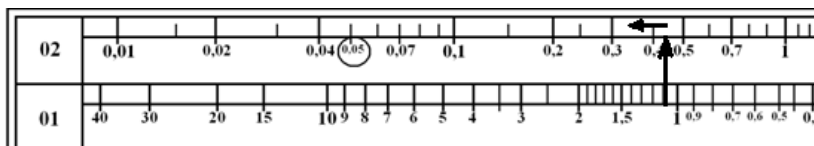


Рис. 41. Графическое внесение поправки для летнего периода (исходная величина  $P_{ст} = 0,42\text{ ц/га}$ , время 90 дней, температура  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

5.7. Рассчитываем рыбопродуктивность водоема для 3-го отрезка времени с учетом площади мелководных и глубоководных участков водоема по формуле

$$\begin{aligned} P_{\text{ст}_{3\text{-го отр}}} &= (S_{\text{мелк}} \cdot P_{\text{ст}} / 2) + (S_{\text{глуб}} \cdot P_{\text{ст}}) = \\ &= (819 \text{ га} \cdot 0,36 \text{ ц/га} / 2) + (202,5 \text{ га} \cdot 0,36 \text{ ц/га}) = \\ &= 147,42 \text{ ц} + 72,9 \text{ ц} = 220,32 \text{ ц} = 22,03 \text{ т}. \end{aligned}$$

5.8. Рассчитываем общую рыбопродуктивность ( $\Sigma$ РП) водоема путем суммирования рыбопродуктивности каждого из трех временных отрезков:

$$\begin{aligned} \Sigma \text{РП} &= P_{\text{ст}_{1\text{-го отр}}} + P_{\text{ст}_{2\text{-го отр}}} + P_{\text{ст}_{3\text{-го отр}}} = \\ &= 0 + 6,64 \text{ т} + 22,03 \text{ т} = 28,67 \text{ т}. \end{aligned}$$

5.9. Определяем долю летнего периода в общей рыбопродуктивности водоема:  $22,03 \text{ т} / 28,67 \text{ т} \cdot 100 \% = 76,83 \%$ .

Таким образом, абсолютно преобладающая часть рыбопродуктивности водоема связана с летним вегетационным периодом. В остальное время года возможно лишь перераспределение образованной в летний период первичной продукции в различные группы организмов, в том числе в рыбу.

**Ответ:** Ориентировочная величина общей естественной рыбопродуктивности водоема общей площадью 1021,5 га с заданными параметрами глубины и динамики температуры и прозрачности с устоявшимся естественным ихтиоценозом за год может составить 22,03 т, при этом 76,83 % этой величины связано с летним периодом.

Примечание. Фактически рыбная продукция в водоеме будет достаточно активно формироваться и после окончания вегетационного периода, по мере того как растительная пища, образованная в летний период, по трофическим цепям будет доходить до рыбы. Иными словами – с некоторым запаздыванием по времени. Однако основа для итогового результата по рыбопродуктивности всего водоема за год (76,83 %) будет все равно заложена именно в летний период.

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению ориентировочного значения естественной рыбопродуктивности реального водоема за год с учетом сезонного изменения температуры и прозрачности с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.



**Назначение** (указано в верхней части планшета под заголовком). Гидробиологический планшет предназначен для ориентировочных расчетов первично-продукционных процессов. В том числе: интенсивности фотосинтеза, интенсивности деструктивных процессов в водоеме, кислородного баланса в широком диапазоне внешних факторов, вероятности заморных явлений в кратко- и среднесрочной перспективе.

Может быть использован для оценки состояния водоемов, в которых трофические цепи построены на базе фитопланктона (рыбоводные пруды, водоемы-охладители ТЭС и АЭС, водохранилища, открытые участки озер, глубокие карьеры и другие водоемы, в которых полностью или почти полностью отсутствует донная растительность).

**Особенности.** Гидробиологический планшет является оперативно-тактической моделью (указано в верхней правой части планшета). Это означает, что решаемые с его помощью задачи относятся с точки зрения глубины планирования рыбоводных процессов к процессам краткосрочным (текущим) или среднесрочным, т. е. на несколько дней вперед, максимально – на 1–2 недели. По мере увеличения срока прогноза точность оценки состояния водоема все сильнее будет зависеть от точности прогноза погоды.

**Структура.** Планшет состоит из четырех частей:

- перечня стандартных условий и шкалы энергетических эквивалентов в прямоугольной зоне верхней части;
- вспомогательных шкал в центральной части планшета (номера 1–6);
- поправочных шкал (номера 7–11);
- подвижных базовых шкал (номера 01–03) в нижней части планшета.

Во всех случаях номера шкал указаны в левой части планшета, а значения количественных показателей на данных шкалах – в правой. Шкала, с которой начинается работа с планшетом, как и во всех других планшетах, имеет самый маленький номер (шкала 01 – прозрачность воды).

**Стандартные условия модели.** Представлены в верхней части планшета и включают 9 характеристик, принятых в качестве точек отчета для оценки состояния водоема:

1. Среда состоит из воды и сестона. Это означает, что трофические цепи в водоеме базируются на основе фитопланктона.

2. В сестоне  $\approx \frac{1}{2}$  – биомасса фитопланктона. Это означает, что среди всех взвешенных в толще воды живых и мертвых частиц (бактерии, фито- и зоопланктон, минеральные и органические частицы, остатки корма и т. п.) около половины биомассы составляют именно микроскопические водоросли.

3.  $Z = 2H (2H \pm 1H)$ , т. е. фотический слой водоема принимается равным глубинам прозрачности с возможным диапазоном от  $3H = 2H + 1H$  (яркий солнечный день) до  $1H = 2H - 1H$  (пасмурный день).

4.  $t = 20 \text{ VI}$  (с. ш.) означает, что в качестве стандарта принят самый длинный летний день северного полушария.

5.  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  – так же, как и в экологическом планшете, температура воды, которая чаще всего встречается в разгар летнего периода.

6.  $E = 500 \text{ клк/ч}$  – обычная интенсивность солнечного света.

7. Облачность, равная 5 баллов, означает такой режим облачности в течение дня, когда половина светлого времени суток солнце закрыто облаками, а в остальное время солнце светит без ограничений.

8. Цвет 2.561.2 обозначает наиболее характерный для середины лета цвет воды в рыбохозяйственных водоемах, а именно желто-зеленый (длина световой волны 561 нм). В данный пункт стандартных условий помимо цвета также входит стандартное количество примесей белого и черного цвета. Примеси обозначаются цифрой 2, с которой начинается и заканчивается связка цифр (2.561.2). Каждая из этих цифр показывает, что число примесей белого (первая двойка) и черного цвета (вторая двойка) составляет по 20 %. В сумме – 40 % (почти половина sestона). Белые примеси в sestоне могут образовываться при массовом развитии бактерий, при внесении пылевидных частиц корма или при попадании в водоем различных светлых минеральных и органических частиц. Темные примеси – это чаще всего частицы ила, попавшие в толщу воды в результате роющей деятельности рыб (карпа).

9. Хлорофилла 2 % АСВ означает, что за точку отсчета принято такое состояние водоема, в котором 2 % абсолютно сухого вещества (АСВ) sestона приходится на хлорофилл. Связано с пунктами 1 и 2 стандартных условий.

**Энергетические эквиваленты.** Шкала энергетических эквивалентов расположена в верхней части планшета справа от перечня стандартных условий. Представляет собой перечень показателей с различными размерностями:

- 8,638 кДж фотосинтетически активной радиации (ФАР);
- 3,510 г сырого фитопланктона;
- 3,510 ккал;
- 1,575 г  $\text{CO}_2$ ;
- 0,699 мл  $\text{O}_2$  (мл  $\text{CO}_2$ );
- 0,526 г АСВ фитопланктона;
- 0,388 клк/ч;
- 0,375 г С, которые эквивалентны, т. е. жестко связаны, 1 г молекулярного кислорода. Жесткость связи показателей обусловлена характером протекания природных процессов во время фотосинтеза.

Приведенные эквиваленты могут быть использованы в случае необходимости пересчета одних показателей в другие.

**Базовые шкалы.** Располагаются в нижней (отрезной) части планшета. Базовые шкалы имеют самые маленькие номера (01–03), демонстрируют связь между такими параметрами рыбохозяйственного водоема, как прозрачность (шкала 01), интенсивность фотосинтеза (шкала 03) и интенсивность деструкции (02) при соблюдении стандартных условий. Показывают следующее:

- шкала 01 – прозрачность воды ( $H$ ) по диску Секки в метрах. Исходный показатель при осуществлении любых расчетов по планшету. Косвенным образом указывает на количество микроскопических растений в единице объема. Определяет продукционную мощность водоема. Значения  $H$  увеличиваются при движении влево. Одно из значений прозрачности ( $H = 0,5$  м) помещено внутри треугольника. Это означает, что данное значение прозрачности является стандартной величиной. Таковым оно является для обычных рыбоводных прудов с фактическими глубинами от 1 до 1,5 м в середине сезона при интенсивном выращивании карпа;

- шкала 02 – интенсивность деструкции ( $D$ ) в граммах кислорода на  $1 \text{ м}^3$  воды за сутки. Значения  $D$  увеличиваются при движении по шкале вправо. При фактических глубинах ( $h$ ) водоема, отличающихся от 1 м, необходимо внести соответствующие поправки, т. е. умножить показатель  $D$  на реальную глубину ( $h$ ) в метрах;

- шкала 03 – интенсивность фотосинтеза ( $\Phi$ ) в граммах кислорода на площади  $1 \text{ м}^2$  в день. Значения  $\Phi$  увеличиваются при движении по шкале вправо. Приведенные на шкале значения  $\Phi$  относятся ко всему фотическому слою. Это значит, что во всех расчетах следует оценивать степень соотношения реальной глубины водоема ( $h$ ) с глубиной фотического слоя ( $Z = 2H$ ) и при необходимости рассчитывать понижающий коэффициент для показателя  $\Phi$ .

Особое внимание следует обратить на то, что на шкалах 02 и 03 показатели  $\Phi$  и  $D$  различаются по размерностям и напрямую складываться (алгебраически) друг с другом не могут. Это значит, что прежде чем проводить сравнение показателей  $\Phi$  и  $D$ , представленных на шкалах 02 и 03, следует внести поправки на реальную глубину водоема для обоих показателей.

**Вспомогательные шкалы.** Делятся на две группы.

Первая группа – с номерами 1–2, характеризует связь глубины прозрачности с количеством взвесей и глубиной фотического слоя.

Вторая группа – с номерами 3–6, представляет шкалы, характеризующие фотосинтез донных растений (фитобентоса) и некоторые связанные с ним показатели.

Шкала 1 показывает количество абсолютно сухого вещества (АСВ) во взвешенном сестоне при той или иной прозрачности ( $H$ ) в граммах

на кубический метр, а также примерное количество кислорода, производимого в пересчете на один кубический метр воды за день.

Шкала 2 – глубину фотического слоя ( $Z$ ) в метрах, а также толщину освещенного слоя воды. Стандарт:  $Z = 2H$ .

Шкала 3 – оптическую плотность слоя чистой воды, толщина которого равна глубине фотического слоя.

Шкала 4 – коэффициент поглощения слоя воды толщиной 1 м ( $K_D = 1 / H$ ).

Шкала 5 – концентрацию хлорофилла (в  $\text{г}/\text{м}^2$ ) в фотическом слое  $Z$ .

Шкала 6 – интенсивность фотосинтеза фитобентоса в условных единицах (процент от максимальной величины) при соответствующей оптической плотности. Показывает соотношение фотосинтеза донных водных растений при различных величинах прозрачности воды. Максимальное значение (100 усл. ед. = 100 %) по значению (в  $\text{г О}_2/\text{м}^2$  в день) совпадает с фотосинтезом фитопланктона при прозрачности 0,001 м и равно 140  $\text{г О}_2/\text{м}^2$  в день.

**Поправочные шкалы.** Имеют номера 7–11. Меньшая часть представленных на этих шкалах данных (только на шкале 8) используется для внесения поправок на деструкцию ( $D$ ), все остальные данные – для внесения поправок на интенсивность фотосинтеза ( $\Phi$ ).

Шкала 7 содержит поправки для фотосинтеза ( $\Phi$ ) на цвет воды и сестона.

Шкала разделена на четыре части по используемым показателям (цвет и «серость»), а также по размерностям используемых показателей ( $\Phi/\text{м}^2$  слева и  $\Phi/\text{м}^3$  справа). В треугольных значках расположены стандартные значения данных показателей (560 нм для цвета и 4 – для «серости»). Каждый из показателей увеличивается при движении справа налево. Фотосинтез при этом уменьшается.

Шкала 8 содержит поправки для фотосинтеза и деструкции на температуру воды. Шкала разделена на три части, две из которых касаются поправок для фотосинтеза (в размерностях  $\Phi/\text{м}^2$  слева и  $\Phi/\text{м}^3$  справа), а третья дает возможность вносить температурные поправки на деструкцию (самая правая часть шкалы).

Шкалы 9–11 – поправки на суммарную (за светлый период суток) величину фотосинтетически активной радиации. При этом каждая шкала дает оценку ФАР в разных показателях. Нужную шкалу можно выбрать в зависимости от имеющихся возможностей (инструментов) для измерения ФАР. Шкала 9 оценивает ФАР в килоджоулях на квадратный метр ( $\times 1000 \text{ кДж}/\text{м}^2$ ).

Шкала 10 – в килолюксах в час ( $E_0$ , клк/ч).

Шкала 11 – визуально, в баллах облачности. На этой же шкале расположена поправка на высоту над уровнем моря. Стандартные значения для каждого из показателей приведены в треугольных значках.

Шкалы 8–11 (правая часть планшета – рисунок) содержат схему поправки на время года и широту местности для северного полушария. С помощью данной поправки учитывается реальная длительность светлого времени суток в зависимости от времени года и географического положения водоема.

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте принцип работы с планшетом.
2. Какие условия в данном планшете приняты за стандартные?

### Лабораторная работа 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА И ДЕСТРУКЦИИ В ПЕЛАГИЧЕСКИХ ФИТОЦЕНОЗАХ В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЛИЧИНАХ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** гидробиологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

**Пример 1.** Определите величину  $\Phi$  для восьми водоемов:

1-й – с прозрачностью  $H = 20$  м (большое чистое озеро средней глубиной  $h = 50$  м);

2-й –  $H = 10$  м (большое прозрачное водохранилище,  $h = 15$  м);

3-й –  $H = 5$  м (озеро средних размеров,  $h = 15$  м);

4-й –  $H = 1$  м (эвтрофное водохранилище,  $h = 3$  м);

5-й –  $H = 0,5$  м (стандартная величина для рыбоводного пруда,  $h = 1,5$  м);

6-й –  $H = 0,1$  м (сильно цветущий водоем, рыбоводный пруд, заморная ситуация,  $h = 1$  м);

7-й –  $H = 0,01$  м (водорослевый культиватор,  $h = 0,3$  м);

8-й –  $H = 0,001$  м (водорослевый «реактор»,  $h = 0,01$  м).

Последовательность действий:

1. Выявляем необходимость внесения поправок на соотношение реальной глубины водоема и глубины фотического слоя. Рассчитываем величину фотического слоя для каждого водоема:

1-й вариант – сопоставляя значения шкалы 01 и шкалы 2;

2-й вариант – по формуле  $Z = 2H$ . В порядке представления водоемов (от 1-го к 8-му) соотношение  $Z / h$  выглядит следующим образом: 40 м / 50 м; 20 / 15; 10 / 15; 2 / 3; 1 / 1,5; 0,2 / 1; 0,02 / 0,3; 0,002 / 0,01.

Представленные данные показывают, что во всех водоемах, кроме 2-го, фотический слой меньше реальной глубины водоема и может функционировать в полном объеме. Понижающих поправок для них не нужно. Такая поправка нужна только для 2-го водоема. Она составит:

$$K_{\nabla} = h / Z = 15 \text{ м} / 20 \text{ м} = 0,75.$$

2. Определяем интенсивность фотосинтеза пелагического фитопланктона для каждого водоема в стандартных условиях ( $T = 20^{\circ}\text{C}$  – середина лета (шкала 8), цвет воды 560 нм (шкала 7), «серость» 4 (шкала 7), облачность 5 баллов (шкала 11)). Для определения используются шкалы 01 и 03. Против значения прозрачности считывается значение фотосинтеза. Графически алгоритм определения  $\Phi$  представлен на рис. 43.

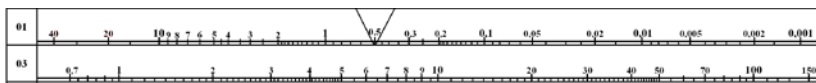


Рис. 43. Определение интенсивности фотосинтеза по шкалам 01 ( $H$ , м) и 03 ( $\Phi$ , г  $\text{O}_2/\text{м}^2$  в день) при соблюдении стандартных условий

Определенные базовые значения  $\Phi$  для каждого водоема (с 1-го по 8-й) составляют: 0,93; 1,35; 2,0; 4,5; 6,5; 14; 45; 140 г  $\text{O}_2/\text{м}^2$  в день. Отметим, что в данном примере наглядно демонстрируется обратный характер зависимости интенсивности фотосинтеза от прозрачности.

3. Вносим поправки на соотношение фотического слоя и реальной глубины водоема. Поправка необходима только для 2-го водоема:  $\Phi_{2\text{-го водоема}} = 1,35 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2 \text{ в день}$ :

$$K_{\nabla} = 1,35 \cdot 0,75 = 1,0125 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2 \text{ в день}.$$

4. Устанавливаем итоговые значения фотосинтеза. Для 1-го водоема и водоемов с 3-го по 8-й в качестве итоговых принимаем значения  $\Phi$  из пункта 2. Для второго водоема – из пункта 3.

**Ответ:** Интенсивность фотосинтеза в рассматриваемых водоемах (с 1-го по 8-й) будет составлять: 0,93; 1,01; 2,0; 4,5; 6,5; 14; 45 и 140 г  $\text{O}_2/\text{м}^2$  в день.

**Пример 2.** Определите интенсивность деструкции (потребления кислорода) в тех же самых водоемах, что и в примере 1. Напомним их количественные характеристики, необходимые для решения поставленной задачи:

- 1-й –  $H = 20 \text{ м}$ ,  $h = 50 \text{ м}$ ;
- 2-й –  $H = 10 \text{ м}$ ,  $h = 15 \text{ м}$ ;
- 3-й –  $H = 5 \text{ м}$ ,  $h = 15 \text{ м}$ ;
- 4-й –  $H = 1 \text{ м}$ ,  $h = 3 \text{ м}$ ;

- 5-й –  $H = 0,5$  м,  $h = 1,5$  м;  
 6-й –  $H = 0,1$  м,  $h = 1$  м;  
 7-й –  $H = 0,01$  м,  $h = 0,3$  м;  
 8-й –  $H = 0,001$  м,  $h = 0,01$  м.

Последовательность действий:

1. Определяем базовую величину интенсивности деструкции ( $D$ , г  $O_2/м^3$  в сутки) в каждом из представленных водоемов с пелагическим фитоценозом в стандартных условиях. Отметим, что значимыми для интенсивности деструкции из всех стандартных условий является только температура ( $T = 20$  °С). Остальные факторы (длительность светового дня, цвет воды, «серость», облачность) на интенсивность деструкции не влияют. При этом базовая величина  $D$ , как это видно по ее размерности (г  $O_2/м^3$  в сутки) характеризует потребление кислорода слоем воды в  $1 м^3$ .

Для определения используются шкалы 01 и 02. Против значения прозрачности на шкале 01 по направлению стрелки с верхней шкалы 02 считываются базовые значения деструкции в граммах  $O_2$  на кубический метр в сутки. Графически алгоритм определения интенсивности деструкции ( $D$ , г  $O_2/м^3$  в сутки) представлен на рис. 44.

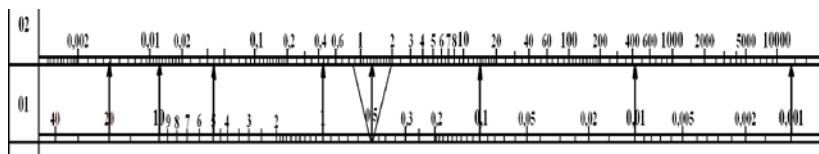


Рис. 44. Определение интенсивности деструкции по шкалам 01 ( $H$ , м) и 02 ( $D$ , г  $O_2/м^3$  в сутки) при наблюдении стандартных условий

Определенные базовые значения деструкции ( $D$ ) для каждого водоема (с 1-го по 8-й) составляют: 0,004; 0,013; 0,04; 0,45; 1,5; 14; 430; 10 800 г  $O_2/м^3$  в день. С учетом того что прозрачность от 1-го до 8-го водоема все время уменьшается, следует констатировать, что интенсивность деструкции имеет обратную связь в прозрачности.

2. Уточняем интенсивность деструкции водоемов с учетом реальной глубины каждого из них. Для этого базовую величину деструкции, полученную в предыдущем пункте данного примера умножаем на реальную глубину водоема. В результате получим следующие итоговые величины деструкции в столбе воды с основанием  $1 м^2$ :

$$\begin{aligned}
 D_{1\text{-го водоема}} &= 0,004 \text{ г } O_2/м^3 \cdot 50 \text{ м} = 0,2 \text{ г } O_2/м^2; \\
 D_{2\text{-го водоема}} &= 0,013 \text{ г } O_2/м^3 \cdot 15 \text{ м} = 0,195 \text{ г } O_2/м^2; \\
 D_{3\text{-го водоема}} &= 0,04 \text{ г } O_2/м^3 \cdot 15 \text{ м} = 0,6 \text{ г } O_2/м^2; \\
 D_{4\text{-го водоема}} &= 0,45 \text{ г } O_2/м^3 \cdot 3 \text{ м} = 1,35 \text{ г } O_2/м^2; \\
 D_{5\text{-го водоема}} &= 1,5 \text{ г } O_2/м^3 \cdot 1,5 \text{ м} = 2,25 \text{ г } O_2/м^2;
 \end{aligned}$$

$$D_{6\text{-го водоема}} = 14 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 1 \text{ м} = 14 \text{ г O}_2/\text{м}^2;$$

$$D_{7\text{-го водоема}} = 430 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 0,3 \text{ м} = 129 \text{ г O}_2/\text{м}^2;$$

$$D_{8\text{-го водоема}} = 10\,800 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 0,01 \text{ м} = 108 \text{ г O}_2/\text{м}^2.$$

**Ответ:** Интенсивность суммарной деструкции (потребления кислорода) водоемом во всей толще воды будет увеличиваться по мере уменьшения прозрачности (с 1-го по 8-й водоемы) с 0,2 до 129 и 108 г  $\text{O}_2/\text{м}^2$  в сутки (см. п. 2 данного примера).

#### **Контрольные варианты заданий:**

**для задачи 3.1 (см. пример 1):** Определите стандартную величину фотосинтеза ( $\Phi$ ) в граммах  $\text{O}_2$  на квадратный метр в день, если:

- |                        |                          |                             |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1. $H = 30 \text{ м};$ | 6. $H = 3 \text{ м};$    | 11. $H = 0,3 \text{ м};$    |
| 2. $H = 15 \text{ м};$ | 7. $H = 2 \text{ м};$    | 12. $H = 0,2 \text{ м};$    |
| 3. $H = 8 \text{ м};$  | 8. $H = 1,5 \text{ м};$  | 13. $H = 0,05 \text{ м};$   |
| 4. $H = 6 \text{ м};$  | 9. $H = 0,8 \text{ м};$  | 14. $H = 0,003 \text{ м};$  |
| 5. $H = 4 \text{ м};$  | 10. $H = 0,6 \text{ м};$ | 15. $H = 0,0015 \text{ м};$ |

**для задачи 3.2 (см. пример 2):** Определите стандартную величину деструкции ( $D$ ) в граммах  $\text{O}_2$  на кубический метр в сутки, если:

- |                        |                          |                             |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1. $H = 30 \text{ м};$ | 6. $H = 3 \text{ м};$    | 11. $H = 0,05 \text{ м};$   |
| 2. $H = 15 \text{ м};$ | 7. $H = 2 \text{ м};$    | 12. $H = 0,6 \text{ м};$    |
| 3. $H = 8 \text{ м};$  | 8. $H = 1,5 \text{ м};$  | 13. $H = 0,3 \text{ м};$    |
| 4. $H = 6 \text{ м};$  | 9. $H = 0,8 \text{ м};$  | 14. $H = 0,003 \text{ м};$  |
| 5. $H = 4 \text{ м};$  | 10. $H = 0,2 \text{ м};$ | 15. $H = 0,0015 \text{ м};$ |

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите методику решения задач по определению интенсивности фотосинтеза и деструкции в пелагических фитоценозах в стандартных условиях при различных величинах прозрачности воды с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### **Лабораторная работа 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО БАЛАНСА МЕЖДУ ПОСТУПЛЕНИЕМ И ПОТРЕБЛЕНИЕМ КИСЛОРОДА В ВОДОЕМАХ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОЗРАЧНОСТИ И ГЛУБИНЕ (ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЙ)**

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** гидробиологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

**Пример 3.** Дано: прозрачность  $H = 0,85$  м, реальная глубина  $h = 2,5$  м. Определите кислородный баланс водоема в стандартных условиях.

Последовательность действий:

1. На шкале 01 находим заданную величину прозрачности  $H = 0,85$  м.

2. Определяем базовые значения интенсивности фотосинтеза и деструкции. Для этого от заданного значения прозрачности 0,85 м проводим две стрелки – вверх (до шкалы 02) и вниз (до шкалы 03). Считываем на шкалах 02 и 03 базовые значения  $\Phi$  и  $D$  (рис. 45):

-  $\Phi = 4,9$  г  $O_2/m^2$  в день;

-  $D = 0,6$  г  $O_2/m^3$  в сутки.

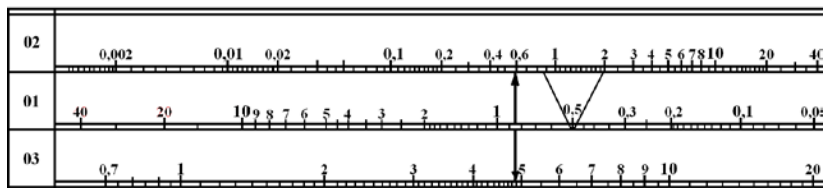


Рис. 45. Определение базовых значений  $\Phi$  и  $D$  для  $H = 0,85$  м

3. Выявляем необходимость внесения поправок на соотношение реальной глубины водоема и глубины фотического слоя. Для этого рассчитываем величину фотического слоя:  $Z = 2H$  – или считываем значение  $Z$  на шкале 2 (строго напротив значения  $H = 0,85$  м на шкале 01). Получаем  $Z = 1,7$  м. Глубина фотического слоя меньше реальной глубины ( $1,7$  м  $<$   $2,5$  м), значит, фотосинтез может идти в полную силу. Поправки на  $\Phi$  вносить не надо. В итоге  $\Phi$  остается равной  $4,9$  г  $O_2/m^2$  в день.

4. Уточняем интенсивность деструкции водоема с учетом реальной глубины. Для этого базовую величину деструкции  $D = 0,6$  г  $O_2/m^3$  в сутки, полученную в п. 2 данного примера, умножаем на реальную глубину водоема  $h = 2,5$  м. В результате получим итоговую величину деструкции в столбе воды с основанием  $1$  м<sup>2</sup>:

$$D = 0,6 \text{ г } O_2/m^3 \cdot 2,5 \text{ м} = 1,5 \text{ г } O_2/m^2 \text{ в сутки.}$$

5. Определяем суточный кислородный баланс. Для этого от итогового значения фотосинтеза ( $\Phi$ ), полученного с учетом реальной глубины водоема, вычитаем итоговое значение деструкции ( $D$ ), также полученное с учетом реальной глубины водоема:

$$\Phi - D = 4,9 - 1,5 = 3,4 \text{ г } O_2/m^2 \text{ в сутки.}$$

**Ответ:** Суточный кислородный баланс положителен и равен  $+3,4 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в сутки. Опасность возникновения заморных явлений отсутствует.

**Контрольные варианты заданий для задачи 3.3 (см. пример 3):**

Определите кислородный баланс в стандартных условиях, если:

- |  |   |
|--|---|
| 1. $H = 20 \text{ м}, h = 50 \text{ м};$   | 6. $H = 0,1 \text{ м}, h = 1 \text{ м};$      |
| 2. $H = 8 \text{ м}, h = 10 \text{ м};$    | 7. $H = 0,01 \text{ м}, h = 0,3 \text{ м};$   |
| 3. $H = 4 \text{ м}, h = 6 \text{ м};$     | 8. $H = 0,001 \text{ м}, h = 0,01 \text{ м};$ |
| 4. $H = 3 \text{ м}, h = 6 \text{ м};$     | 9. $H = 1,6 \text{ м}, h = 3 \text{ м};$      |
| 5. $H = 2,5 \text{ м}, h = 3,5 \text{ м};$ | 10. $H = 1 \text{ м}, h = 3 \text{ м}.$       |

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению суточного баланса между поступлением и потреблением кислорода в водоемах, различающихся по прозрачности и глубине (для стандартных условий) с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЯ СУТОЧНОГО БАЛАНСА КИСЛОРОДА В РАЗНЫХ ПО ГЛУБИНЕ ВОДОЕМАХ ПРИ ОДИНАКОВОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ В НИХ И СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** гидробиологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

**Пример 4.** Дано 6 водоемов. Во всех одинаковая прозрачность воды – 0,4 м. При этом водоемы различаются фактической глубиной ( $h$ ). От 1-го к 6-му она меняется следующим образом: 0,5; 0,8; 1,2; 1,5; 2,5; 4,5 м. Условия стандартны.

Необходимо определить кислородный баланс каждого водоема и дать оценку вероятности замора, если исходная среднесуточная концентрация кислорода в них составляет 6 мг/л.

Последовательность действий:

1. Определяем базовые значения фотосинтеза ( $\Phi$ , г  $\text{O}_2/\text{м}^2$  в день) и деструкции ( $D$ , г  $\text{O}_2/\text{м}^3$  в сутки). Для этого используем шкалы 01, 02 и 03. Графический алгоритм действий представлен на рис. 46.

2. Получаем следующие величины:  $\Phi = 7 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день и  $D = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки.

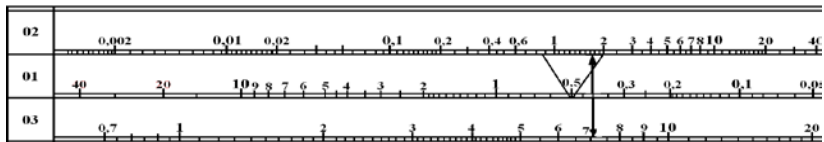


Рис. 46. Графическое определение базовых величин  $\Phi$  и  $D$  при исходной прозрачности 0,4 м и стандартных условиях

3. Выявляем необходимость внесения поправок на соотношение реальной глубины водоема и глубины фотического слоя. Фотический слой для каждого водоема будет одинаков:  $Z = 2H = 2 \cdot 0,4 \text{ м} = 0,8 \text{ м}$ . Сопоставим полученное значение глубины фотического слоя с реальной глубиной ( $h$ ) каждого водоема ( $Z/h$ ):  $0,8 \text{ м} / 0,5 \text{ м}$ ;  $0,8 \text{ м} / 0,8 \text{ м}$ ;  $0,8 \text{ м} / 1,2 \text{ м}$ ;  $0,8 \text{ м} / 1,5 \text{ м}$ ;  $0,8 \text{ м} / 2,5 \text{ м}$ ;  $0,8 \text{ м} / 4,5 \text{ м}$ .

Во всех случаях, кроме первого, фотический слой равен или меньше реальной глубины водоема. В этих водоемах фотический слой может функционировать в полную мощность. Понижающих поправок на фотосинтез в данных водоемах вносить не нужно, и фотосинтез в каждом из них будет равен:  $\Phi = 7 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день. Лишь в 1-м водоеме поправка на несоответствие глубины водоема глубине фотического слоя ( $K_{\nabla}$ ) необходима. Рассчитаем ее:

$$K_{\nabla} = h / Z = 0,5 \text{ м} / 0,8 \text{ м} = 0,625.$$

Это значит, что для 1-го водоема интенсивность фотосинтеза будет несколько ниже:

$$\Phi_{1\text{-го водоема}} = K_{\nabla} \cdot 7 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} = 0,625 \cdot 7 = 4,375 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день}.$$

4. Определяем суммарную интенсивность деструкции ( $D$ ,  $\text{г O}_2/\text{м}^2$  в сутки) в каждом из представленных водоемов с учетом их глубины. Для этого базовое значение  $D = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки умножаем на реальную глубину водоема. В результате получаются следующие значения:

$$D_{1\text{-го водоема}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 0,5 \text{ м} = 0,9 \text{ г O}_2/\text{м}^2;$$

$$D_{2\text{-го водоема}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 0,8 \text{ м} = 1,44 \text{ г O}_2/\text{м}^2;$$

$$D_{3\text{-го водоема}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 1,2 \text{ м} = 2,16 \text{ г O}_2/\text{м}^2;$$

$$D_{4\text{-го водоема}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 1,5 \text{ м} = 2,7 \text{ г O}_2/\text{м}^2;$$

$$D_{5\text{-го водоема}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 2,5 \text{ м} = 4,5 \text{ г O}_2/\text{м}^2;$$

$$D_{6\text{-го водоема}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 4,5 \text{ м} = 8,1 \text{ г O}_2/\text{м}^2.$$

5. Рассчитываем суточный кислородный баланс для каждого водоема. Для этого от итоговых значений  $\Phi$  отнимаем итоговые значения  $D$  (табл. 7). Полученные значения кислородного баланса показывают следующее:

- замор возможен только в самом глубоком водоеме ( $h = 4,5 \text{ м}$ );

- самое большое положительное значение баланса наблюдается в том случае, когда прозрачность равна половине реальной глубины водоема ( $H = 1/2h$ ).

Т а б л и ц а 7. Исходные данные и расчет кислородного баланса

Показатель	Водоем					
	1	2	3	4	5	6
$H$ , м	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$h$ , м	0,5	0,8	1,2	1,5	2,5	4,5
$\Phi$ , г $O_2/m^2$ в день	4,375	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
$D$ , г $O_2/m^2$ в сутки	0,9	1,44	2,16	2,7	4,5	8,1
Кислородный баланс, г $O_2$	+3,475	+5,56	+4,84	+4,3	+2,5	-0,9

Отрицательный кислородный баланс, обнаруженный для 6-го водоема, требует расчета ориентировочного времени наступления замора.

6. Рассчитываем время наступления замора. В качестве исходных данных берем текущее содержание кислорода в водоеме и рассчитанное значение кислородного баланса. Первое значение дано в условии:  $6 \text{ мг/л} = 6 \text{ г/м}^3$ , второе – определено в предыдущем пункте данного примера и равно  $-0,9 \text{ г } O_2$  под каждым квадратным метром поверхности в сутки.

Это означает, что при глубине водоема в  $4,5 \text{ м}$  в столбе воды с площадью  $1 \text{ м}^2$  изначально может содержаться  $4,5 \text{ м} \cdot 6 \text{ г/м}^3 = 27 \text{ г } O_2$ .

Если каждый день из этого количества кислорода будет исчезать  $0,91 \text{ г}$ , то до полного исчерпания кислорода в данном водоеме потребуется:  $27 \text{ г } O_2 / 0,91 \text{ г } O_2 = 29,7$  дней. Почти месяц. Этого времени вполне достаточно для того, чтобы оптимизировать ситуацию и избежать замора. Большой опасности нет.

**Ответ:** По мере увеличения глубины водоема кислородный баланс постепенно сдвигается в сторону отрицательных величин: от  $+3,475$  до  $-0,9 \text{ г } O_2$  в сутки. Отрицательный баланс имеет водоем с глубиной  $4,5 \text{ м}$ , а самый положительный ( $+5,56 \text{ г } O_2$  в сутки) – с глубиной, вдвое превышающей прозрачность. Замор возможен только в 6-м водоеме, однако для его наступления необходимо около 30 дней. Это означает, что ситуация не опасная и имеется возможность предотвращения замора.

**Контрольные варианты заданий для задачи 3.4 (см. пример 4):** Определите кислородный баланс в стандартных условиях, если исходная среднесуточная концентрация кислорода составляет  $7,7 \text{ мг/л}$ , а также:

1.  $h = 20 \text{ м}$ ,  $H = 20 \text{ м}$ ;
2.  $h = 20 \text{ м}$ ,  $H = 10 \text{ м}$ ;
3.  $h = 20 \text{ м}$ ,  $H = 5 \text{ м}$ ;
4.  $h = 20 \text{ м}$ ,  $H = 1 \text{ м}$ ;
5.  $h = 10 \text{ м}$ ,  $H = 10 \text{ м}$ ;
6.  $h = 10 \text{ м}$ ,  $H = 1 \text{ м}$ ;
7.  $h = 10 \text{ м}$ ,  $H = 0,6 \text{ м}$ ;
8.  $h = 5 \text{ м}$ ,  $H = 5 \text{ м}$ ;
9.  $h = 5 \text{ м}$ ,  $H = 1,5 \text{ м}$ ;
10.  $h = 5 \text{ м}$ ,  $H = 0,7 \text{ м}$ ;
11.  $h = 3 \text{ м}$ ,  $H = 3 \text{ м}$ ;
12.  $h = 3 \text{ м}$ ,  $H = 1 \text{ м}$ ;
13.  $h = 3 \text{ м}$ ,  $H = 0,5 \text{ м}$ ;
14.  $h = 3 \text{ м}$ ,  $H = 0,15 \text{ м}$ ;
15.  $h = 1,6 \text{ м}$ ,  $H = 2 \text{ м}$ .

## Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению характера изменения суточного баланса кислорода в разных по глубине водоемах при одинаковой прозрачности воды в них и стандартных условиях с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО БАЛАНСА МЕЖДУ ПОСТУПЛЕНИЕМ И ПОТРЕБЛЕНИЕМ КИСЛОРОДА В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОДОЕМЕ ПРИ ОТКЛОНЕНИИ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ ОТ СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЙ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** гидробиологический планшет.

**Задание:**

1) ознакомьтесь с методикой решения;

2) решите задачу согласно выданному варианту.

**Пример 5.** Водоем – обычный рыболовный пруд. Прозрачность воды 0,4 м. Фактическая глубина  $h = 1,5$  м. Оцените изменение ситуации с кислородным балансом по сравнению со стандартной в двух случаях (вариантах):

- 1-й вариант – резкое изменение погоды при сохранении состава sestona;

- 2-й вариант – кардинальное изменение обстановки по всем показателям.

В обоих вариантах величина прозрачности сохраняется на уровне  $H = 0,4$  м.

Факторы, имеющие отклонения от стандартных условий:

для 1-го варианта:  $T = 24$  °С, облачность 10 баллов;

для 2-го варианта:  $T = 24$  °С, облачность 10 баллов, цвет воды 600 нм, «серость» 8, дата – 20 августа, широта 50° с. ш.

**Задача:** Определите кислородный баланс для стандартных условий и его изменение в каждом из двух вариантов. В случае если обнаруживается вероятность замора, установите ориентировочное время его наступления с учетом того, что исходная среднесуточная концентрация кислорода в водоеме 6 мг/л.

Последовательность действий:

1. Определяем кислородный баланс пруда в стандартных условиях (действия аналогичны тем, что осуществлялись в примере 4).

1.1. Определяем базовые значения фотосинтеза ( $\Phi$ , г  $O_2/m^2$  в день) и деструкции ( $D$ , г  $O_2/m^3$  в сутки) для водоема в стандартных условиях.

Для этого используем шкалы 01, 02 и 03. Графический алгоритм действий аналогичен тем, что были предприняты в п. 1 примера 4 для аналогичного водоема. Для стандартных условий получаются величины:  $\Phi_{\text{баз}} = 7 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день и  $D_{\text{баз}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки.

1.2. Выявляем необходимость внесения поправок на соотношение реальной глубины водоема и глубины фотического слоя. В нашем водоеме  $Z = 2H = 2 \cdot 0,4 \text{ м} = 0,8 \text{ м}$ . Реальная глубина  $h = 1,5 \text{ м}$ . Сопоставление глубин ( $Z/h = 0,8 \text{ м} / 1,5 \text{ м}$ ) показывает, что фотический слой меньше реальной глубины водоема и может функционировать в полную мощность. Понижающих поправок на фотосинтез не нужно. Таким образом,  $\Phi_{\text{баз}} = \Phi$ .

1.3. Определяем суммарную интенсивность деструкции ( $D$ , г  $\text{O}_2/\text{м}^2$  в сутки) путем умножения базового значения  $D_{\text{баз}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  на реальную глубину водоема. Получаем:

$$D = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 1,5 \text{ м} = 2,7 \text{ г O}_2/\text{м}^2.$$

1.4. Рассчитываем суточный кислородный баланс пруда для стандартных условий:

$$\Phi - D = 7 - 2,7 = + 4,3 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в сутки.}$$

Баланс положительный. Опасности возникновения в пруду заморной ситуации нет.

2. Определяем кислородный баланс пруда для ситуации резкого изменения погодных условий.

2.1. Определяем интенсивность фотосинтеза и интенсивность деструкции при стандартных условиях. Аналогично п. 1.1 данного примера  $\Phi_{\text{баз}} = 7 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день и  $D_{\text{баз}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки.

2.2. Вносим поправки на интенсивность деструкции по температуре. Для деструкции действующими являются поправки только на один фактор внешней среды – температуру. Для внесения поправки на температуру на шкале 8 (самая правая часть шкалы, рис. 47) измеряем соответствующий отрезок (между температурами 20 и 24 °С) и откладываем его с учетом соответствующего направления стрелки на шкале 02 от базового значения деструкции (от  $D_{\text{баз}} = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки). Получаем скорректированное значение  $D = 2,4 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки.

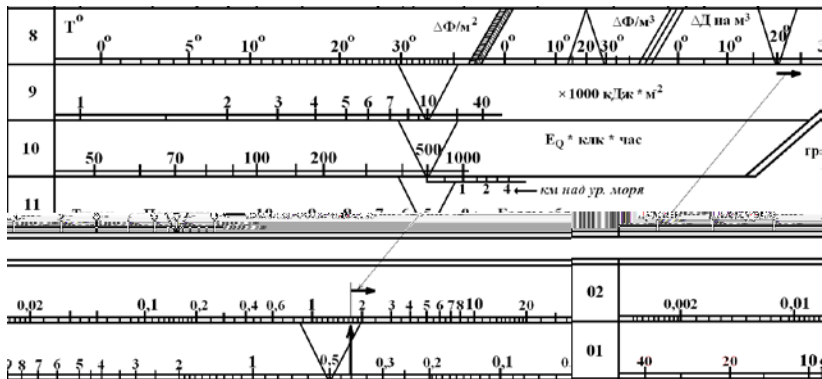


Рис. 47. Графическое внесение поправок для деструкции на температуру ( $T = 24^\circ\text{C}$ ) при прозрачности  $H = 0,4 \text{ м}$

2.3. Вносим поправки для деструкции на глубину водоема. Размерность деструкции – граммы  $\text{O}_2$  на кубический метр в сутки. Это значит, что суммарное потребление кислорода будет зависеть от глубины. В нашем случае  $h = 1,5 \text{ м}$ . Значит, суммарное потребление кислорода

$$D = 2,4 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^3 \cdot 1,5 \text{ м} = 3,6 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2 \text{ в сутки.}$$

2.4. Вносим поправки на интенсивность фотосинтеза. Предварительно отметим, что на фотосинтез влияют практически все факторы внешней среды. В нашем случае (вариант со сменной погодой) от стандартных показателей отличаются температура и облачность. Величину поправок для каждого фактора оцениваем графически с помощью поправочной шкалы 8 (левая часть) и шкалы 11 соответственно. В дальнейшем эти отрезки переносятся на шкалу 03 и последовательно, независимо друг от друга, с учетом направления каждой стрелки откладываются от базового значения  $\Phi = 7 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2$  в день (рис. 48).

В результате получено итоговое значение  $\Phi = 3,7 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2$  в день.

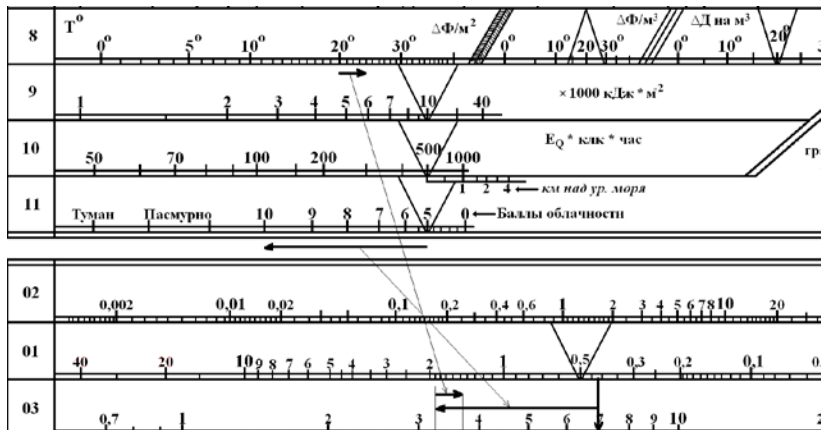


Рис. 48. Графическое внесение поправок для фотосинтеза на температуру ( $T = 24^\circ\text{C}$ ) и облачность (10 баллов) при  $H = 0,4\text{ м}$

2.5. Рассчитываем суточный кислородный баланс пруда для варианта со сменой погоды:

$$\Phi - D = 3,7 - 3,6 = +0,1 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2 \text{ в сутки.}$$

Баланс положительный, однако при этом очень близок к нулевому. Опасности возникновения в пруду заморной ситуации в ближайшей перспективе нет. Однако следует внимательно следить за изменением состояния сестона и другими факторами, способными ухудшить ситуацию.

3. Определяем кислородный баланс пруда для случая кардинального изменения всех внешних факторов относительно стандартных условий. Напомним исходные данные:  $T = 24^\circ\text{C}$ , облачность 10 баллов, цвет воды 600 нм, «серость» 8, дата – 20 августа, широта  $50^\circ\text{с. ш.}$  Исходная концентрация кислорода 6 мг/л.

3.1. Определяем интенсивность фотосинтеза и интенсивность деструкции при стандартных условиях (базовые величины). Определение осуществляется аналогично пп. 1.1 и 2.1 данного примера:  $\Phi_{\text{баз}} = 7 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2$  в день и  $D_{\text{баз}} = 1,8 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^3$  в сутки.

3.2. Вносим поправки на интенсивность деструкции по температуре. Учитываем только температуру ( $24^\circ\text{C}$ ). Действуем аналогично п. 2.2. Получаем итоговое значение  $D = 2,4 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^3$  в сутки.

3.3. Учитываем влияние на деструкцию реальной глубины водоема (1,5 м). Для этого

$$D \cdot h = 2,4 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^3 \text{ в сутки} \cdot 1,5 \text{ м} = 3,6 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2.$$

3.4. Определяем величины поправок на интенсивность фотосинтеза. Прежде всего отметим, что в рассматриваемом варианте все пять указанных внешних факторов нестандартны. Значит, для каждого из них: температуры, облачности, «серости», цвета воды и длительности светового дня – необходимо определение величины и направления поправки. Для облачности и температуры схема определения и внесения таких поправок аналогична п. 2.2 данного примера и рис. 49, 50.

Определяем величину и направление поправок для длительности светового дня (в зависимости от месяца и широты местности) путем определения длины отрезка на графике в правой нижней части планшета (рис. 49).

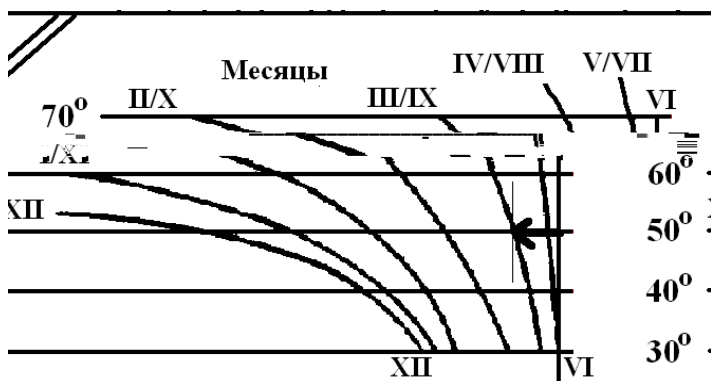


Рис. 49. Определение величины и направления поправок на длительность светового дня в зависимости от времени года (месяц) и географического положения водоема

Определение величины и направления поправок для цвета воды и «серости» проводится путем измерения длины отрезков между стандартными и фактическими значениями на шкале 7 (рис. 50).

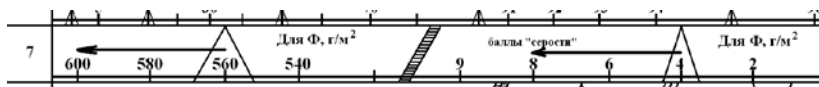


Рис. 50. Определение величины и направления поправок на цвет воды (600 нм) и «серость» (8 баллов)

3.5. Вносим поправки на интенсивность фотосинтеза. На базовую величину  $\Phi = 7 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день (п. 3.1) влияют все пять факторов. Для определения суммарного воздействия данных факторов ранее определенные величины поправок последовательно переносятся на шкалу 03 таким образом, чтобы каждая последующая поправка про-

должала предыдущую. Если каждой поправке придать соответствующий номер, например: 1-й номер – температуре, 2-й – облачности, 3-й – «серости», 4-й – цвету воды, 5-й – длине дня, тогда их перемещение на гидробиологическом планшете (в продолжении схемы рис. 48) может быть представлено на рис. 51.

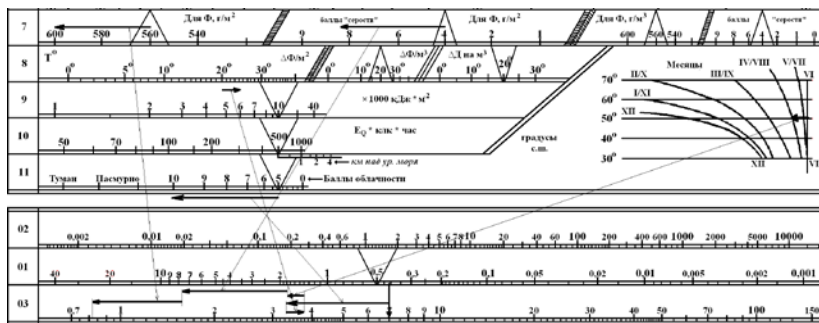


Рис. 51. Внесение поправок на интенсивность фотосинтеза:  
 1 – температура (24 °С); 2 – облачность (10 баллов); 3 – «серость» (8 баллов);  
 4 – цвет воды (560 нм); 5 – длина дня

В результате суммарного воздействия всех пяти факторов, из которых только один работал на увеличение (температура), а остальные – на уменьшение интенсивности фотосинтеза, итоговая величина  $\Phi$  уменьшилась с 7 г  $O_2/m^2$  в день до 0,81 г  $O_2/m^2$  в день.

3.6. Рассчитываем кислородный баланс путем определения разницы между фотосинтезом ( $\Phi$ ) и деструкцией ( $D$ ) столба воды, расположенного под 1 м<sup>2</sup> поверхности, когда для каждого из составляющих этого баланса учтены все значимые факторы внешней среды и реальная глубина водоема. В нашем случае

$$\Phi - D = 0,81 - 3,6 = -2,79 \text{ г } O_2/m^2 \text{ в день.}$$

Баланс отрицательный. Это означает, что необходимо определение ориентировочного времени наступления заморной ситуации;

3.7. Рассчитываем время наступления замора в два этапа. Сначала рассчитывается количество кислорода, которое может быть растворено в столбе воды, расположенном под 1 м<sup>2</sup> поверхности, с учетом того, что 6 мг  $O_2/л = 6 \text{ г } O_2/m^3$ :

$$6 \text{ г } O_2/m^3 \cdot 1,5 \text{ м} = 9 \text{ г } O_2/m^2.$$

Затем определяем время, необходимое для полного исчерпания данного количества кислорода при сохранении отрицательного баланса кислорода на уровне  $-2,79 \text{ г } O_2/m^2$  в сутки:

9 г O<sub>2</sub> / 2,79 г O<sub>2</sub> в день (сутки) = 3,23 суток.

Таким образом, время до полного исчерпания имеющегося запаса кислорода составляет немногим более трех суток.

**Ответ:** В рыбоводном пруду глубиной 1,5 м с прозрачностью 0,4 м в стандартных условиях ситуация в целом благоприятная. Кислородный баланс положительный (+4,3 г O<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> в сутки). Опасности возникновения заморной ситуации нет.

При резком изменении погодных условий (увеличение температуры воды до 24 °С и облачности до 10 баллов) кислородный баланс остается положительным, но заметно снижается (до +0,1 г O<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> в сутки). Непосредственной опасности замора нет. Однако, при изменении качества воды ситуация может ухудшиться. Поэтому требуется усиление оперативного контроля за состоянием водоема.

При кардинальном изменении качества воды (возможно, при чрезмерной кормовой нагрузке на водоем) возникновение заморной ситуации неизбежно. В заданных параметрах массовый замор в пруду наступит в пределах 3–4 суток. Потребуется срочные меры по предупреждению замора и спасению рыбы.

**Контрольные варианты заданий для задачи 3.5 (см. пример 5):** Определите кислородный баланс водоема по комплексу факторов, полностью или частично отличающихся от стандартных, в граммах O<sub>2</sub> в сутки, если исходная концентрация кислорода составляет 5,3 мг/л, а также:

№ варианта	Условия							
	Глубина водоема, м	Прозрачность воды, м	Температура воды, °С	Облачность, баллов	Цветность, нм	«Серость»	Месяц	Северная широта, град
1	10,0	5,0	18	0	540	1	Август	35
2	9,0	4,0	19	1	550	2	Сентябрь	40
3	8,0	3,5	21	2	560	3	Октябрь	45
4	7,0	3,0	16	3	570	2	Ноябрь	50
5	6,0	2,5	17	4	580	3	Июль	55
6	5,0	2,3	18	5	590	4	Август	60
7	4,5	2,1	22	6	600	5	Сентябрь	65
8	4,0	2,0	23	7	540	6	Октябрь	70
9	3,5	1,6	23	Пасмурно	550	1	Ноябрь	35
10	3,0	1,5	24	0	560	2	Июль	40
11	2,5	1,2	25	1	570	3	Август	45

12	8,0	3,5	22	2	580	2	Сентябрь	50
13	7,0	3,0	21	3	590	3	Октябрь	55
14	6,0	2,5	23	4	600	4	Ноябрь	60
15	5,0	2,3	22	5	580	5	Июль	65
16	4,5	2,1	24	Туман	590	6	Сентябрь	70
17	4,0	2,0	25	7	600	3	Сентябрь	50
18	3,5	1,6	26	Пасмурно	540	2	Октябрь	55
19	3,0	1,5	22	5	540	3	Ноябрь	60
20	2,5	1,2	21	6	590	4	Июль	65

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению суточного баланса между поступлением и потреблением кислорода в рыбохозяйственном водоеме при отклонении внешних факторов от стандартных условий с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО, ПРЕДЕЛЬНО ВОЗМОЖНОГО И НЕДОПУСТИМОГО УРОВНЯ КОРМОВОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОЕМ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** гидробиологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Задачи подобного типа могут быть актуальными в том случае, когда в малопроточный водоем вносятся органические соединения с целью кормления рыбы (комбикорм в прудах, садках) или водоемы удобряются разнообразными органическими удобрениями (по воде) и требуется заблаговременно определить возможный уровень загрязненности (по показателю прозрачности).

Возможно использование гидробиологического планшета и для решения обратных задач – определения количества взвешенных частиц в единице объема воды по известной прозрачности для расчета необходимой мощности фильтров. Актуально в том случае, если требуется провести полную или частичную очистку воды от примесей.

**Пример 6.** Имеется рыбоводный пруд глубиной 1 м.

Необходимо определить, при каком количестве вносимого в водоем органического вещества (комбикорма) пруд:

а) заведомо перейдет в разряд заморных, т. е. непригодных для выращивания рыбы;

б) вплотную приблизится к состоянию, при котором начинается формирование устойчивой стратификации, а у дна появляются первые признаки дефицита кислорода (предзаморная ситуация);

в) будет функционировать в оптимальном и одновременно наиболее безопасном режиме.

Последовательность действий:

1. Устанавливаем характерные для каждого из вышеперечисленных состояний (а – в) величины прозрачности. Для этого используем гидробиологический планшет (шкалы 01–03).

На шкалах 01–03 находим прозрачность, при которой базовые величины фотосинтеза ( $\Phi$ ) и деструкции ( $D$ ) становятся одинаковыми. Для нашего водоема глубиной 1 м различие в размерностях  $\Phi$  и  $D$  несущественно (кубометр воды совпадает с высотой столба воды) и оба эти показателя могут сравниваться напрямую без учета влияния реальной глубины. В данном случае прозрачностью, при которой  $\Phi = D$ , является прозрачность  $H = 0,1$  м. Это означает, что в стандартных условиях кислородный баланс всегда будет нулевым. Такой водоем априори не может использоваться для выращивания рыбы. Эти условия соответствуют первому пункту (а) задания. Отсюда первое искомое значение прозрачности  $H = 0,1$  м.

по предупреждению опасных ситуаций и т. д. В частности, в разделе, касающемся прозрачности, данная инструкция указывает следующее:

1) «Технологической нормой...» является «...  $1/2$  средней глубины пруда»;

2) «...верхним пределом...» прозрачности для рыбоводного пруда является «...  $1/3$  средней глубины пруда...».

Это означает, что для решения поставленной задачи в качестве оптимальной глубины для пруда с фактической глубиной  $h = 1$  м можно взять глубину:  $1 \text{ м} \cdot 1/2 = 0,5$  м. Таким образом, третьему пункту (в) задания может соответствовать значение прозрачности  $H = 0,5$  м. Что же касается предельного уровня нагрузки на водоем, то она тесно связана с верхним (от поверхности) пределом прозрачности. В инструкции этот предел обозначен как  $1/3$  от  $h$ . В нашем примере эта величина составляет 0,33 м. Если эта величина меньше, то нагрузка выйдет за предельный уровень. По условиям задания («вплотную приблизится...») такой выход не предусмотрен. Поэтому мы вправе взять для второго пункта задания (б) величину прозрачности несколько большую, чем  $1/3$  от  $h$ . Принимаем за такую прозрачность  $H = 0,37$  м.

2. Определяем количество взвесей в воде в показателях абсолютно сухого вещества (АСВ) сестона. Используем шкалу 01 и шкалу 1. От искомых значений прозрачности (0,1 м, 0,37 м и 0,5 м) на шкале 01

проводим вертикальные линии до их пересечения со шкалой 1 (рис. 52). Точки пересечения – искомые показатели количества взвесей в показателях АСВ (в  $г/м^3$ ).

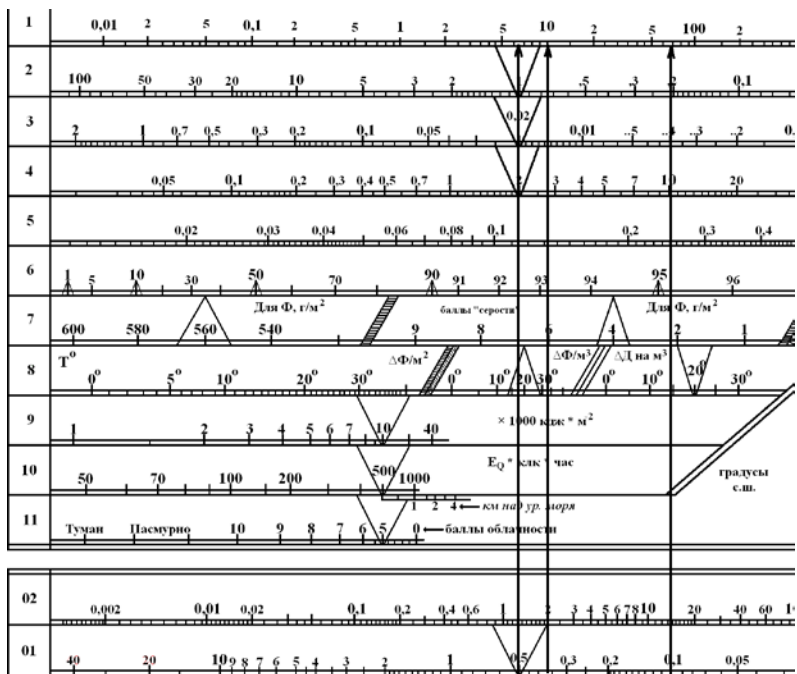


Рис. 52. Графический алгоритм определения АСВ сестона

3. Определенные таким образом величины АСВ составляют 70, 10 и 6,3  $г/м^3$ . Это означает, что в пересчете на 1 га ( $10\,000\,м^2$ ) пруда глубиной 1 м, как в нашем случае, когда водный объем будет составлять  $10\,000\,м^3$ , в толще воды будет находиться соответственно 700, 100 и 63 кг взвесей (в АСВ). В пересчете на сырую биомассу (см. таблицу эквивалентов) – 4 671, 667 и 420 кг.

Если принять, что вносимая в водоем органика, например в виде комбикорма, по содержанию влаги эквивалентна АСВ сестона и вся окажется в толще воды (непосредственно или в виде экскрементов рыб), то предельным уровнем органической или кормовой нагрузки будет величина 100 кг/га.

Отметим, что именно эта величина (100 кг корма на 1 га в сутки) в прудовом рыбоводстве рассматривается как предельно допустимая, а ее регулярное превышение приводит к заморным ситуациям.

**Ответ:** Недопустимым уровнем кормовой нагрузки на пруд в показателях АСВ является 700 кг/га, предельным – 100 кг/га, оптимальным – 63 кг/га. При пересчете в единицы сырой биомассы – 4 671, 667 и 420 кг/га соответственно.

**Контрольные варианты заданий для задачи 3.6 (см. пример 6):** Определите количество взвесей по прозрачности в граммах на кубический метр АСВ и в граммах на кубический метр сырой биомассы, если:

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1. $H = 10$ м;  | 6. $H = 0,75$ м; |
| 2. $H = 5$ м;   | 7. $H = 0,4$ м;  |
| 3. $H = 3$ м;   | 8. $H = 0,35$ м; |
| 4. $H = 1,9$ м; | 9. $H = 0,25$ м; |
| 5. $H = 1$ м;   | 10. $H = 0,2$ м. |

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению оптимального, предельно возможного и недопустимого уровня кормовой нагрузки на водоем с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОРОДНОГО БАЛАНСА И ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАМОРА В ВОДОЕМЕ СО СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ГЛУБИН В НЕСТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** гидробиологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Задачи подобного типа относятся к числу наиболее сложных. Актуальны для ориентировочной оценки текущего состояния естественных водоемов, функционирующих на базе планктонного фитопланктона. Кроме обычной информации о состоянии водоема и внешних факторах, требуют знания размеров, конфигурации водоема, распределения глубин.

**Пример 7.** Имеется замкнутое озеро, экосистема которого базируется на фитопланктоне. Прозрачность  $H = 0,8$  м, цвет воды 580 нм, серость 7 баллов, температура 26 °С, время года – сентябрь, месторасположение 55° с. ш. Масштаб 1:9 000. Конфигурация береговой линии и распределение глубин представлены на рис. 53. Исходная концентрация кислорода 6 мг/л.

Необходимо определить кислородный баланс озера в целом, оценить вероятность заморной ситуации в случае различных погодных условий:

- а) солнечная погода (облачность 0 баллов);
- б) стандартные условия освещенности (облачность 5 баллов);
- в) пасмурная погода (низкие облака, облачность более 10 баллов).

При необходимости определить срок вероятного замора и дать оценку ситуации.

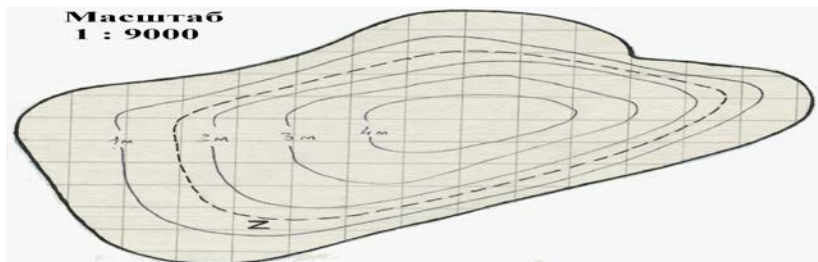


Рис. 53. Конфигурация берегов и распределение глубин озера

Последовательность действий:

1. Определяем общую площадь водоема ( $S_{\text{общ}}$ ). На карту водоема наносим сетку. Сторона квадрата 1 см. Считаем количество полных квадратов внутри контура водоема ( $N_{\text{П}}$ ). Таких квадратов 80 шт. Подсчитываем количество неполных квадратов ( $N_{\text{НП}}$ ), прилегающих к береговой линии. Таковых квадратов 33 шт. С учетом масштаба рисунка площадь одного квадрата ( $S_{1 \text{ кв}}$ ) составляет:  $90 \text{ м} \cdot 90 \text{ м} = 8100 \text{ м}^2 = 0,81 \text{ га}$ . Рассчитываем общую площадь водоема по формуле

$$S_{\text{общ}} = (N_{\text{П}} \cdot S_{1 \text{ кв}}) + (N_{\text{НП}} \cdot S_{1 \text{ кв}}) / 2 = 78,2 \text{ га.}$$

2. Определяем площадь глубоководной и мелководной зон. Граница между мелководной и глубоководной частью водоема лежит по линии изобаты, равной глубине фотического слоя:  $2H = 2 \cdot 0,8 \text{ м} = 1,6 \text{ м}$  (линия Z на рис. 53). Аналогично тому, как это делалось в п. 1 данного примера, подсчитываем количество полных и неполных квадратов в центральной части водоема (внутри изобаты с обозначением Z). Получаем 36 полных (П) и 24 неполных (НП) квадрата. Соответственно площадь глубоководной зоны ( $S_{\text{глуб}}$ ) равна:

$$S_{\text{глуб}} = (36_{\text{П}} \cdot S_{1 \text{ кв}}) + (24_{\text{НП}} \cdot S_{1 \text{ кв}}) / 2 = 38,9 \text{ га.}$$

Отсюда площадь мелководной зоны

$$S_{\text{мелк}} = S_{\text{общ}} - S_{\text{глуб}} = 78,2 \text{ га} - 38,9 \text{ га} = 39,3 \text{ га}.$$

3. Определяем объем водной массы для всего водоема. Определение объема может осуществляться несколькими способами:

**Первый способ** (весьма грубый) – через общую площадь водоема и его среднюю глубину, взятую как половина от максимальной. В нашем примере максимальная глубина 4 м. Значит, при общей площади водоема в 76,2 га = 762 000 м<sup>2</sup> и средней глубине 4 / 2 = 2 м объем воды должен составлять 1 524 000 м<sup>3</sup>.

**Второй способ** (более точный) предполагает мысленное разделение водоема на отдельные «слои» и зоны с фиксированной толщиной 1 м (рис. 54) с последующим последовательным определением объема каждого слоя и зоны.

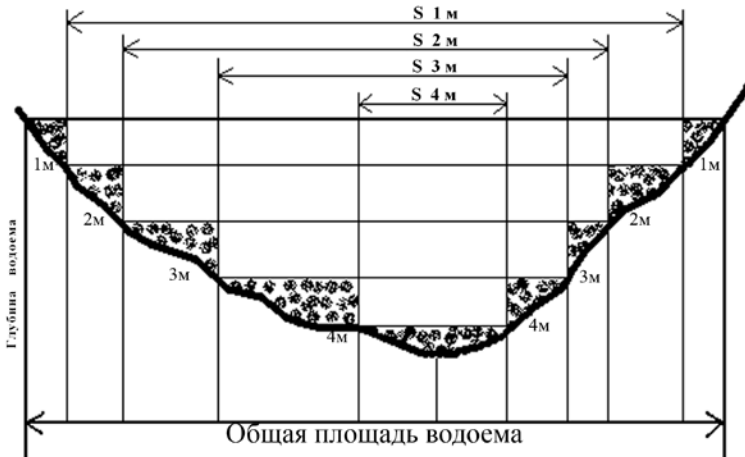


Рис. 54. Схема разделения водоема на зоны для определения объема воды, содержащейся в данном водоеме

В рамках данного способа для нашего примера мы выделяем четыре слоя и одну зону. Каждый слой – это сложная по конфигурации основания фигура с фиксированной толщиной (1 м). Основанием каждого слоя является та часть площади водоема, которая лежит внутри той или иной изобаты (внутри изобаты 4 м, 3 м, 2 м, 1 м). На рис. 54 эти площади схематично обозначены как S 4 м, S 3 м, S 2 м и S 1 м. Объем каждого слоя легко определить путем простого умножения площади основания на толщину слоя.

Дополнительно к четырем слоям на рис. 54 выделена зона, соприкасающаяся со склоном водоема (на рисунке она закрашена). В этой

зоне, заканчивающейся в точке прохождения изобаты, объем воды вдвое меньше, чем в основном слое, из-за естественного «обрезания» слоя уклоном дна. При этом суммарная площадь всех участков соприкосновения равна общей площади водоема. Это означает, что объем воды в зоне соприкосновения со склоном может быть установлен путем умножения общей площади водоема ( $S_{\text{общ}}$ ) на глубину слоя и деления полученной величины на 2.

Определим площадь слоев внутри каждой изобаты методом подсчета квадратов (п. 1 данного примера). Обозначим площадь каждого слоя как  $S\ 4\ \text{м}$  (внутри изобаты 4 м),  $S\ 3\ \text{м}$  (внутри изобаты 3 м),  $S\ 2\ \text{м}$  (внутри изобаты 2 м),  $S\ 1\ \text{м}$  (внутри изобаты 1 м). На рис. 54 для каждой из этих четырех зон подсчитываем количество полных (П) и неполных (НП) квадратов. Количество полных и неполных квадратов для каждого слоя (4 м, 3 м, 2 м, 1 м), а также определенные на этой основе площади ( $S\ 4\ \text{м}$ ,  $S\ 3\ \text{м}$ ,  $S\ 2\ \text{м}$ ,  $S\ 1\ \text{м}$ ) представлены ниже.

4 м => 3 П и 8 НП внутри изобаты 4 м;  $S\ 4\ \text{м} = 56\ 700\ \text{м}^2$ ;

3 м => 14 П и 11 НП внутри изобаты 3 м;  $S\ 3\ \text{м} = 157\ 950\ \text{м}^2$ ;

2 м => 28 П и 21 НП внутри изобаты 2 м;  $S\ 2\ \text{м} = 311\ 850\ \text{м}^2$ ;

1 м => 53 П и 30 НП внутри изобаты 1 м;  $S\ 1\ \text{м} = 559\ 800\ \text{м}^2$ .

Напомним, что площадь всего водоема  $S_{\text{общ}} = 78,2\ \text{га} = 782\ 000\ \text{м}^2$ .

Рассчитаем объем каждого элемента и общую сумму:

$$(S\ 4\ \text{м} \cdot 1\ \text{м}) + (S\ 3\ \text{м} \cdot 1\ \text{м}) + (S\ 2\ \text{м} \cdot 1\ \text{м}) + (S\ 1\ \text{м} \cdot 1\ \text{м}) + (S_{\text{общ}} \cdot 1\ \text{м} / 2) = \\ = 56\ 700 + 157\ 950 + 311\ 850 + 559\ 800 + 782\ 000 / 2 = 1\ 477\ 300\ \text{м}^3.$$

Сравним с объемом воды, рассчитанным первым (упрощенным) способом,  $1\ 524\ 000\ \text{м}^3$ . Разница составит  $46\ 700\ \text{м}^3$  (3,1–3,2 % от общего объема). Разница невелика. И в том случае, когда водоем достаточно компактен, без явного преобладания мелководных или глубоководных участков, а ситуация, скорее всего, благоприятна, расчет объема воды можно делать по упрощенной схеме. В случае сложного характера водоема и необходимости повышенной точности расчет объема воды следует производить максимально корректно, т. е. по второму варианту. В некоторых случаях (большой, сильно рассеченный на участки водоем) – с разделением единого водоема на отдельные участки с самостоятельной оценкой кислородного баланса в каждом из них.

4. Определяем базовые величины интенсивности фотосинтеза ( $\Phi$ ) и деструкции ( $D$ ) водоема. Используем шкалы 01, 02 и 03 (рис. 55).

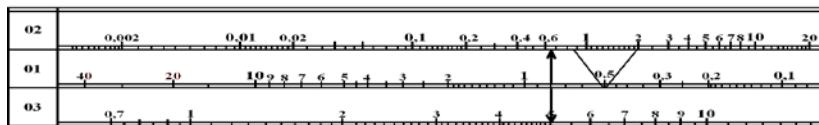


Рис. 55. Базовые значения  $\Phi$  и  $D$  в стандартных условиях ( $H=0,8\ \text{м}$ )

Полученные значения  $\Phi = 5 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день и  $D = 0,65 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сут-ки в дальнейшем используем как базовые для внесения поправок.

5. Определяем и вносим поправки на фотосинтез. Исходя из зада-ния, разделим данную часть работы на 4 этапа:

1-й этап: определяем величину поправок на фотосинтез для четы-рех показателей (температуры, цвета, «серости» и длины дня). Графи-чески алгоритм определения каждой поправки с указанием соответ-ствующих номеров представлен на рис. 56.

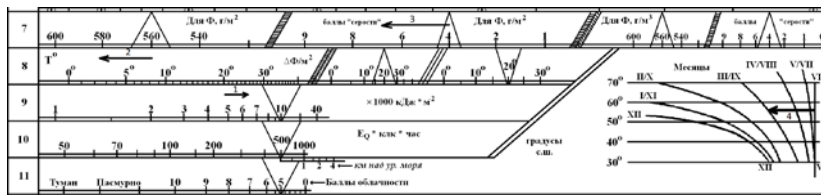


Рис. 56. Графический алгоритм определения величины поправок для  $\Phi$  на температуру (№ 1, 26 °C), цвет (№ 2, 580 нм), «серость» (№ 3, 7 баллов) и длину светового дня (№ 4, 55 с. ш., сентябрь)

2-й этап: вносим 4 поправки на  $\Phi$  и устанавливаем промежуточное значение фотосинтеза. Для этого от ранее полученной (п. 4) базовой величины  $\Phi = 5 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день последовательно откладываем поправки (рис. 57) и получаем значение фотосинтеза без учета облачности, а именно  $\Phi = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день.

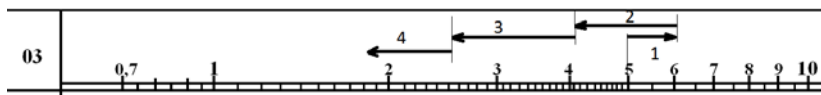


Рис. 57. Графическое внесение поправок на фотосинтез по четырем факторам внешней среды (температуре, цвету, «серости», длине дня)

3-й этап: определяем величину поправок на  $\Phi$  для разных погодных условий (заданных параметров облачности). Заданными значениями облачности для нашего примера являются: а) безоблачная погода – 0 баллов; б) стандартная облачность – 5 баллов; в) пасмурно – более 10 баллов). Для этого на шкале 11 отмеряем величину отрезков для каждого варианта – а, б, в (рис. 57).

4-й этап: вносим поправки на разные погодные условия и устанавливаем окончательные значения фотосинтеза с учетом разных погодных условий в граммах  $\text{O}_2$  на квадратный метр в день. Ранее определенные величины поправок (а, б, в) переносим на шкалу 03 и отклады-

ваем их на шкале 03 от ранее полученного (на 2-м этапе) промежуточного варианта  $\Phi = 1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день (рис. 58).

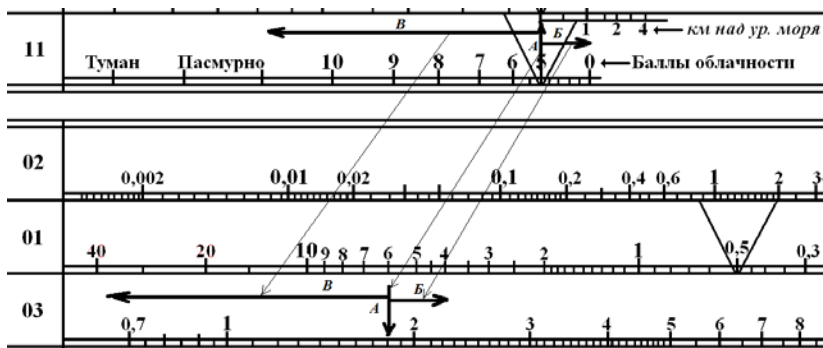


Рис. 58. Определение и внесение поправок на три варианта облачности (а  $\Rightarrow$  0 баллов – ясно; б  $\Rightarrow$  5 баллов – стандарт; в  $\Rightarrow$  пасмурно – более 10 баллов облачности;  $\Phi$  исходное  $1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день

В результате получим следующие значения: а –  $2,2 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день, б –  $1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день, в –  $0,6 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день. Именно эти значения будут в дальнейшем использованы для расчета общего количества производимого водоемом кислорода и оценки кислородного баланса в разных погодных условиях.

6. Определяем общее количество производимого водоемом кислорода ( $\Sigma\Phi$ ) в разных погодных условиях. Для расчета используем ранее определенную (п. 2 данного примера) площадь мелководной и глубоководной части водоема – 39,3 и 38,9 га соответственно. В глубоководной зоне водоема фотосинтез будет осуществляться в полном объеме, в мелководной части его суммарная величина должна быть уменьшена в два раза. Общая формула для расчета:

$$\Sigma\Phi = (\Phi \cdot S_{\text{глуб}}) + (\Phi \cdot S_{\text{мелк}}) / 2.$$

С учетом различной интенсивности фотосинтеза и перевода площади из гектаров в квадратные метры для каждого варианта погодных условий получим следующие значения:

$$\Sigma\Phi_a = (2,2 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} \cdot 389\,000 \text{ м}) + (2,2 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} \cdot 393\,000 \text{ м}) / 2 = 1\,288\,100 \text{ г} = 1\,288 \text{ кг} = 1,288 \text{ т};$$

$$\Sigma\Phi_b = (1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} \cdot 389\,000 \text{ м}) + (1,8 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} \cdot 393\,000 \text{ м}) / 2 = 1\,053\,900 \text{ г} = 1\,053,9 \text{ кг} = 1,054 \text{ т};$$

$$\Sigma\Phi_v = (0,6 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} \cdot 389\,000 \text{ м}) + (0,6 \text{ г O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} \cdot 393\,000 \text{ м}) / 2 = 351\,300 \text{ г} = 351,3 \text{ кг} = 0,3513 \text{ т}.$$

7. Определяем интенсивность потребления кислорода, т. е. деструкции ( $D$ ), с учетом внешних факторов. На деструкцию из числа внешних факторов влияет только температура. Поэтому будем использовать только одну поправочную шкалу – шкалу 8 (правая часть). На этой поправочной шкале измерим длину поправки и перенесем ее на шкалу 02. Отложим поправку с учетом ее величины и направления (вправо) от базового значения  $D = 0,65 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки (рис. 59). Получим итоговое значение деструкции  $D = 0,9 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки.

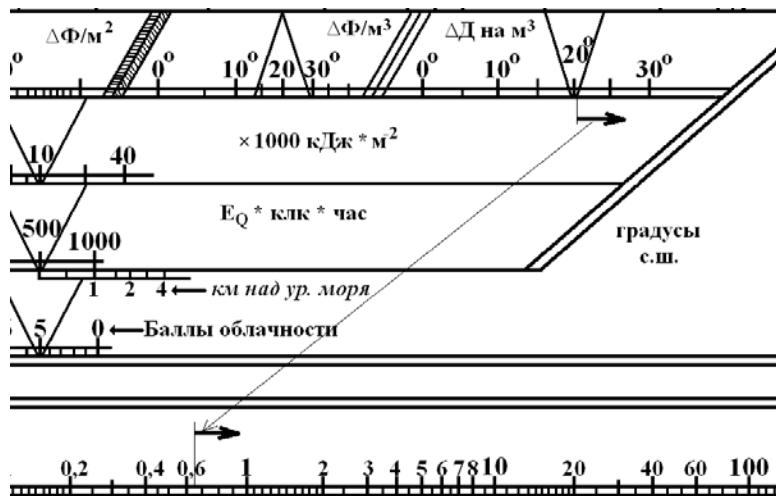


Рис. 59. Определение и внесение поправки для деструкции ( $T = 26^\circ\text{C}$ , исходное базовое значение  $D = 0,65 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки)

8. Определяем деструкцию в граммах  $\text{O}_2$  на кубический метр в сутки при разных погодных условиях, т. е. облачности. Поскольку облачность не влияет на интенсивность деструкции, ранее полученное значение  $D = 0,9 \text{ г O}_2/\text{м}^3$  в сутки в равной степени применимо ко всем вариантам (а, б, в).

9. Определяем общее количество потребляемого водоемом кислорода ( $\Sigma D$ ) независимо от облачности. Для расчета используем ранее определенный (п. 3 данного примера) объем ( $V$ ) водоема –  $1\,477\,300 \text{ м}^3$ , т. е. значение, полученное более точным способом, и интенсивность потребления каждого объема  $D = 0,9 \text{ г O}_2/\text{м}^3$ . Путем перемножения данных величин получим:

$$\begin{aligned} \Sigma D &= D \cdot V = 0,9 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \cdot 1\,477\,300 \text{ м}^3 = 1\,329\,570 \text{ г} = \\ &= 1\,329,57 \text{ кг} = 1,330 \text{ т.} \end{aligned}$$

10. Определяем кислородный баланс всего водоема путем вычитания из суммарного фотосинтеза ( $\Sigma\Phi$ ) суммарной деструкции ( $\Sigma D$ ).

Получим:

Вариант а (ясно):  $\Sigma\Phi_a - \Sigma D = 1,288 \text{ т} - 1,330 \text{ т} = -0,042 \text{ т}$ .

Вариант б (стандарт):  $\Sigma\Phi_b - \Sigma D = 1,054 \text{ т} - 1,330 \text{ т} = -0,276 \text{ т}$ .

Вариант в (пасмурно):  $\Sigma\Phi_v - \Sigma D = 0,3513 \text{ т} - 1,330 \text{ т} = -0,9787 \text{ т}$ .

Во всех случаях общий суточный баланс отрицательный. Необходимо рассчитать время возможного наступления массового замора.

11. Определяем время наступления массового замора. Для определения времени наступления тотального замора необходимо определить общее количество кислорода ( $\Sigma O_2$ ), содержащегося в водоеме. Для этого исходная концентрация кислорода ( $6 \text{ мг/л} = 6 \text{ г/м}^3$ ) умножается на объем ( $V, \text{ м}^3$ ):

$$\Sigma O_2 = 6 \text{ г/м}^3 \cdot 1\,477\,300 \text{ м}^3 = 8\,863\,800 \text{ г} = 8,8638 \text{ т}.$$

Время полного исчерпания данного количества кислорода в разных погодных условиях различается:

Вариант а:  $8,8638 \text{ т} / 0,042 \text{ т в сутки} = 211 \text{ сут}$ .

Вариант б:  $8,8638 \text{ т} / 0,276 \text{ т в сутки} = 32,1 \text{ сут}$ .

Вариант в:  $8,8638 \text{ т} / 0,9787 \text{ т в сутки} = 9,1 \text{ сут}$ .

12. Оценка ситуации и рекомендации. Во всех случаях ситуация непростая и требует внимания. Особенно при плотной облачности. Начинает резко снижаться концентрация кислорода (в первую очередь у дна). Рыба подходит к берегу. В течение недели возможен частичный замор, через 8–9 дней – тотальный замор. Следует немедленно прекратить кормление и провести подготовку к срочному отлову рыбы. Стандартные условия по облачности позволяют провести завершение сезона в более спокойном режиме: плавно снизить нормы кормления, провести селективный отлов рыбы, подготовить аэраторы. При ясной погоде опасность замора отсутствует, однако состояние водоема внушает опасения с точки зрения зимовки в нем рыбы. Рекомендуется снизить нормы кормления, провести частичный отлов рыбы, в ясную погоду провести известкование водоема.

**Ответ:** Водоем по совокупности факторов является эвтрофным с отрицательным суммарным кислородным балансом ( $-0,042 \text{ т}$ ,  $-0,276 \text{ т}$ ,  $-0,9787 \text{ т}$ ) при любой погоде ( $0$ ,  $5$  и  $>10$  баллов облачности соответственно). Опасным с точки зрения реального возникновения замора является теплая и пасмурная погода, особенно если она носит длительный характер (более 8–9 сут). Необходимо осуществление комплекса специальных мер по недопущению замора.

**Контрольные варианты заданий для задачи 3.7 (см. пример 7):** Определите кислородный баланс и вероятность возникновения заморных ситуаций для реального водоема при различной прозрачности во-

ды и внешних условиях (водоем, представленный на рис. 53), а также исходном содержании кислорода в нем, равном 5,8 мг/л:

№ варианта	Условия						
	Прозрачность воды, м	Температура воды, °С	Облачность, баллов	Цветность, нм	«Серость»	Месяц	Северная широта, град
1	2,0	18	0	540	1	Август	35
2	1,0	19	1	550	2	Сентябрь	40
3	1,5	21	2	560	3	Октябрь	45
4	1,0	16	3	570	2	Ноябрь	50
5	0,5	17	4	580	3	Июль	55
6	0,3	18	5	590	4	Август	60
7	1,1	22	6	600	5	Сентябрь	65
8	1,0	23	7	540	6	Октябрь	70
9	1,1	15	Пасмурно	550	1	Ноябрь	35
10	0,5	24	0	560	2	Июль	40
11	1,2	25	1	570	3	Август	45
12	0,5	22	2	580	2	Сентябрь	50
13	1,0	21	3	590	3	Октябрь	55
14	1,3	23	4	600	4	Ноябрь	60
15	1,3	22	5	580	5	Июль	65
16	2,1	15	Туман	590	6	Сентябрь	70
17	1,0	25	7	600	3	Сентябрь	50
18	1,6	26	Пасмурно	540	2	Октябрь	55
19	1,5	22	5	540	3	Ноябрь	60
20	1,2	21	6	590	4	Июль	65

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению кислородного баланса и вероятности возникновения замора в водоеме со сложной конфигурацией и распределением глубин в нестандартных условиях с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

## Лабораторная работа 23. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА ФИТОБЕНТОСА В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** гидробиологический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Ориентировочное значение интенсивности фитобентоса важно в тех случаях, когда значительная часть площади водоема представлена мелководными участками, свет пробивается до дна, растения преимущественно донные (пленочные обрастания из микроскопических водорослей, заросли крупных водорослей, покров из высших водных растений), большая часть первичной продукции производится именно донными растениями.

**Пример 8.** Известна прозрачность воды по диску Секки  $H = 2$  м. Реальная глубина водоема 3 м. Вся растительность донная.

**Задание.** Определите ориентировочное значение продукции донного фитоценоза и укажите степень ее отличия от продукции планктонного фитоценоза при данных параметрах прозрачности и глубины в случае замены донной растительности на фитопланктон.

Последовательность действий:

1. Проверяем возможность существования донного фитоценоза в заданных условиях. Для этого сопоставляем реальную глубину водоема с глубиной фотического слоя:  $h = 3$  м,  $Z = 2 \text{ м} \cdot 2 = 4$  м. Это означает, что вся толща воды водоема полностью (до дна) освещена. Донный фитоценоз в водоеме существовать может. Задача имеет решение. В случае если  $h > Z$ , продукция донного фитоценоза  $\Rightarrow 0$ .

2. Проанализируем график, демонстрирующий соотношение интенсивности фитопланктона и фитобентоса при различных величинах прозрачности (рис. 60).

Нижняя кривая на рисунке показывает интенсивность фотосинтеза в случае абсолютного преобладания пелагических микроводорослей (на планшете представлена шкалой 03, г  $O_2$  в день), верхняя кривая – в случае абсолютного преобладания донных растений (на планшете шкала 6, усл. ед.). Фотосинтез в случае абсолютного преобладания донных растений значительно выше, чем в случае преобладания планктонных микроводорослей. В центральной части рисунка конкретные значения двух кривых различаются более чем в 10 раз. Однако в точках с прозрачностью  $H = 0,001$  м и  $H = 100$  м обе кривые сходятся. Это означает, что интенсивность фотосинтеза фитопланктона и фитобентоса при прозрачности 0,001 м и 100 м совпадает.

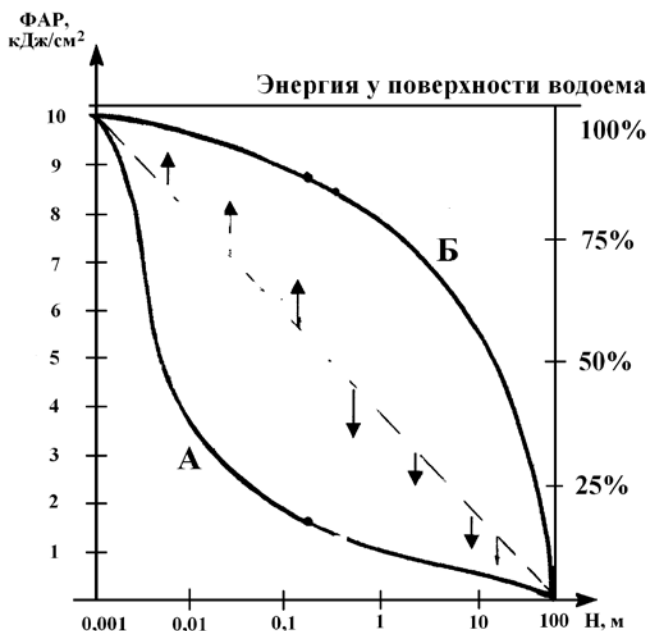


Рис. 60. Схема соотношения интенсивности потребляемой для фотосинтеза энергии света в случае преобладания фитопланктона (А) и фитобентоса (Б) (по С. А. Баранову)

Наибольший интерес представляет максимальное значение, отмечаемое при прозрачности 0,001 м. Во-первых, потому, что эта прозрачность есть на планшете, во-вторых, потому, что она может быть использована в качестве точки отсчета для решения поставленной задачи.

3. Определим значение предельной интенсивности фотосинтеза для фитопланктона и фитобентоса, т. е. точки отсчета. На гидробиологическом планшете для данной точки есть два ориентира: прозрачность  $H = 0,001$  м и максимальное значение для фитобентоса. Первый ориентир расположен на шкале 01, второй – на шкале 6 (100 усл. ед.). Из рис. 61 видно, что оба этих ориентира расположены на одной вертикальной линии, а стрелка этой вертикальной линии дает на шкале 03 интенсивность пелагического фотосинтеза  $\Phi = 140 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день. Эту величину принимаем за точку отсчета.

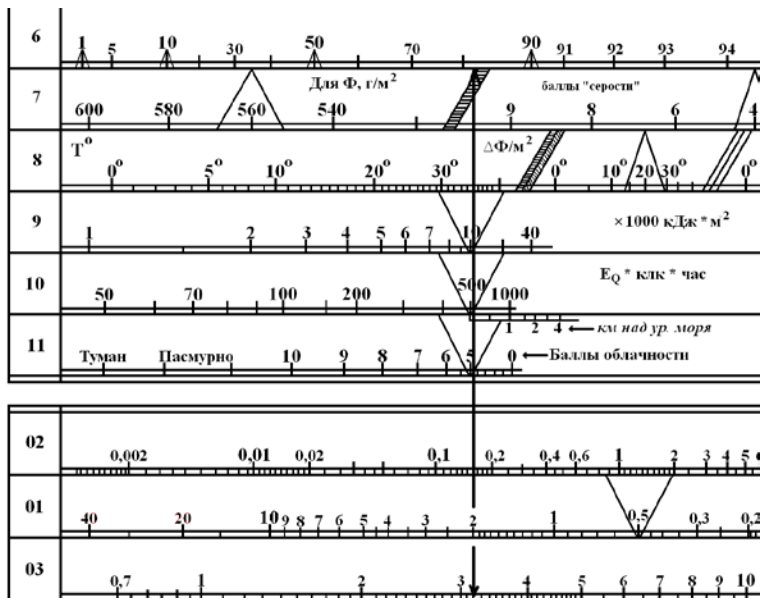


Рис. 61. Схема определения значения интенсивности фотосинтеза донного и планктонного фитоценозов при прозрачности  $H = 2$  м в стандартных условиях

4. Определим реальный уровень интенсивности пелагического фотосинтеза для прозрачности 2 м. Для этого на шкале 01 найдем заданную величину прозрачности  $H = 2$  м. Стрелка вниз от данной прозрачности даст итоговое значение интенсивности пелагического фотосинтеза, равное  $3,2 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2$  в день (рис. 61).

5. Определим реальный уровень интенсивности фотосинтеза донного фитоценоза для прозрачности 2 м. Для этого на шкале 01 найдем заданную величину прозрачности  $H = 2$  м. Стрелка вверх от данной прозрачности до шкалы 6 покажет интенсивность фотосинтеза донного фитоценоза в условных единицах (рис. 61). Она равна 82 усл. ед. (82 % от предельного значения). С учетом данной величины и ранее установленного (п. 3 данного примера) значения предельной величины  $\Phi$  (точки отсчета) рассчитаем ориентировочное значение фотосинтеза донного фитоценоза:

$$140 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2 \text{ в день} \cdot 82 / 100 = 114,8 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2 \text{ в день}.$$

**Ответ:** Ориентировочное значение фотосинтеза донного фитоценоза при прозрачности 2 м может составить около  $115 \text{ г } \text{O}_2/\text{м}^2$  в день. Эта

величина в 36 раз больше интенсивности пелагического фотосинтеза ( $3,2 \text{ г O}_2/\text{м}^2$  в день).

**Контрольные варианты заданий для задачи 3.8 (см. пример 8):**

Определите продукцию донного и планктонного фитопланктона при разной прозрачности и стандартных условиях в граммах  $\text{O}_2$  на квадратный метр в день, если:

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 1. $h = 20 \text{ м}, H = 20 \text{ м};$ | 6. $h = 10 \text{ м}, H = 1 \text{ м};$   | 11. $h = 3 \text{ м}, H = 3 \text{ м};$    |
| 2. $h = 20 \text{ м}, H = 10 \text{ м};$ | 7. $h = 10 \text{ м}, H = 0,6 \text{ м};$ | 12. $h = 3 \text{ м}, H = 1 \text{ м};$    |
| 3. $h = 20 \text{ м}, H = 5 \text{ м};$  | 8. $h = 5 \text{ м}, H = 5 \text{ м};$    | 13. $h = 3 \text{ м}, H = 0,5 \text{ м};$  |
| 4. $h = 20 \text{ м}, H = 1 \text{ м};$  | 9. $h = 5 \text{ м}, H = 1,5 \text{ м};$  | 14. $h = 3 \text{ м}, H = 0,15 \text{ м};$ |
| 5. $h = 10 \text{ м}, H = 10 \text{ м};$ | 10. $h = 5 \text{ м}, H = 0,7 \text{ м};$ | 15. $h = 1,6 \text{ м}, H = 2 \text{ м}.$  |

**Контрольные вопросы**

1. Опишите методику решения задач по определению интенсивности фотосинтеза фитопланктона в стандартных условиях с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

## Раздел 4. ТАКТИЧЕСКИЙ РЫБОВОДНЫЙ ПЛАНШЕТ

### Лабораторная работа 24. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ РАБОТЫ С ТАКТИЧЕСКИМ РЫБОВОДНЫМ ПЛАНШЕТОМ

**Цель работы:** ознакомиться с назначением, структурой и особенностями тактического рыбоводного планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

- 1) распечатайте в формате А4 рыбоводный тактический планшет;
- 2) внимательно изучите его структуру и ознакомьтесь с поясняющей информацией;
- 3) проверьте степень усвоения материала в двустороннем тестировании на знание структуры планшета (где находится необходимая информация).

Тактический рыбоводный планшет (учебный) (рис. 62) предназначен «для расчета параметров роста карпа массой от 0,1 до 1 800 г/шт. при оптимальном обеспечении рыбы кормом и кислородом при различной температуре».



Рис. 62. Общий вид тактического рыбоводного планшета

Слово «учебный» в заголовке планшета обозначает только то, что данный инструмент не претендует на абсолютно точные расчеты роста карпа. Прогнозные расчеты, сделанные с его помощью, имеют погрешность. Она небольшая по величине и направлена в сторону занижения расчетных параметров против фактических. Для практики это имеет положительное значение, так как придает расчетам дополнительную надежность.

Тактический рыбоводный планшет относится к группе расчетных инструментов, для которых основным объектом расчетов является (в отличие от экологического и гидробиологического планшетов) не водоем, а рыба. В тактическом планшете вид рыбы обозначен прямо в назначении – «для ... карпа...». Однако это не означает, что тактический планшет следует использовать только для расчета параметров роста исключительно этого вида. При понимании заложенных в планшете закономерностей он может быть полезен для прогнозирования роста и других видов рыб.

В основе всех расчетных инструментов этой группы лежит стандартная модель массонакопления рыб. На тактическом планшете эта стандартная модель представлена в явном виде через строку «Базовые уравнения роста»:

$$M = K_{\Gamma} \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot M^{2/3} / M_{\text{К}} = (M_0^{1/3} + 0,3333 \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot t)^3.$$

В данной строке заключены две формулы.

Первая формула дает представление об упрощенном варианте самой стандартной модели. Включает следующие показатели:

$M$  – мгновенный прирост массы, г/шт. Его аналог –  $dM / dt$ ;

$M^{2/3}$  – текущая масса тела рыбы, г<sup>2/3</sup>;

$K_{\Gamma}$  – генетический коэффициент. Видовая характеристика предельной скорости массонакопления рыбы, т. е. ее скорости роста в идеальных условиях;

$K_{\mathcal{E}}$  – экологический коэффициент. Характеризует степень комфортности условий внешней среды обитания. По условиям модели может меняться от 0 до 1, что соответствует либо 0 либо 100 % идеала.

Примечание. Произведение  $K_{\Gamma} \cdot K_{\mathcal{E}}$  характеризует реально наблюдаемую (общую) скорость массонакопления рыбы. Это произведение обычно отображается коэффициентом  $K_{\text{М}}$  и носит название общего продукционного коэффициента скорости массонакопления.

$$K_{\text{М}} = K_{\Gamma} \cdot K_{\mathcal{E}}.$$

Вторая формула в строке «Базовые уравнения» является производной от первой. Она используется для конкретных расчетов. Заложенные в ней показатели обозначают:

$M_K$  – масса рыбы в конце выращивания, г/шт.;  
 $M_O$  – масса рыбы в начале выращивания, г/шт.;  
 $t$  – время, сут. Характеризует длительность периода выращивания;  
 $K_G$  – генетический коэффициент;  
 $K_3$  – экологический коэффициент.

В рамках стандартной модели массонакопления конкретное значение  $K_G$  определяется по итогам анализа экспериментального и производственного выращивания рыбы определенного вида. Для карпа эта величина определена на уровне  $K_G = 0,235$ . В тактическом планшете за основу принято иное, несколько заниженное значение, а именно  $K_G = 0,2$ . Явным образом это указано в правой центральной части планшета выше указания на авторов разработки (рис. 63).

**( $K_G$  принят 0,2)**

---

**РАЗРАБОТКА**  
**лаб. ТОР ВНИИПРХ ВНПО**  
**пос. Рыбное, 1983 - 8**

Рис. 63. Указание на  $K_G$ , принятое для тактического планшета

Разработчиками планшета являются сотрудники лаборатории теоретических основ рыбоводства Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства (ТОР ВНИИПРХ). Тактический планшет был разработан в 1983 г. и рекомендован для обучения и практического использования в прудовом рыбоводстве. Имеются соответствующие публикации по его практическому использованию.

**Структура планшета.** Состоит из двух частей. Первая часть, расположенная в центральной (основной) части планшета, представлена системой горизонтальных и наклонных линий. Отображает влияние на рост рыбы факторов времени (наклонные линии) и температуры (горизонтальные линии).

Наклонные линии, характеризующие длительность выращивания, даны с интервалом в 5, 10 и 30 дней для диапазонов 0–100, 100–150 и 150–210 дней соответственно (рис. 64). Линия, характеризующая стандартную длину сезона (100 дней), выделена тройной линией, а ее значение помещено в треугольный значок.

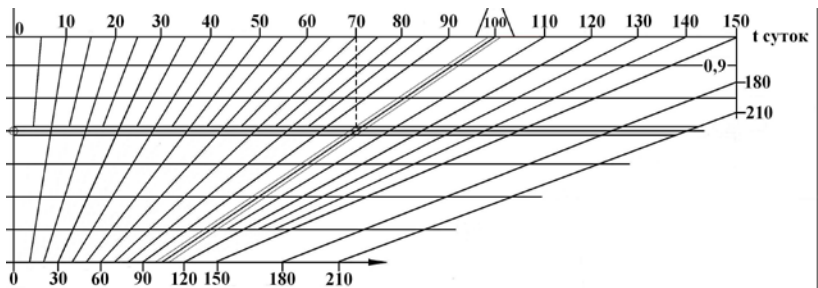


Рис. 64. Шкала времени на тактическом планшете

Горизонтальные линии, характеризующие влияние внешних факторов (в том числе температуры), даны с интервалом в 0,1 показателя  $K_3$ , т. е. от 1 (верхняя линия) = 100 % = идеальные условия, до 0,3 (нижняя линия) = 30 % от идеала. Конкретные значения  $K_3$  указаны слева от поля горизонтальных линий в виде вертикальной таблицы и справа от этого поля в виде отдельных значений  $K_3$  (рис. 65).

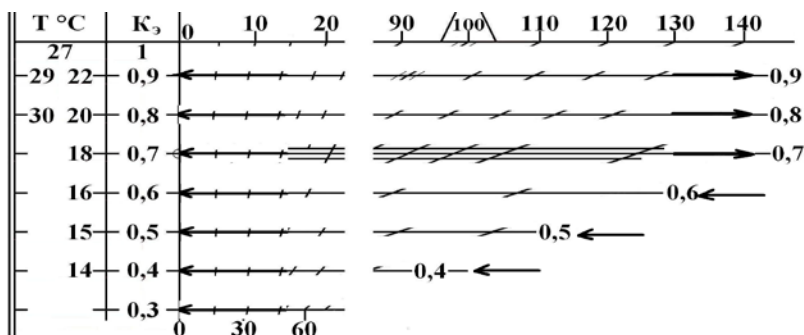


Рис. 65. Уровни комфортности условий обитания ( $K_3$ ) и их связь с температурой

Слева от столбца показателей  $K_3$  (рис. 65) представлены значения температуры воды, которые соответствуют значениям этих показателей. Так, например, значение  $T = 27$  °C расположено напротив показателя  $K_3 = 1$ . Это значит, что данная температура позволяет рыбе полностью реализовать свои ростовые возможности (на 100 %). Температурный коэффициент равен 1. В случае, если остальные факторы идеальны (условия для тактического планшета), данная температура будет напрямую соответствовать верхней горизонтальной линии планшета ( $K_3 = 1$ ). Именно к ней будут привязаны все расчеты для карпа, если температура будет равна 27 °C.

Аналогичным образом с уровнем  $K_3$  (горизонтальными линиями) связаны и другие значения температуры. Так, температура воды 29 и 22 °С позволяет реализовать только 90 % ростовых возможностей и на планшете она соответствует горизонтальной линии  $K_3 = 0,9$ . Температура воды 30 и 20 °С – это реализация 80 % от максимальной скорости роста, и на планшете она соответствует  $K_3 = 0,8$ . Аналогичное соотношение с  $K_3$  и горизонтальными линиями планшета справедливо и для других значений температуры: 18 °С  $\Rightarrow K_3 = 0,7$ ; 16 °С  $\Rightarrow K_3 = 0,6$ ; 15 °С  $\Rightarrow K_3 = 0,5$ ; 14 °С  $\Rightarrow K_3 = 0,4$ . Иными словами, для карпа каждая температура соответствует своему уровню  $K_3$  и, следовательно, своей горизонтальной линии.

Необходимо отметить, что одна из горизонтальных линий, расположенная на уровне  $K_3 = 0,7$ , обозначена тройной линией. Это означает, что данный уровень комфортности условий среды может считаться технологическим стандартом и вполне приемлемым с практической точки зрения.

Примечание. Если условия по кормовой обеспеченности или другим факторам не идеальны, прямого соответствия между температурой и  $K_3$  (горизонтальными линиями) может не быть. В этом случае сначала определяются значения частных экологических коэффициентов (температуры – по планшету, кормовой обеспеченности – может задаваться, содержания кислорода и др.), затем путем их перемножения определяется  $K_3$ , и лишь после этого проводится измерение на соответствующей горизонтальной шкале. Порядок таких действий смотри далее в соответствующих примерах.

Вторая часть планшета представлена двумя шкалами – расчетной массы карпа ( $M$ ) и критической плотности (КП) в нижней части планшета (рис. 66). На шкале расчетной штучной массы располагаются значения начальной ( $M_0$ ) и конечной ( $M_K$ ) массы тела карпа в граммах в штуке. На шкале критической плотности – плотность посадки карпа в пруд в тысячах штук на гектар.



Рис. 66. Шкалы расчетной массы и критической плотности

Данные шкалы отрезные и могут быть использованы в качестве передвижных линеек. Рекомендуется шкалы не отрезать, а использовать для измерения и переноса отмеренных на данных шкалах необходимых отрезков либо линейку, либо другой, чистый лист бумаги, на котором легко можно отметить границы необходимых для переноса отрезков.

Одна из отрезных шкал, а именно расчетная шкала штучной массы карпа, в своем укороченном варианте (от 10 до 800 г) продублирована

в основной части планшета выше шкалы времени (рис. 67) в виде «Контрольной шкалы  $M_0$  и  $M_K$ ».

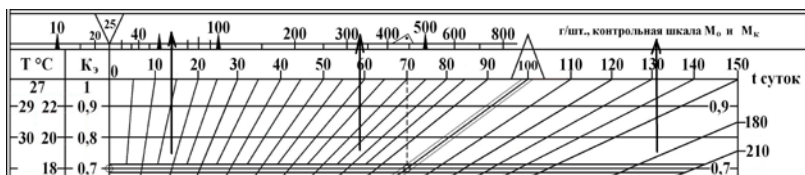


Рис. 67. Контрольная шкала масс

Эта контрольная шкала, с одной стороны, дублирует основную шкалу масс на тот случай, если отрезанная шкала  $M$  будет потеряна. С другой стороны, контрольная шкала показывает графический алгоритм решения задач первого типа (определение конечной массы тела) для стандартных условий прудового выращивания карпа в 3-й зоне рыбоводства, т. е. за 100 дней при температуре воды 18 °С. Этот алгоритм представлен в виде трех последовательно связанных стрелок, идущих от массы 25 г к горизонтальной линии  $K_3 = 0,7$ , а затем от нее к массе 450 г (стандартный конечный результат при стандартной технологии).

Особенностью планшета является то, что решаемые с его помощью задачи относятся к категории тактических, среднесрочных, на длину вегетационного периода. Кроме этого тактический планшет существенно ограничен в размерном диапазоне. Расчет параметров роста карпа может осуществляться в диапазоне от 0,1 до 1 800 г. Для условий прудовых хозяйств Республики Беларусь это соответствует трем сезонам выращивания, т. е. получению посадочного материала карпа и двум годам выращивания товарной рыбы.

Планшет позволяет решать пять основных типов задач:

- 1-й тип – определение возможной конечной массы тела карпа;
- 2-й тип – определение необходимой начальной массы тела карпа;
- 3-й тип – определение времени, необходимого для выращивания рыбы от известной начальной массы до заданной конечной;
- 4-й тип – определение необходимого температурного режима;
- 5-й тип – определение времени наступления критических изменений в функционировании пруда, возможного начала селективного отлова части рыб, связанного с этим изменения темпа роста карпа и т. д.

Необходимые для решения первых четырех задач параметры в явном виде представлены во второй (производной) формуле, расположенной в верхней части тактического планшета. В данной формуле:

$$M_K = (M_0^{1/3} + 0,3333 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot t)^3 -$$

из пяти обозначенных показателей ( $M_K$ ,  $M_0$ ,  $K_G$ ,  $K_Э$  и  $t$ ) постоянным и неизменным является только значение генетического коэффициента  $K_G = 0,2$ . Остальные четыре показателя переменны. Для того чтобы узнать конкретное значение любого из них, необходимо знать значения остальных трех.

Таким образом, для решения каждой задачи надо знать:

для 1-й задачи – массу начальную, время и температуру;

для 2-й задачи – массу конечную, время и температуру;

для 3-й задачи – массу начальную, массу конечную, температуру;

для 4-й задачи – массу начальную, массу конечную, время.

Для решения 5-й задачи достаточно шкал  $M$  и  $KП$ .

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте принцип работы с планшетом.
2. Каковы основные задачи, решаемые с помощью тактического рыбоводного планшета?

### Лабораторная работа 25. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНОЙ МАССЫ КАРПА В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

1) ознакомьтесь с методикой решения;

2) решите задачу согласно выданному варианту.

Задачи подобного типа чаще всего встречаются в условиях полного контроля рыбовода над технологическими процессами. Это бассейновое, садковое и отчасти прудовое выращивание карпа.

**Пример 1.** Определите вероятную конечную массу тела карпа (в г/шт.) при его выращивании в течение 90 дней, если начальная масса посадочного материала карпа 30 г, а средняя температура при выращивании 20 °С.

Последовательность действий:

1. На графическом поле времени и температуры найдем отрезок, соответствующий заданным значениям времени и температуры (90 дней и 20 °С) и измерим его (рис. 68).

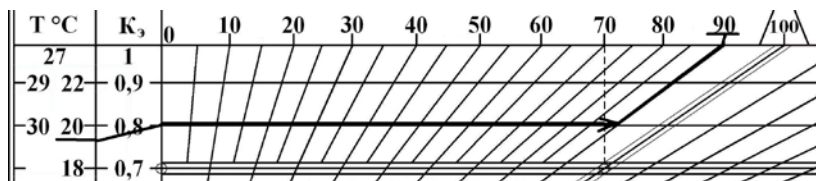


Рис. 68. Определение длины отрезка по заданной величине температуры и длительности сезона (20 °С и 90 дней)

2. Отрезок, характеризующий базовые условия по времени и температуре, переносится на расчетную шкалу штучной массы (рис. 69) и откладывается от величины начальной массы тела. В нашем случае – от 30 г. В конечной точке считывается ожидаемая величина конечной массы. В нашем случае  $M_K = 500$  г.

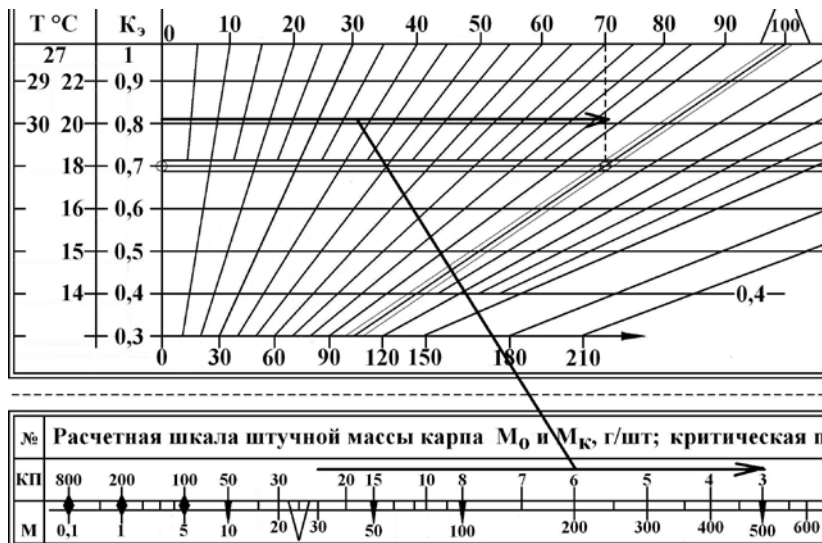


Рис. 69. Графический алгоритм определения конечной массы при  $M_0 = 30$  г,  $T = 20$  °С и длительности сезона 90 дней

**Ответ:** Ориентировочное значение конечной массы карпа  $M_K = 500$  г.

**Контрольные варианты заданий для задачи 4.1 (см. пример 1):** Определите вероятную конечную массу тела карпа (в г/шт.) при его выращивании, если:

№ варианта	Условия		
	Период выращивания, дн.	Средняя температура воды, °С	Начальная средняя масса, г
1	70	16	25
2	85	18	25
3	100	18	25
4	115	20	25
5	130	20	25
6	145	22	15
7	160	22	15
8	100	24	25
9	85	27	25
10	100	27	25
11	115	28	10
12	120	26	15
13	30	27	10
14	60	22	5
15	120	20	15
16	100	23	1
17	80	20	1,5
18	70	23	10
19	115	16	30
20	100	20	100

**Пример 2.** Определите вероятную максимальную конечную массу тела сеголетков карпа в 1–6-й рыбоводных зонах от начальной массы 0,1 г (подрощенная личинка), если длина сезона в них меняется от 70 до 145 дней (шаг 15 дней), а среднемесячная температура от 16 до 21 °С (шаг 1 °С).

Решение подобной задачи необходимо при оценке предельно возможного роста рыбы в конкретных климатических условиях при постановке соответствующих задач и 100%-ном обеспечении потребностей рыбы в корме и отсутствии других лимитирующих рост факторов.

Последовательность действий:

1. На графическом поле времени и температуры найдем отрезки, соответствующие заданным значениям времени и температуры для каждой рыбоводной зоны, и измерим каждый из шести отрезков (рис. 70).

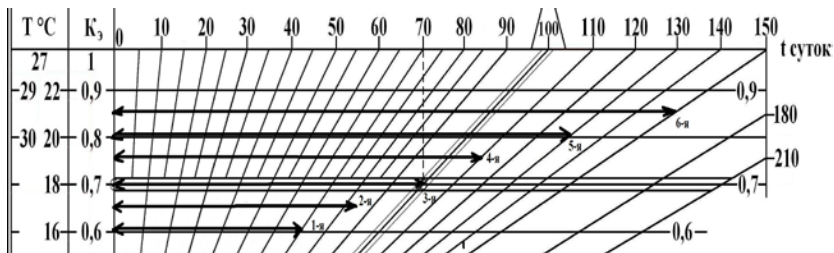


Рис. 70. Определение отрезков, соответствующих времени и температуре каждой из шести рыбоводных зон – с 1-й по 6-ю

2. Каждый из отрезков, характеризующих рыбоводную зону, по очереди переносим на расчетную шкалу штучной массы и откладываем от величины начальной массы тела. В нашем случае – от 0,1 г (рис. 71). В конечной точке каждого отрезка считываем ожидаемую величину конечной массы. Получаем следующие значения возможной конечной массы посадочного материала: 1-я зона – 38 г/шт., 2-я зона – 70, 3-я зона – 140, 4-я зона – 240, 5-я зона – 400, 6-я зона – 650 г/шт.

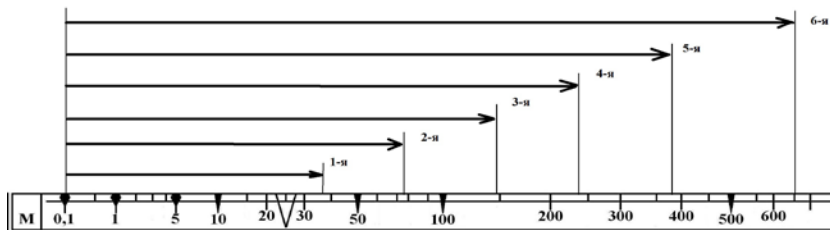


Рис. 71. Схема определения предельно возможных размеров посадочного материала карпа в разных рыбоводных зонах

3. Оценка полученных результатов. Полученные значения массы сеголетка в большинстве случаев значительно выше нормативных и реально достигаемых в прудовых условиях. Нормативной величиной массы сеголетка карпа обычно является значение 25–30. Эта масса обеспечивает качественную зимовку карпа во всех рыбоводных зонах Республики Беларусь и Российской Федерации и потому принимается за минимально допустимую. Расчет по планшету показывает, что она может быть достигнута во всех рыбоводных зонах. Что же касается максимальных значений, то большинство из этих значений (с 1-й по 5-ю зону, от 38 до 400 г/шт.) не может быть отнесено к разряду товарного карпа. Единственная зона рыбоводства, в которой за один сезон

может быть получен карп товарных кондиций – это 6-я рыбоводная зона.

Таким образом, тактический планшет в рамках решения данной задачи подтвердил возможность реализации технологии выращивания товарного сеголетка карпа. Главным условием ее реализации является максимальная кормовая обеспеченность карпа в течение всего сезона.

В других зонах рыбоводства большой массы рыбы достичь невозможно из-за более низких температур и короткого лета. Отсюда сознательное снижение конечной навески карпа за счет увеличения плотности посадки и снижения кормовой обеспеченности.

**Ответ:** Вероятная максимальная навеска посадочного материала карпа (сеголетков) от начальной массы 0,1 г в 1–6-й рыбоводных зонах может составить 38, 70, 140, 240, 400 и 650 г/шт.

**Контрольные варианты заданий для задачи 4.2 (см. пример 2):** Определите предельно возможную конечную массу карпа при следующих условиях:

№ варианта	Условия			
	Зона рыбоводства	Изменение длины сезона (шаг 15 дней), дн.	Средне-месячная температура, °С (шаг 1 °С)	Начальная масса карпа, г
1	1–4-я	От 70 до 145	От 16 до 21	0,5
2	2–4-я	От 55 до 145	От 18 до 25	1,0
3	1–4-я	От 85 до 175	От 16 до 23	2,0
4	3–4-я	От 70 до 145	От 16 до 21	3,0
5	1–4-я	От 55 до 145	От 16 до 22	4,0
6	2–4-я	От 70 до 145	От 16 до 21	5,0
7	3–4-я	От 85 до 145	От 18 до 26	10,0
8	1–4-я	От 70 до 160	От 16 до 21	15,0
9	2–4-я	От 70 до 145	От 16 до 21	20,0
10	3–4-я	От 70 до 145	От 19 до 25	25,0
11	1–4-я	От 70 до 160	От 16 до 21	30,0
12	2–4-я	От 70 до 145	От 14 до 20	35,0
14	3–4-я	От 70 до 145	От 16 до 21	40,0
15	1–4-я	От 70 до 160	От 17 до 21	50,0

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению конечной массы карпа в различных условиях с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

## Лабораторная работа 26. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ВОЗМОЖНОГО РОСТА КАРПА ПРИ УСЛОВИИ ПОЛНОЙ КОРМОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ИЗВЕСТНОЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Решение подобной задачи требуется в том случае, когда следует детализировать границы возможного роста карпа в условиях переменной температуры и заданной длительности периода выращивания, а кормовая обеспеченность рыб  $\Rightarrow$  100 %.

**Пример 3.** Определите две траектории предельно возможного роста массы тела карпа за семь месяцев выращивания (210 дней), если среднемесячная температура воды в рамках данного периода с начального месяца до конечного будет меняться следующим образом: 1-й вариант – 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 °С; 2-й вариант – 27, 24, 22, 20, 18, 16, 14 °С. Начальная масса тела в обоих случаях 0,1 г (подрощенная личинка). Представьте траектории роста карпа в графическом виде для обоих вариантов.

Последовательность действий:

1. На графическом поле времени и температуры найдем отрезки, соответствующие заданным в каждом месяце параметрам времени и температуры. Время везде – 30 дней, температурный коэффициент  $K_T$  для температуры 14 °С – 0,4, для 16 °С – 0,6, для 18 °С – 0,7, для 20 °С – 0,8, для 22 °С – 0,9, для 24 °С – 0,95, для 27 °С – 1,0. Длина каждого из семи отрезков представлена на рис. 72. Каждому отрезку придадим свое цифровое обозначение – от 1 до 7.

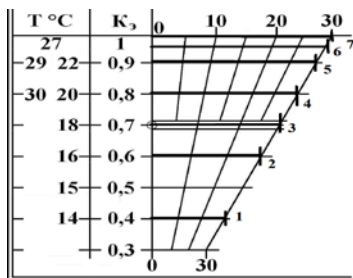


Рис. 72. Определение отрезков, соответствующих времени и температуре каждого из семи месяцев периода выращивания

2. Определяем последовательность изменений массы для 1-го варианта. Каждый из отрезков, характеризующих длительность (везде 30 дней) и среднемесячную температуру, последовательно, друг за другом (с 1-го номера по 7-й) переносим на расчетную шкалу штучной массы и отрезок за отрезком откладываем от величины начальной массы тела. В каждой точке совмещения конца и начала двух отрезков считываем необходимые промежуточные значения массы (рис. 73).

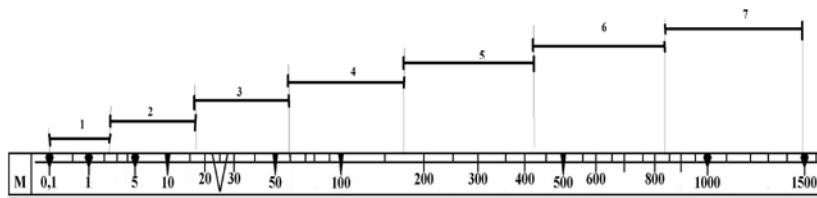


Рис. 73. Графическое определение траектории роста карпа, г/шт.  
(1-й вариант примера 3)

Получаем последовательный ряд значений (траекторию) массы тела карпа на начало и конец каждого месяца. Это и есть искомая траектория роста для 1-го варианта. В нашем случае изменение массы тела рыбы (траектория № 1) помесечно выглядит следующим образом: 0,1 г, 2,3, 16, 60, 170, 410, 825, 1 490 г.

3. Определяем последовательность изменений массы для 2-го варианта. Каждый из отрезков, характеризующих длительность (везде 30 дней) и среднемесячную температуру, последовательно, друг за другом (в данном варианте с 7-го номера по 1-й) переносим на расчетную шкалу штучной массы и отрезок за отрезком откладываем от величины начальной массы тела. В каждой точке совмещения конца и начала двух отрезков считываем необходимые промежуточные значения массы (рис. 74).

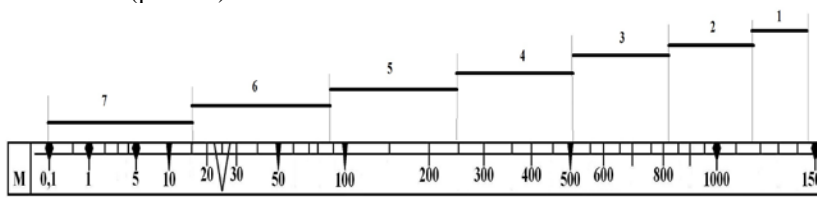


Рис. 74. Графическое определение траектории роста карпа, г/шт.  
(2-й вариант примера 3)

Получаем последовательный ряд значений (траекторию) массы тела карпа на начало и конец каждого месяца. Это и есть искомая траек-

тория роста для 2-го варианта. В нашем случае изменение массы тела рыбы (траектория № 2) ежемесячно выглядит следующим образом: 0,1 г, 15, 85, 240, 490, 820, 1 170, 1 490 г.

4. Представляем графически траектории роста для обоих вариантов. С помощью обычных инструментов (карандаш, линейка) или с использованием существующих графических редакторов, например электронных таблиц Excel, заносим ранее полученные (пп. 2 и 3) значения массы на поле значений масса-время и получаем диаграмму, аналогичную приведенной на рис. 75.

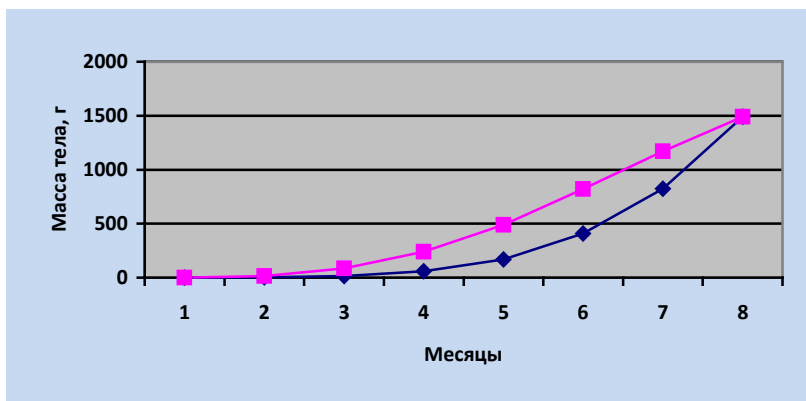


Рис. 75. Графическое представление траекторий роста карпа № 1 и № 2 для примера 3

**Ответ:** Траектории роста карпа за семь месяцев выращивания в заданных условиях будут выглядеть следующим образом:

№ 1: 0,1–2,3–16–60–170–410–825–1 490 г/шт.;

№ 2: 0,1–15–85–240–490–820–1 170–1 490 г/шт.

**Контрольные варианты заданий для задачи 4.3 (см. пример 3):**

Определите траектории предельно возможного роста карпа (представьте их графически) при переменной температуре, фиксированных отрезках времени и полной кормовой обеспеченности, если:

№ варианта	Условия		
	Длина отрезка, дн.	Среднемесячная температура воды, °С =>	Начальная масса карпа, г
1	10	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	0,5
2	15	22, 24, 26, 27, 26, 24, 22	1,0
3	20	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	2,0

4	10	20, 22, 24, 26, 24, 22, 20	3,0
5	15	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	4,0
6	20	22, 24, 26, 27, 26, 24, 22	5,0
7	10	20, 22, 24, 26, 24, 22, 20	10,0
8	15	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	15,0
9	20	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	20,0
10	10	20, 22, 24, 26, 24, 22, 20	25,0
11	15	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	30,0
12	20	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	35,0
14	10	20, 22, 24, 26, 24, 22, 20	40,0
15	15	16, 18, 20, 22, 20, 18, 16	50,0

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению траектории возможного роста карпа при условии полной кормовой обеспеченности и известной среднемесячной температуре с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 27. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО РОСТА КАРПА В СЛУЧАЕ НЕПОЛНОЙ КОРМОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Решение подобной задачи требуется в том случае, когда следует определить параметры возможного роста карпа в условиях заданной температуры и длительности периода выращивания и неполной кормовой обеспеченности карпа.

**Пример 4.** Определите результаты выращивания карпа с начальной массой 150 г за период 85 дней, если средняя температура воды будет составлять 21 °С, а кормовая обеспеченность соответствует 70 % от необходимой рыбе. Установите величину потери индивидуальной массы за счет неполной кормовой обеспеченности рыбы.

Последовательность действий:

1. Определяем реальный общий уровень комфортности среды обитания ( $K_3$ ) для карпа. Для этого:

1.1. На графическом поле времени и температуры найдем горизонтальную линию, выходящую на температурную шкалу с показателем,

равным заданной температуре в 21 °С, и определим с помощью столбца  $K_3$  значение температурного экологического коэффициента, соответствующего этой температуре (рис. 76).

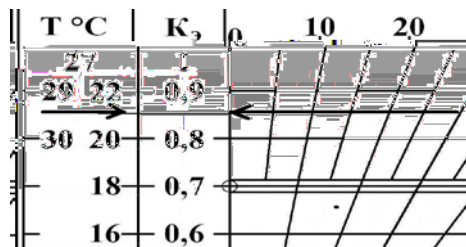


Рис. 76. Определение температурного коэффициента ( $K_T$ ) карпа по известной температуре ( $K_T = 0,85$  для  $T = 21$  °С)

Частный экологический коэффициент для заданной температуры в 21 °С ( $K_T$ ) составляет величину 0,85.

1.2. Рассчитываем общий экологический коэффициент среды обитания. Согласно стандартной модели он равен произведению частных экологических коэффициентов. При кормовой обеспеченности 70 % частный экологический коэффициент корма или коэффициент кормовой обеспеченности ( $K_{КО}$ ) равен 0,7. Отсюда

$$K_{3, \text{общ}} = K_T \cdot K_{КО} = 0,85 \cdot 0,7 = 0,595 \approx 0,6.$$

Это означает, что реальный уровень комфортности среды обитания с уровня  $K_3 = 0,7$  снизился до уровня  $K_3 = 0,6$  за счет неоптимального кормления рыбы.

2. Определяем размер отрезков для реальных условий, а также для условий, при которых рыба могла бы получать корм в полном объеме (100 %) и лимитирующим рост фактором была бы только температура 21 °С ( $K_3 = 0,7$ ). Для этого на горизонтальной линии, соответствующей  $K_3 \approx 0,6$  и  $K_3 = 0,7$ , выделим два отрезка, соответствующих 85 дням (рис. 77).

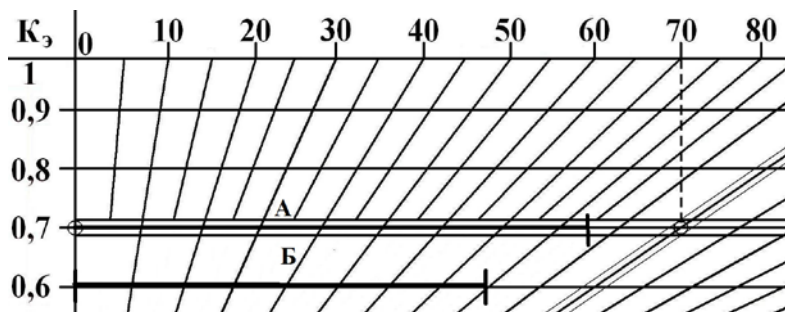


Рис. 77. Определение размера отрезка для 85 дней,  $T = 21^\circ\text{C}$  и кормовой обеспеченности 100 % (А) и 70 % (Б)

3. Определяем возможную конечную массу карпа для заданных условий. Ранее отмеренные отрезки из рис. 76 откладываем на расчетной шкале масс от начальной массы (150 г) и в местах их окончаний считываем искомое значения (рис. 78). В нашем примере они примерно равны 700 и 830 г/шт.

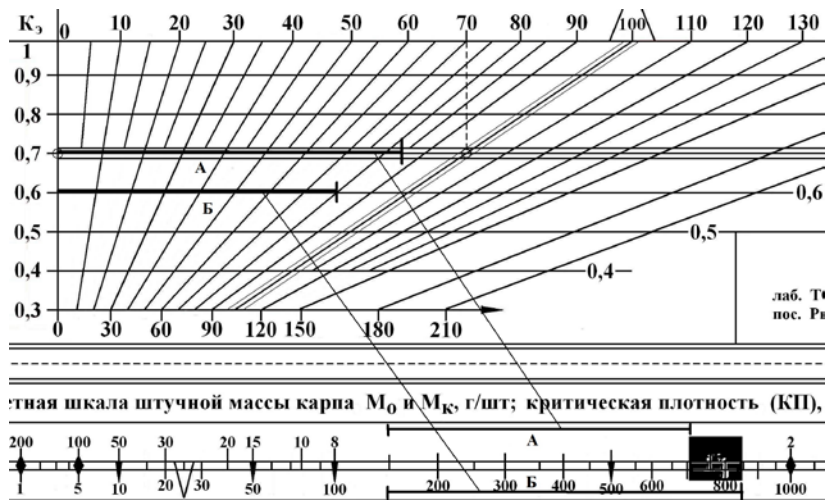


Рис. 78. Графическое определение конечной массы карпа при его выращивании от 150 г за 85 дней при  $T = 21^\circ\text{C}$  и кормовой обеспеченности 100 % (А) и 70 % (Б)

4. Определим потерю массы из-за неоптимального кормления. Для этого от массы 830 г (вариант А) отнимем значение массы 700 г

(вариант Б). Получим 130 г. Цена недокорма – минус 130 г возможной конечной навески за 85 дней.

**Ответ:** Реально возможная конечная масса 700 г. Потеря из-за неполного обеспечения кормом 130 г/шт. за 85 дней.

**Контрольные варианты заданий для задачи 4.4 (см. пример 4):** Определите возможную конечную массу, а также уровень потерь индивидуальной массы карпа в условиях неполной кормовой обеспеченности при заданных значениях начальной массы, температуры и длительности выращивания:

№ варианта	Условия			
	Коэффициент кормовой обеспеченности	Длина выращивания, дней	Средняя температура, °С	Начальная масса карпа, г
1	0,4	70	16	0,5
2	0,5	80	20	1,0
3	0,6	90	18	2,0
4	0,7	100	22	3,0
5	0,8	110	24	4,0
6	0,4	120	19	5,0
7	0,5	150	26	10,0
8	0,6	70	16	15,0
9	0,7	80	20	20,0
10	0,8	90	18	25,0
11	0,4	100	22	30,0
12	0,5	110	24	35,0
14	0,6	120	19	40,0
15	0,7	150	26	50,0

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению возможного роста карпа в случае неполной кормовой обеспеченности с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 28. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО РАЗМЕРА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА КАРПА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОЙ КОНЕЧНОЙ МАССЫ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

**Определение необходимого размера посадочного материала для достижения заданной конечной массы тела в конкретных температурных условиях и при известной длительности выращивания.**

Задачи подобного рода относятся к 2-му типу задач, решаемых с помощью тактического планшета. Актуальны они при оценке требуемых для решения поставленной задачи ресурсов. А именно в виде размера посадочного материала, гарантирующего достижение нужной конечной массы карпа. Для решения подобной задачи требуется знание планируемой конечной массы тела рыбы (г/шт.), времени выращивания и температуры. В случае неполной кормовой обеспеченности в дополнение к вышеуказанному необходима еще и предварительная оценка коэффициента кормовой обеспеченности ( $K_{КО}$ ).

Задача по характеру решения близка к задачам 1-го типа для тактического рыбоводного планшета. Отличается только направлением, в котором откладываются отрезки времени. В задачах 1-го типа это движение слева направо, а в задачах 2-го типа – справа налево.

**Пример 5.** Рыбоводу к определенному сроку необходимо вырастить три группы карпа (А, Б, В) с навесками 150, 650 и 1100 г/шт. соответственно. В его распоряжении 65 дней, температура воды 20 °С. Кормовая обеспеченность полная. Задача – определить необходимый размер посадочного материала (г/шт.) для каждой из групп (А, Б, В).

Последовательность действий:

1. На графическом поле времени и температуры найдем отрезок, соответствующий заданным параметрам времени – 65 дней – и температуры – 20 °С (рис. 79).

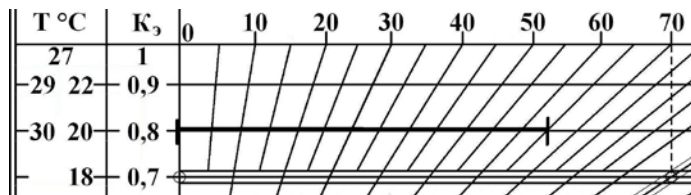


Рис. 79. Определение величины отрезка, характеризующего 65 дней выращивания при температуре 20 °С

2. Откладываем полученный отрезок на расчетной шкале масс три раза таким образом, чтобы правый конец отрезка совмещался с требуемой конечной массой для каждой группы, т. е. с массой в 150, 650 и 1100 г/шт. соответственно (рис. 80).

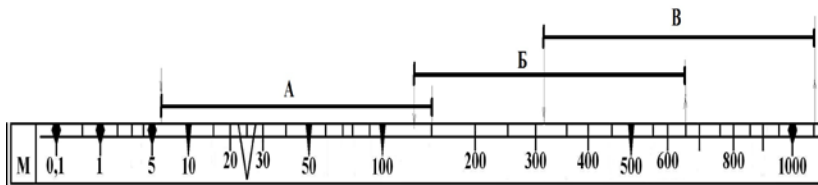


Рис. 80. Графическое определение размеров (массы, г/шт.) посадочного материала для получения карпа заданных размеров (150, 650 и 1 100 г/шт.) за 65 дней при температуре 20 °С

Напротив левых концов каждого отрезка на расчетной шкале масс считываем искомое значение необходимого посадочного материала. Для первой группы (А) карпов это начальная масса  $M_0 = 6$  г/шт., для второй группы (Б)  $M_0 = 130$  г/шт., для третьей группы (В)  $M_0 = 310$  г/шт.

**Ответ:** Для решения поставленной задачи необходимо использовать посадочный материал навеской не менее 6, 130 и 310 г/шт. для групп А, Б, В соответственно.

**Определение необходимого размера посадочного материала для достижения заданной конечной массы тела в конкретных температурных условиях, при конкретной длительности выращивания и неполной кормовой обеспеченности.** Задачи подобного рода являются несколько усложненными вариантами предыдущей задачи. В дополнение к предыдущей задаче требуется указание примерной оценки коэффициента кормовой обеспеченности ( $K_{КО}$ ).

**Пример 6.** Рыбоводу за 135 дней необходимо вырастить карпа навеской не менее 850 г/шт. При этом средняя температура в период выращивания 22 °С, а кормовая обеспеченность может быть на уровне не выше  $K_{КО} = 0,7$ , т. е. 70 % от максимальных потребностей рыбы.

**Задача:** Определите среднюю массу посадочного материала, которая обеспечит решение поставленной задачи.

Последовательность действий:

1. Найдем значение общего экологического коэффициента ( $K_Э$ ).

Для этого слева на графическом поле времени и температуры найдем значение температуры 22 °С. Справа от этого значения в столбце  $K_Э$  считаем значение температурного коэффициента ( $K_T$ ) скорости массонакопления для данной температуры. Оно равно 0,9. Учитывая, что  $K_{КО} = 0,7$ , рассчитаем общий  $K_Э$ :

$$K_Э = K_T \cdot K_{КО} = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63.$$

2. На графическом поле времени и температуры найдем горизонтальную линию, соответствующую полученному значению общего экологического коэффициента  $K_3 = 0,63$ . Отложим на этой линии отрезок длиной в 135 дней (рис. 81).

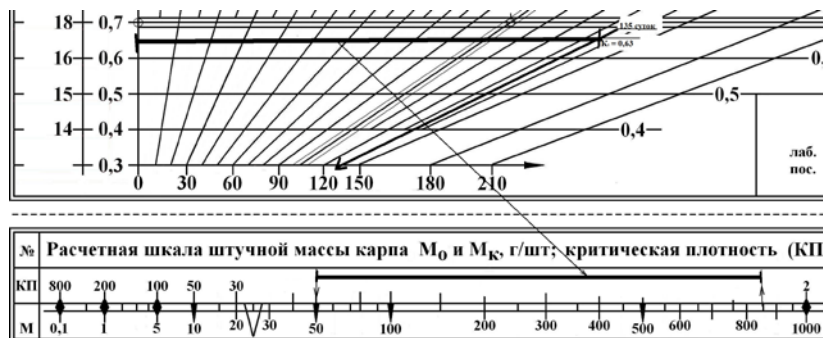


Рис. 81. Графический алгоритм определения величины отрезка, характеризующего 135 дней выращивания карпа при  $K_3 = 0,63$ , а также необходимую начальную массу для получения  $M_K = 850$  г

Из графика следует, что минимальная масса посадочного материала при заданных условиях должна быть порядка 50 г/шт.

**Ответ:** Необходимая масса посадочного материала 50 г.

**Контрольные варианты заданий для задач 4.5 и 4.6 (см. примеры 5 и 6):** Определите необходимый размер посадочного материала (в г/шт.) при заданных значениях:

№ варианта	Для задачи 4.5			Для задачи 4.6			
	Масса конечная, г/шт.	Длительность выращивания, дн.	Температура воды, °С	Масса конечная, г/шт.	Длительность выращивания, дн.	Температура воды, °С	Коэффициент кормовой обеспеченности
1	1 500	150	20	1 300	150	20	0,8
2	1 500	150	22	1 300	150	22	0,7
3	1 000	150	24	1 200	150	24	0,6
4	1 000	120	26	1 100	130	26	0,5
5	1 000	120	16	1 000	130	16	0,4
6	700	120	18	700	120	18	0,5
7	700	100	20	700	110	20	0,6

8	700	100	18	700	110	18	0,7
9	500	100	16	500	110	16	0,5
10	500	80	16	500	90	16	0,6
11	500	80	18	500	70	18	0,6
12	250	80	20	250	60	20	0,8
13	250	30	18	250	30	18	0,4
14	150	20	16	150	30	16	0,7
15	150	20	24	150	20	24	0,6

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению необходимого размера посадочного материала карпа для достижения заданной конечной массы с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 29. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

Задачи подобного рода относятся к 3-му типу задач, решаемых с помощью тактического планшета. Актуальны они при оценке сроков завершения процесса выращивания рыбы (для пересадки, отправки в торговую сеть или отгрузки иным потребителям). Для решения подобной задачи требуется знание начальной и конечной масс тела рыбы (г/шт.), а также средней температуры воды. В случае неполной кормовой обеспеченности в дополнение к вышеуказанному необходима еще и предварительная оценка коэффициента кормовой обеспеченности ( $K_{КО}$ ).

**Пример 7.** В распоряжении рыбовода имеется посадочный материал карпа массой 10 г/шт. Конечная масса рыбы, которая может быть отправлена в торговую сеть, 750 г. Выращивание рыбы осуществляется в садках на теплой воде. Средняя температура 29 °С. Кормовая обеспеченность полная.

**Задача:** Определите время достижения товарной навески карпа и начала его отгрузки в торговую сеть.

Последовательность действий:

1. На расчетной шкале штучной массы карпа отмеряем отрезок между массами 10 г (начальная масса) и 750 г (конечная масса) (рис. 82).

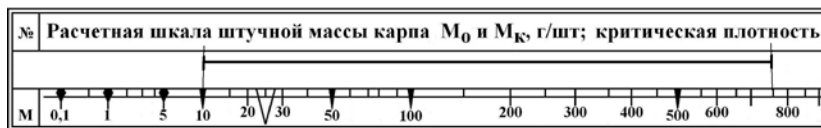


Рис. 82. Определение величины отрезка между начальной и конечной массами (10 и 750 г соответственно)

2. Определяем необходимое для выращивания время. Для этого переносим полученный отрезок на графическом поле времени и температуры на горизонтальную линию, соответствующую температуре 29 °С (рис. 83). Левый край отрезка совмещаем с вертикальной линией нулевого отсчета времени. Двигаясь по наклонной линии вправо и вверх от правого края отрезка, определяем необходимое время в сутках.

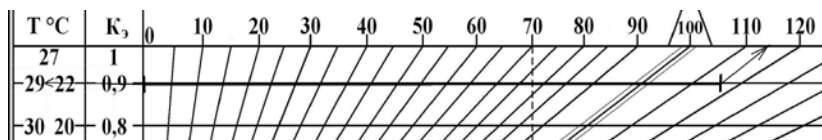


Рис. 83. Графическое определение времени, необходимого для выращивания карпа от  $M_0 = 10$  г/шт. до  $M_k = 750$  г/шт. при  $T = 29$  °С

Тактический планшет показывает, что достижение товарных кондиций рыбы и ее поставка в торговую сеть возможны после 115 дней выращивания.

**Ответ:** Необходимое время для выращивания карпа от 10 до 750 г/шт. – 115 дней.

**Определение времени, необходимого для выращивания рыбы заданных кондиций при неполном кормовом обеспечении.** Задачи подобного рода аналогичны предыдущей задаче. Отличие заключается в том, что помимо начальной и конечной масс тела рыбы (в г/шт.), а также средней температуры воды в данной задаче учитывается и дополнительное негативное влияние неполной кормовой обеспеченности ( $K_{КО}$ ).

**Пример 8.** В распоряжении рыбоведа имеется посадочный материал карпа массой 140 г/шт. Конечная масса рыбы, которую по договоренности готовы приобрести потребители, 1 400 г. Выращивание рыбы осуществляется при частично управляемом температурном режиме.

В течение месяца средняя температура  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в дальнейшем  $26\text{--}27\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  
Кормовая обеспеченность  $K_{\text{КО}} = 0,7$ .

**Задача.** Определите время (в сутках), необходимое для достижения товарной навески карпа  $M_{\text{К}} = 1\ 400\text{ г/шт.}$

Последовательность действий:

1. Определяем конечную массу карпа, которую он может достичь за первый период (30 сут) выращивания при  $T = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $K_{\text{КО}} = 0,7$ .  
Для этого:

а) определяем  $K_{\text{Э}}$  по формуле

$$K_{\text{Э}} = K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{КО}}$$

Температурный коэффициент для  $T = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  (согласно левой части графического поля времени и температуры тактического планшета) для карпа равен  $0,9$ . Это означает, что:

$$K_{\text{Э}} = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63.$$

б) на графическом поле времени и температуры на горизонтальной линии  $K_{\text{Э}} = 0,63$  находим длину отрезка, удовлетворяющую длине первого отрезка выращивания, т. е. 30 сут (рис. 84).

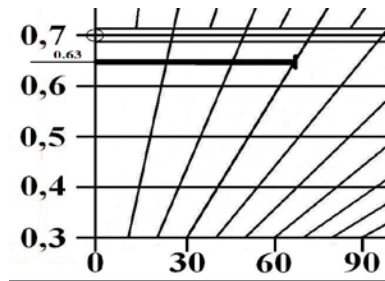


Рис. 84. Определение длины отрезка в 30 дней для температуры  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  и кормовой обеспеченности 70 %

в) переносим полученный отрезок на расчетную шкалу масс, откладываем его от начальной массы  $140\text{ г}$  и получаем конечную массу для первого отрезка выращивания  $M = 280\text{ г}$  (рис. 85).

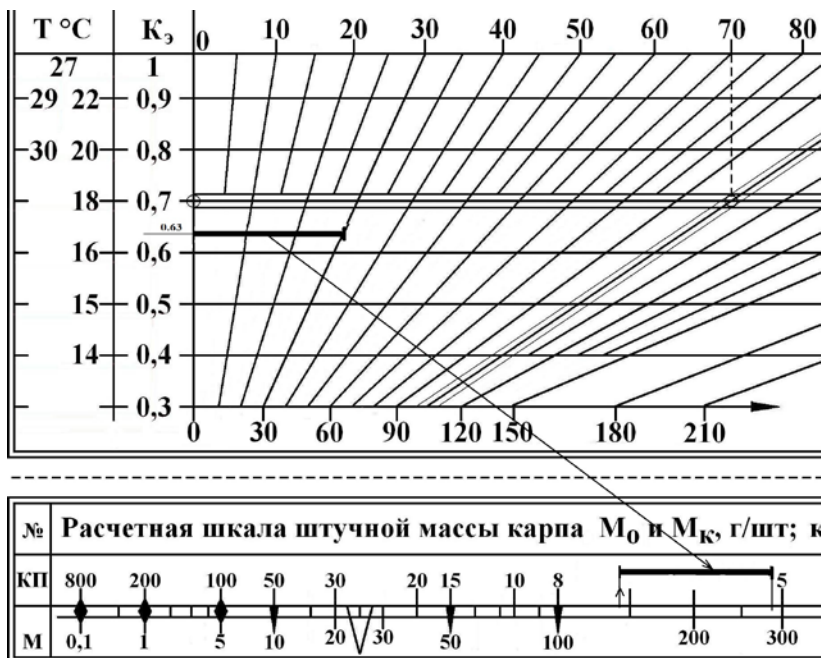


Рис. 85. Графическое определение массы тела на конец первого периода выращивания (30 суток) от  $M_0 = 140$  г ( $K_3 = 0,63$ )

2. Определяем время, которое потребуется для выращивания карпа от 280 до 1 400 г в температурных условиях 26–27 °С и при кормовой обеспеченности  $K_{КО} = 0,7$ . Для этого:

а) определяем общий уровень комфортности выращивания. Температурный коэффициент для 26–27°С примем равным 1,0. Таким образом, общее значение  $K_3 = 1,0 \cdot 0,7 = 0,7$ .

б) на шкале расчетных масс определяем длину отрезка, заключенного между начальной массой 280 г и конечной массой 1 400 г (рис. 86).

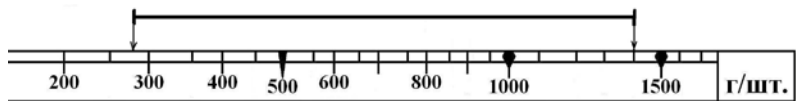


Рис. 86. Графическое определение длины отрезка между массами 280 и 1 400 г/шт.

в) определяем время, необходимое для выращивания карпа в рамках второго периода работы. Для этого переносим полученный отрезок

на графическое поле времени и температуры на горизонтальную линию, соответствующую  $K_3 = 0,7$  (температура 26–27 °С и кормовая обеспеченность 70 %). Левый край отрезка совмещаем с вертикальной линией нулевого отсчета времени. Двигаясь по наклонной линии вправо и вверх от правого края отрезка, определяем необходимое время в сутках для второго периода (рис. 87).

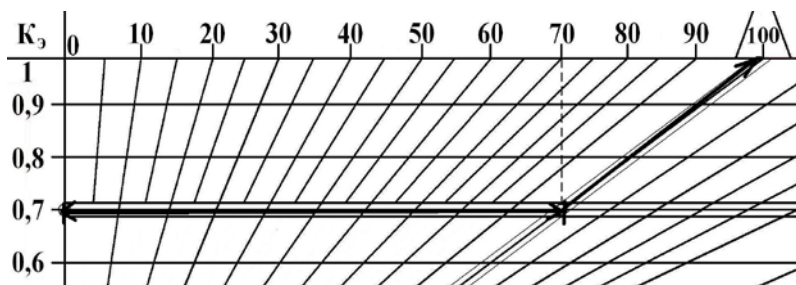


Рис. 87. Графическое определение времени, необходимого для выращивания карпа от  $M_0 = 280$  г/шт. до  $M_K = 1\,400$  г/шт. при  $K_3 = 0,7$

Из графика видно, что длительность второго периода выращивания должна составлять 98 сут.

3. Определяем общую длительность выращивания карпа при переменном температурном режиме и неполной кормовой обеспеченности. Итоговое значение получаем суммированием времени двух отрезков выращивания:

$$t = 30 \text{ сут} + 92 \text{ сут} = 122 \text{ сут.}$$

**Ответ:** Для выращивания карпа от 140 до 1 400 г при заданных температурных и кормовых условиях потребуется 122 сут.

**Контрольные варианты заданий для задач 4.7 и 4.8 (см. примеры 7 и 8):** Определите время, необходимое для достижения карпами запланированных размеров при заданных значениях:

№ варианта	Для задачи 4.7			Для задачи 4.8			Коэффициент кормовой обеспеченности
	Масса начальная, г/шт.	Масса конечная, г/шт.	Температура воды, °С	Масса начальная, г/шт.	Масса конечная, г/шт.	Температура воды, °С	
1	55,0	1000	20	100	1000	20	0,8

2	55,0	850	22	65	850	22	0,7
3	30,0	750	24	50	750	24	0,6
4	30,0	620	26	50	620	26	0,5
5	20,0	520	19	40	520	19	0,4
6	17,0	420	18	37	420	22	0,5
7	17,0	300	20	27	300	20	0,6
8	10,0	300	18	20	300	18	0,7
9	10,0	200	19	20	200	25	0,5
10	5,0	100	16	15	100	28	0,6
11	5,0	80	18	15	80	18	0,6
12	2,5	80	20	5	80	20	0,8
13	2,5	30	18	2,5	30	18	0,4
14	1,5	20	16	1,5	20	30	0,7
15	0,5	20	24	0,5	20	24	0,6

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению времени для выращивания рыбы с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 30. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ КАРПА

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

**Определение температуры, требуемой для выращивания рыбы заданных кондиций за фиксированный отрезок времени и при полном кормовом обеспечении.** Задачи подобного рода относятся к 4-му типу задач, решаемых с помощью тактического планшета. Они актуальны в тех случаях, когда есть необходимость управляемого ускорения или торможения процесса выращивания рыбы за счет увеличения или снижения температуры воды. Проблемы, связанные с обеспечением рыбы кормом необходимого качества, в нужном количестве и с требуемой частотой, в данном случае обычно рассматриваются как вполне решаемые. Если это не так, помимо знаний о начальной и конечной массе рыбы (в г/шт.), а также времени выращивания ( $t$ ), может потребоваться информация о предполагаемом уровне кормовой обеспеченности.

**Пример 9.** Рыбу начальной массой 35 г/шт. необходимо вырастить до товарной навески 550 г/шт. Имеется три покупателя. Каждый хотел бы получить рыбу в свое время. Первый (вариант А) – через 120 сут, второй (вариант Б) – через 85 сут, третий (вариант В) – через 60 сут.

**Задача.** Определите среднюю температуру воды, обеспечивающую необходимые параметры роста и время получения товарной рыбы. Кормовая обеспеченность полная.

Последовательность действий:

1. На расчетной шкале штучной массы карпа отмеряем отрезок между массами 35 г (начальная масса) и 550 г (конечная масса) (рис. 88).



Рис. 88. Графическое определение длины отрезка между массами 35 и 550 г/шт.

2. Определяем необходимые температурные условия. Для этого переносим ранее определенный отрезок на графическое поле времени и температуры и размещаем его таким образом, чтобы длина отрезка совпадала с заданными промежутками времени в 120, 85 и 60 сут (рис. 89). Для вариантов А и Б возможности такого размещения существуют. Для варианта В возможности совмещения длины данного отрезка с длительностью отрезка в 60 дней нет. Минимальное значение отрезка времени, совпадающее с определенным отрезком, располагается на горизонтальной линии  $K_3 = 1$  и составляет 72 сут.

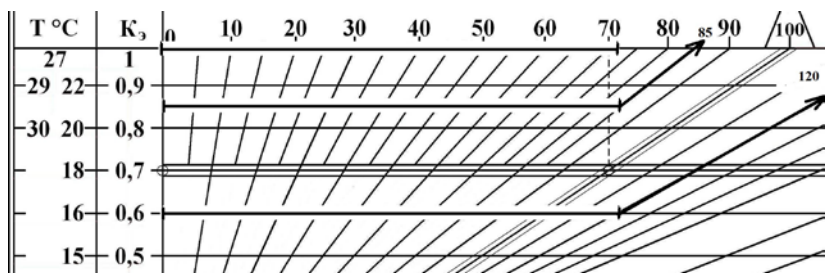


Рис. 89. Графический алгоритм определения температуры, при которой реализуются заданные параметры массы тела ( $M_0 = 35$  г,  $M_K = 550$  г) и времени (120, 85 сут)

Вариант В (60 дней) нереализуем. Это означает, что одна из поставленных задач, а именно вариант В (найти температуру, при кото-

рой рыба вырастет с 35 до 550 г за 60 дней), нереализуема. Минимальное время при максимальной скорости массонакопления (температура 27 °С) 72 дня.

Для вариантов А и Б на шкале времени считываем требуемые температурные условия: 16 и 21 °С.

**Ответ:** Для варианта А требуется температура 16 °С, для варианта Б – температура 21 °С. Вариант В реализовать невозможно даже при наилучших температурных условиях.

**Определение температуры, требуемой для выращивания рыбы заданных кондиций за фиксированный отрезок времени при неполном кормовом обеспечении.** Подобная задача аналогична предыдущей. Дополнительная сложность связана с необходимостью учета возможного недокорма рыбы. Степень этого недокорма может быть задана или рассчитана с учетом различий между запланированным (100 % кормовой обеспеченности) и наличным количеством корма.

**Пример 10.** Рыбу начальной массой 55 г/шт. требуется вырастить до 700 г за 100 дней. Кормовая обеспеченность планируется на уровне  $K_{КО} = 0,8$ .

**Задача.** Определите:

а) как должна измениться температура выращивания рыбы при неполной (заданной) кормовой обеспеченности, чтобы обеспечить заданные технологические параметры;

б) на сколько суток может быть увеличен срок выращивания карпа при неполной кормовой обеспеченности, если температура выращивания не будет соответствующим образом скорректирована.

Последовательность действий:

1. На расчетной шкале штучной массы карпа отмеряем отрезок между массами 55 г (начальная масса) и 700 г (конечная масса) (рис. 90).



Рис. 90. Графическое определение длины отрезка между массами 55 и 700 г/шт.

2. На графическом поле времени и температуры определяем, на какой из горизонтальных линий данный отрезок может быть совмещен с заданным отрезком времени выращивания –  $t = 100$  сут (рис. 91).

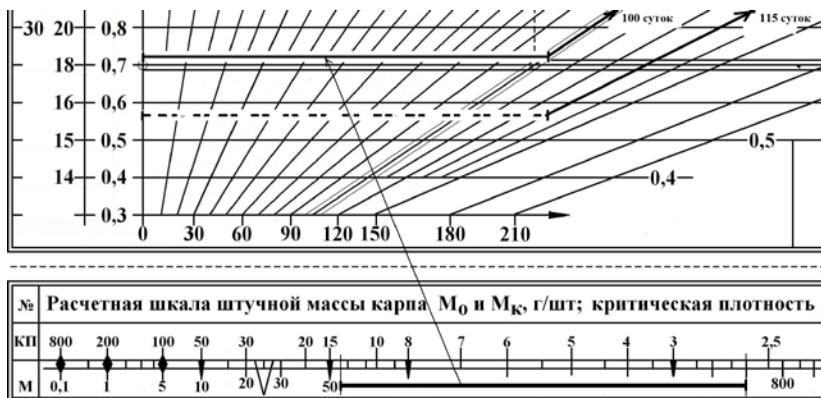


Рис. 91. Определение места, в котором отрезок 55–700 г/шт. удовлетворяет длительности выращивания 100 дней

Из рис. 91 видно, что необходимое совпадение заданных параметров и длины отрезка имеет место на шкале  $K_3 = 0,72$ , т. е. на линии, соответствующей температуре около  $18,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Однако эта температура была бы необходима при полной кормовой обеспеченности. В нашей задаче выдерживание  $18,5\text{ }^\circ\text{C}$  не позволит решить поставленную задачу, т. е. вырастить карпа от 55 до 700 г/шт. за 100 дней. Скажется негативное влияние неполной кормовой обеспеченности ( $K_{КО} = 0,8$ ). Времени потребуется больше.

3. Определяем, на сколько суток удлинится выращивание при сохранении температуры воды  $18,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Для этого полученное значение  $K_3 = 0,72$  умножим на величину  $K_{КО} = 0,8$ . Получим реальный уровень комфортности среды с учетом двух факторов:  $K_3 = 0,72 \cdot 0,8 = 0,576$ .

Отложим наш отрезок на уровне значения  $K_3 = 0,576$  (пунктирная линия отрезка на рис. 91). Получим время, равное 115 сут.

Таким образом, удлинение времени выращивания за счет недостаточного кормления составит около 15 сут.

Примечание. В случае, если при умножении значений  $K_T$  и  $K_{КО}$  итоговое значение окажется ниже величины 0,3 (минимальная величина, представленная на тактическом планшете в столбце  $K_3$ ), наклонные и горизонтальные линии могут быть продолжены так, как это представлено на рис. 92.

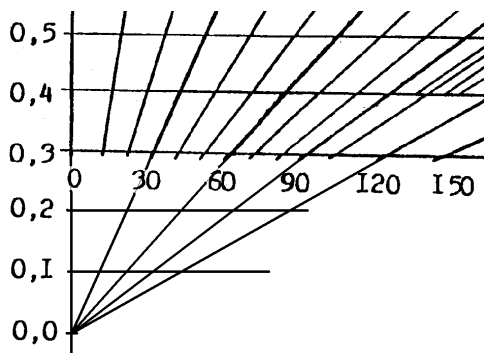


Рис. 92. Наглядное представление возможного расширения графического поля времени и температур тактического планшета

4. Определяем необходимую (скорректированную) температуру. Неполное кормовое обеспечение – это негативный фактор, лимитирующий рост рыбы. Для компенсации негативного влияния одного фактора – корма – необходимо снизить негативное влияние другого фактора – температуры. Иными словами, улучшить температурный режим (увеличить температуру воды).

Для определения степени увеличения температуры воды необходимо:

а) ранее полученное значение  $K_{Э} = 0,72$ , которое обеспечивает решение поставленной задачи, разделить на  $K_{КО} = 0,8$ .

Получим:

$$K_T = 0,72 / 0,8 = 0,9.$$

б) на графической шкале времени и температуры определим, какой температуре соответствует полученный экологический коэффициент  $K_{Э}$ . В нашем случае  $K_T = 0,9$  соответствует  $K_{Э} = 0,9$  и, соответственно, температуре 22 °С или 30 °С.

Одно из этих значений температуры можно выбрать для реализации в рамках решения поставленной перед нами задачи. Лучше выбрать температуру 22 °С, так как при этой температуре уровень основного обмена ниже, чем при 30 °С, и затраты будут ниже.

**Ответ:** Для обеспечения заданных технологических параметров при запланированном уровне кормовой обеспеченности  $K_{КО} = 0,8$  температура воды при выращивании рыбы должна быть увеличена с 18,5 °С, требуемых при 100%-ной кормовой обеспеченности, до 22 °С, а время, необходимое для выращивания карпа от 55 до 700 г/шт., без такой корректировки может увеличиться на 15 сут (с 100 до 115 дней).

**Контрольные варианты заданий для задач 4.9 и 4.10 (см. примеры 9 и 10):** Определите температуру ( $T$ , °C), необходимую для выращивания карпа от заданной начальной ( $M_0$ , г/шт.) до необходимой конечной массы ( $M_k$ , г/шт.) за определенное время ( $t$ , сут) при полной кормовой обеспеченности ( $K_{КО}$ ) (для задачи 4.9), и укажите количество суток, на которые может увеличиться длительность выращивания за счет неполного кормового обеспечения (для задачи 4.10), если:

№ варианта	Для задачи 4.9			Для задачи 4.10			
	Масса начальная, г/шт.	Масса конечная, г/шт.	Время выращивания, сут	Масса начальная, г/шт.	Масса конечная, г/шт.	Время выращивания, сут	Коэффициент кормовой обеспеченности
1	25	1000	100	23,0	800	100	0,8
2	25	850	120	25,0	750	120	0,7
3	20	750	115	18,0	650	115	0,6
4	20	620	85	19,0	600	85	0,5
5	20	520	150	17,0	500	150	0,4
6	15	420	100	16,0	400	100	0,5
7	15	300	75	16,0	300	75	0,6
8	10	300	70	14,0	250	70	0,7
9	10	200	55	10,0	200	55	0,5
10	5	100	60	5,5	100	60	0,6
11	5	80	55	5,0	80	55	0,6
12	2,5	80	85	2,5	80	85	0,8
13	2,5	30	90	2,5	30	90	0,4
14	1,5	20	70	0,5	20	70	0,7
15	0,5	20	60	0,1	20	60	0,6

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению требуемой температуры воды для получения определенной продукции карпа с помощью планшета.
2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

### Лабораторная работа 31. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО РОСТА КАРПА В СЛУЧАЕ НЕПОЛНОЙ КОРМОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой решения данного типа задач с помощью планшета.

**Материалы и оборудование:** рыбоводный тактический планшет.

**Задание:**

- 1) ознакомьтесь с методикой решения;
- 2) решите задачу согласно выданному варианту.

*Расчет возможной траектории роста карпа в пруду в течение рыбоводного сезона с учетом возможного эффекта «критической плотности» во время вегетационного периода, т. е. кардинальной перестройки продукционных процессов в водоеме.* Задачи подобного рода являются комбинированными, могут учитывать разнообразные сочетания факторов внешней среды и актуальны для предсезонного планирования выращивания карпа, особенно при плотностях посадки, превышающих возможности пруда по самоочищению. Могут представлять интерес при планировании научных экспериментов по отработке различных технологий выращивания карпа.

**Пример 11.** Дано: малопроточный пруд для интенсивного выращивания карпа. Плотность посадки 5 тыс. шт/га. Начальная масса 50 г. Длительность выращивания 120 дней. Динамика среднемесячных значений температуры: 18, 20, 22, 21 °С. Кормовая обеспеченность карпа со стороны рыбовода полная ( $K_{КО} = 1$ ). Возможные ограничения – только со стороны пруда (критическая плотность).

Необходимо определить наиболее вероятную траекторию роста карпа: а) в случае его торможения только температурой воды; б) в случае его лимитирования двумя факторами – температурой воды и кормовой обеспеченностью со стороны пруда.

Последовательность действий:

1. На графическом поле времени и температуры определяем значения температурного коэффициента для каждого месяца с учетом среднемесячных значений температуры (рис. 93).

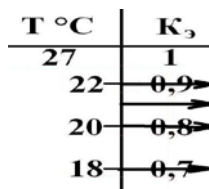


Рис. 93. Определение температурных коэффициентов карпа по температуре воды

Из рис. 93 видно, что уровень комфортности среды по температурному фактору во время сезона меняется следующим образом:

$$K_3 = K_T / 0,7 - 0,8 - 0,9 - 0,85.$$

2. На графическом поле времени и температуры определяем длину отрезка для каждого из четырех месяцев (рис. 94). Номер рядом с отрезком показывает последовательность смены месяцев во время вегетационного периода.

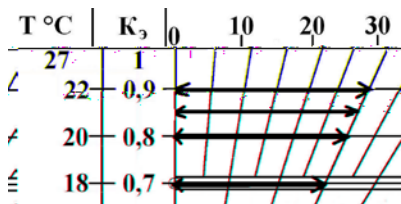


Рис. 94. Определение длины отрезка для каждого месяца сезона

3. Определяем динамику массы тела карпа для первого варианта, когда рост тормозится только температурой. Для этого на расчетной шкале масс последовательно размещаем (стык в стык) ранее определенные отрезки (рис. 95).

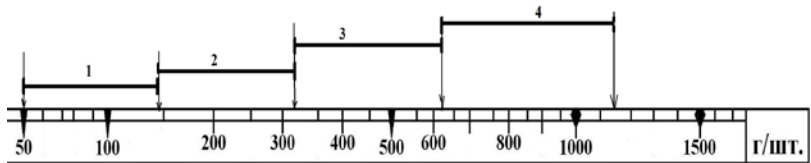


Рис. 95. Графический алгоритм определения траектории роста карпа за 120 дней от  $M_0 = 50$  г/шт. при заданной температуре и  $K_{КО} = 1$

Согласно рис. 95 траектория роста карпа в заданных температурных условиях могла бы выглядеть следующим образом:

50–140–320–650–1 120 г.

4. Определяем возможное время наступления критической ситуации в рыбоводном пруду. Для этого на шкале КП (критическая плотность) найдем заданную плотность посадки (5 тыс. шт/га) и ниже этого значения найдем значение массы тела. Оно равно 300 г/шт. Это значит, что до массы 300 г/шт. (первые два месяца выращивания) траектория роста карпа останется близкой к той, что была определена ранее:

5–140–320 г. Далее потребуется корректировка темпа роста в сторону снижения показателей.

5. Рассчитаем вероятный среднесуточный прирост массы тела карпа в новых условиях. Для этого: а) максимально допустимую кормовую нагрузку на пруд (100 кг/га в сутки) разделим на кормовой коэффициент стандартного прудового комбикорма (КК = 4):

$$100 \text{ кг корма/га в сутки} / 4 = 25 \text{ кг прироста/га в сутки.}$$

Полученное значение (25 кг прироста/га в сутки) означает реально возможный прирост всех карпов;

б) определим вероятный индивидуальный прирост карпа в сутки. Для этого общий прирост разделим на количество рыб (плотность):

$$25 \text{ кг прироста/га в сутки} / 5 \text{ тыс. шт/га} = 5 \text{ г прироста/шт. в день.}$$

6. Рассчитаем скорректированный вариант (вариант б) траектории роста карпа. Для этого суточный прирост (5 г/шт. в день) умножим на 30 дней (месяц). Получим 150 г/шт. каждый месяц. Это означает, что если после двух месяцев выращивания в качестве итоговой величины мы возьмем массу 320 г, то через месяц к ней может быть добавлено еще 150 г, а затем еще 150 г.

Таким образом, скорректированная траектория роста карпа может выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} 50-140-320-470 (320 + 150)-620 (320 + 150 + 150) \text{ г/шт.} = \\ = 50-140-320-470-620 \text{ г/шт.} \end{aligned}$$

**Ответ:** Предельная и реальная траектории роста карпа в первые два месяца совпадают: 50–140–320 г/шт. В дальнейшем они заметно расходятся. Предельно возможная траектория продолжается показателями 650 и 1 120 г/шт., реальная – 470 и 620 г/шт. Различие в конечной массе составляет 500 г/шт. за сезон.

**Контрольные варианты заданий для задачи 4.11 (см. пример 11):** С учетом реальной плотности посадки (Пл. пос., тыс. шт/га), заданной начальной массы тела ( $M_0$ , г/шт.), разбиения вегетационного периода на определенное количество ( $n$ ) отрезков и их длительности ( $t$ , сут), а также температуры внутри каждого отрезка сезона, рассчитайте предельно возможную (для заданного хода температуры и 100 % кормовой обеспеченности) и реальную (с учетом ограничений со стороны пруда) траектории роста карпа в течение всего рыбоводного сезона, если:

№ варианта	Условия			
	Масса начальная, г/шт.	Плотность посадки рыб, тыс. шт/га	Длительность отрезков времени, сут	Температура воды внутри отрезка времени, °С
1	25,0	50	10	14–15–16–17–16–15–14
2	25,0	100	15	15–16–17–18–17–16–15
3	20,0	200	20	16–18–20–22–20–18–16
4	20,0	50	10	14–15–16–17–16–15–14
5	10,0	100	15	15–16–17–18–17–16–15
6	10,0	200	20	16–18–20–22–20–18–16
7	10,0	50	10	14–15–16–17–16–15–14
8	0,1	100	15	15–16–17–18–17–16–15
9	0,1	200	20	16–18–20–22–20–18–16
10	5,0	50	10	14–15–16–17–16–15–14
11	5,0	100	15	15–16–17–18–17–16–15
12	2,5	200	20	16–18–20–22–20–18–16
13	2,5	50	10	14–15–16–17–16–15–14
14	1,5	100	15	15–16–17–18–17–16–15
15	0,5	200	20	16–18–20–22–20–18–16

### Контрольные вопросы

1. Опишите методику решения задач по определению возможного роста карпа в случае неполной кормовой обеспеченности с помощью планшета.

2. Назовите ответ задачи, решенной согласно выданному варианту.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов, С. А. Номограмма для расчета первичной продукции и деструкции в рыбоводных прудах с поправками на температуру воды и интенсивность солнечной радиации / С. А. Баранов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – Москва: ВНИИПРХ, 1980. – Вып. 29. – С. 118–132.
2. Баранов, С. А. Первичная продукция водоемов как функция концентрации фитопланктона и прозрачности воды / С. А. Баранов // Водные ресурсы. – 1980. – № 2. – С. 137–157.
3. Баранов, С. А. Стандартные корреляции и константная база теоретической гидробиологии / С. А. Баранов // Теоретические основы аквакультуры: тез. докл. Всесоюз. симпозиума. – Москва, 1983. – С. 9–11.
4. Баранов, С. А. Эффект дорацивания / С. А. Баранов, В. Д. Степанов, А. Г. Бекин // Рыбоводство. – 1985. – № 2. – С. 9.
5. Иванов, А. П. Рыбоводство в естественных водоемах / А. П. Иванов. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 367 с.
6. Инструкция по оперативному контролю за состоянием воды и предупреждением заморов рыб в прудовых хозяйствах / Всесоюз. науч.-произв. об-ние по рыбоводству, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т пруд. рыб. х-ва. – Москва, 1981. – 16 с.
7. Козлов, В. И. Аквакультура / В. И. Козлов, А. Л. Никифоров-Никишин, А. Л. Бородин. – Москва: КолосС, 2006. – 445 с.
8. Константинов, А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – Москва: Высш. шк., 1979. – 480 с.
9. Купинский, С. Б. Взаимосвязь температуры и роста рыб (взгляд с точки зрения прогнозирования) / С. Б. Купинский, С. А. Баранов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – Москва: ВНИИПРХ, 1988. – Вып. 51. – С. 105–115.
10. Купинский, С. Б. К анализу возможных потерь рыбной продукции на различных этапах технологического процесса / С. Б. Купинский, В. Ф. Резников, С. А. Баранов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – Москва: ВНИИПРХ, 1984. – Вып. 41. – С. 38–44.
11. Купинский, С. Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры / С. Б. Купинский: учеб. пособие. – пос. Рыбное: Дмитровский филиал АГТУ, 2008. – 133 с.
12. Моисеев, П. А. Биологические ресурсы Мирового океана / П. А. Моисеев. – Москва: Пищ. пром-сть, 1969. – 339 с.
13. Основные уравнения роста биологических объектов. Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР / С. А. Баранов [и др.]. – Москва: Наука, 1979. – С. 156–168.
14. Резников, В. Ф. Стандартная модель массонакопления рыбы / В. Ф. Резников // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – Москва: ВНИИПРХ, 1978. – Вып. 22. – С. 182–196.
15. Реймерс, Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы гипотезы / Н. Ф. Реймерс. – Москва: Россия молодая, 1994. – 367 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Раздел 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АКВАКУЛЬТУРЫ .....	5
Лабораторная работа 1. Изучение принципов построения экологических систем .....	5
Лабораторная работа 2. Изучение пищевых цепей и трофических уровней .....	9
Лабораторная работа 3. Изучение энергетики и продукции экосистем .....	12
Лабораторная работа 4. Изучение динамических процессов в экосистеме .....	15
Лабораторная работа 5. Определение естественной кормовой базы прудов .....	20
Лабораторная работа 6. Изучение рыбопродукции и рыбопродуктивности водоемов .....	28
Лабораторная работа 7. Моделирование продукционных процессов .....	33
Лабораторная работа 8. Принцип построения работы с рыбоводным экологическим планшетом .....	36
Лабораторная работа 9. Определение естественной рыбопродуктивности водоема при различных величинах прозрачности и глубине водоема в стандартных условиях .....	43
Лабораторная работа 10. Определение естественной рыбопродуктивности водоема при различных величинах прозрачности и глубине водоема в стандартных условиях и при различающихся по составу ихтиоценозах .....	48
Лабораторная работа 11. Определение возможной естественной рыбопродуктивности водоема с формируемым сложным ихтиоценозом .....	51
Лабораторная работа 12. Определение естественной рыбопродуктивности в условиях, отличающихся от стандартных .....	53
Лабораторная работа 13. Определение потенциала естественной рыбопродуктивности в водоемах различного уровня трофности .....	62
Лабораторная работа 14. Определение естественной рыбопродуктивности реального водоема за время вегетационного периода с учетом среднесезонных значений температуры и прозрачности .....	67
Лабораторная работа 15. Определение ориентировочного значения естественной рыбопродуктивности реального водоема за год с учетом сезонного изменения температуры и прозрачности .....	71
Раздел 3. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАНШЕТ .....	78
Лабораторная работа 16. Принцип построения работы с рыбоводным гидробиологическим планшетом .....	78
Лабораторная работа 17. Определение интенсивности фотосинтеза и деструкции в пелагических фитоценозах в стандартных условиях при различных величинах прозрачности воды .....	83
Лабораторная работа 18. Определение суточного баланса между поступлением и потреблением кислорода в водоемах, различающихся по прозрачности и глубине (для стандартных условий) .....	86
Лабораторная работа 19. Определение характера изменения суточного баланса кислорода в разных по глубине водоемах при одинаковой прозрачности воды в них и стандартных условиях .....	88
Лабораторная работа 20. Определение суточного баланса между поступлением и потреблением кислорода в рыбохозяйственном водоеме при отклонении внешних факторов от стандартных условий .....	91
Лабораторная работа 21. Определение оптимального, предельно возможного и недопустимого уровня кормовой нагрузки на водоем .....	98
Лабораторная работа 22. Определение кислородного баланса и вероятности возникновения замора в водоеме со сложной конфигурацией и распределением глубин в нестандартных условиях .....	101

Лабораторная работа 23. Определение интенсивности фотосинтеза фитобентоса в стандартных условиях .....	110
Раздел 4. ТАКТИЧЕСКИЙ РЫБОВОДНЫЙ ПЛАНШЕТ .....	114
Лабораторная работа 24. Принцип построения работы с тактическим рыбоводным планшетом .....	114
Лабораторная работа 25. Определение конечной массы карпа в различных условиях .....	120
Лабораторная работа 26. Определение траектории возможного роста карпа при условии полной кормовой обеспеченности и известной среднемесячной температуре.....	125
Лабораторная работа 27. Определение возможного роста карпа в случае неполной кормовой обеспеченности .....	128
Лабораторная работа 28. Определение необходимого размера посадочного материала карпа для достижения заданной конечной массы .....	131
Лабораторная работа 29. Определение времени для выращивания рыбы .....	135
Лабораторная работа 30. Определение требуемой температуры воды для получения определенной продукции карпа .....	140
Лабораторная работа 31. Определение возможного роста карпа в случае неполной кормовой обеспеченности .....	146
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	150

Учебное издание

**Купинский** Сергей Борисович  
**Усов** Михаил Михайлович  
**Цыганков** Роман Михайлович

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. Н. Пьянусова*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 06.06.2018. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Гаймс». Усл. печ. л. 8,83. Уч.-изд. л. 7,78.  
Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.