

## МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### ЗАДАЧА 1

#### Тема 1. Разведение простейших на питательных средах

**Цель задачи:** научиться культивировать разные виды простейших на различных питательных средах.

#### Рекомендуемая литература

1. Цингер Я.А.
2. Зеликман А.П. Практикум по зоологии беспозвоночных.

### ЗАДАЧА 2

**Тема 2. Изменение активной реакции среды под влиянием гидробионтов. Влияние рН на выживаемость гидробионтов.**

**Цель задачи:** влияние одного из экологических факторов на жизнедеятельность организмов, например трубочника.

1. Поместить в сосуд с емкостью 100 см<sup>3</sup>, содержащей воду нейтральной реакции несколько веточек элодеи. Поставить сосуд в хорошо освещенное место и через 4–6 часов определить в опытном сосуде концентрацию водородных ионов.

2. Приготовить сосуды, содержащие рН от 1 до 10. Для создания нужной концентрации водородных ионов использовать КОН, Н<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>, Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Поместить в каждый сосуд по 5-10 подопытных животных

3. Провести наблюдение за длительностью выживания гидробионтов в средах с различным рН. Результаты опытов оформить в таблицу и графически, выражая выживаемость, % относительно исходного количества животных.

Таблица. Длительность выживания *Tubifex tubifex* в средах с различными значениями рН

Значения рН	Время жизни
1	Погибли моментально
2	То же
3	То же
4	Мало активны через 19 минут, через 29 минут погибли
5	Живы

#### Рекомендуемая литература

### ЗАДАЧА 3

#### Тема 3. Определение рациона планктонных ракообразных

**Цель задачи:** экспериментальное определение рациона ракообразных и исследование зависимости рациона от концентрации корма и возраста рачков.

Количественные данные о рационах представляют большой интерес для характеристики роли ракообразных в трофодинамике водоемов. Трофические взаимоотношения в водных экосистемах осуществляются

посредством передачи вещества и энергии с одного трофического уровня на последующие.

Количество пищи, потребляемое животными в определенный отрезок времени, измеряемый чаще всего сутками, называют **рационом**. Количественным исследованиям питания животных должно предшествовать качественное изучение характера питания. Планктонные ракообразные делятся на фитофагов, эврифагов и зоофагов. По способу добывания пищи они могут быть фильтраторами и хватателями. Качественный состав пищи определяют путем вскрытия кишечника.

В лабораторных определениях суточных рационов существует два основных подхода:

- а) исследование при избытке корма;
- б) имитация естественных условий.

В эксперименте рацион у планктонных ракообразных, питающихся взвешенными в водной среде частицами, определяют:

- 1) по разности концентраций частиц (водорослей) в начале и конце периода наблюдения, тогда  $R = (C_0 - C_t)$ ;
- 2) непосредственным учетом потребляемых частиц при наблюдении за процессом питания;
- 3) радиоуглеродным методом, используя меченый корм  $C^{14}$  или  $p^{32}$ .

Возможные пределы колебания рациона составляют от 10 до 60 % от веса тела. При этом популяция имеет прирост 2% в сутки. В период цветения рационы достигают 100–150%. Сведения о характере питания пресноводных организмов приведены в монографии А.В. Монакова (1998).

**Зависимость рациона животного от концентрации корма.** Эта зависимость передается уравнением И.С. Ивлева (1955):

$$r = R(1 - 10^{-kc})$$

Уравнение показывает, что при возрастании концентрации корма ( $c$ ) величина рациона ( $r$ ) возрастает с замедляющейся скоростью, пока не достигнет своего максимального значения ( $r = R$ ). На размер максимального рациона ( $R$ ) влияют: состав и пищевая ценность корма, температура среды, физиологическое состояние животных и другие факторы.

**Зависимость рациона от веса животного.** Эта зависимость описывается степенным уравнением, аналогичным примененному при изучении обмена:

$$r = pw^m,$$

где  $r$  – суточный рацион г / экз сырого веса,  $w$  – вес животного в г,  $p$  – константа, определяющая уровень потребления пищи в единицу времени при  $w = 1$ ,  $m$  – коэффициент, указывающий на скорость изменения величины рациона с увеличением веса животных.

Возрастание рациона, пропорциональное возрастанию веса тела ракообразных в степени  $m < 1$ , найдено у фильтраторов, фитофагов с грызущим типом ротового аппарата, собирателей и хищников (Сущенко, 1975).

**Зависимость рациона от температуры.** Нет однозначного мнения о

том, что температура одинаково влияет на дыхание и питание. Вместе с тем, значения температурных коэффициентов для процесса фильтрации и обмена у разных видов оказались близкими (Сущенко, 1975). Поэтому в настоящее время можно использовать кривую Крота в качестве универсальной температурной функции дыхания и питания.

### ***Ход выполнения задачи***

#### ***1. Определение скорости фильтрации у *Daphnia magna****

Скорость фильтрации определяется по формуле

$$W = \frac{(c_0 - c_t) \cdot v}{c_0 \cdot n \cdot t}, \text{ где (1)}$$

$W$  – объем профильтрованной взвеси, в мл;

$v$  – объем опытной взвеси, в мл;

$t$  – продолжительность опыта, час;

$c_0$  – начальная концентрация, клетки/мл;

$c_t$  – конечная концентрация, клетки/мл;

$n$  – число рачков в опыте.

#### ***2. Определение количества потребления водорослей у *Daphnia magna*.***

Количество потребленных водорослей определяются по формуле

$$Q = \frac{(c_0 - c_t) \cdot v}{n \cdot t} \text{ клетки/ час.экз. (2)}$$

а) определить количество водорослей ( $c$ ), пользуясь счетной камерой Горяева «Методическое пособие для практических занятий по физиологии человека и животных» стр. .

Из колбы с размешанной взвесью отбирают небольшую порцию в химический стакан, а из него глазной пипеткой заполняют камеру Горяева. Под микроскопом просчитывают количество клеток, встреченных в 25 больших квадратах камеры. Просчитывают 3 камеры, причем при каждом ее наполнении хорошо размешивают кормовую взвесь в стаканчике. Количество клеток в 1 мл определяют по формуле:

$$\frac{n \cdot 4000 \cdot 1000}{80} \text{ кл/мл}$$

б) разлить раствор водорослей в три стаканчика емкостью 50 мл.

в) поместить по 5–10 подопытных животных в каждую емкость на 1 час.

г) через 1 час посчитать количество водорослей;

д) вычислить по формуле (1) скорость фильтрации и (2) количество потребленных водорослей.

***Подготовка животных к опыту.*** В опыте участвуют рачки одного возраста. Из общего аквариума отлавливают ситечками рачков одного возраста и отсаживают их в кристаллизаторы с отстойной водой. Далее проводится отмывка животных путем последовательных переносов в стаканчики с отстойной водой. После отмывки животных отсаживают в опытные сосуды с кормовой взвесью известной концентрации.

После окончания расчетов набираются данные, позволяющие проанализировать зависимость рациона рачков 3-х возрастных групп от концентрации корма и взаимосвязь рациона с возрастом. Строят графики зависимости рациона от концентрации корма и рациона от возраста. Для сравнительной характеристики пользуются относительным значением рациона к весу исследуемого животного. Размерность рационов, выраженная в количестве клеток водорослей, переводят в весовые единицы, пользуясь индивидуальными весами отдельных клеток водорослей.

#### **Рекомендуемая литература**

1. Ивлев В.С. Экспериментальная экология питания рыб. – М.: Пищепромиздат, 1955.
2. Монаков А.В. Питание и пищевые взаимоотношения пресноводных копепод. – М.: Наука, 1975.
3. Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. – М.: Изд. РАН, 1998.
4. Сущеня Л.М. Интенсивность питания ракообразных. – Киев: Наукова думка, 1975. – 207 с.

#### **ЗАДАЧА 4**

**Тема 4. Определение веса животных по их линейным размерам. Определение биомассы зоопланктона по номограммам.**

**Цель задачи:** научиться определять массу сырого вещества одним из косвенных методов.

**Определение массы сырого вещества.** При определении массы сырого вещества используются как косвенные методы, так и прямое взвешивание водных организмов.

Большая часть косвенных методов заключается в определении объема тела организма. При этом удельный вес сырого вещества гидробионтов обычно принимают равным единице. Большинство косвенных методов разработано для тех случаев, когда требуется определить сырую массу мелких, чаще всего планктонных организмов.

Для определения веса организмов волюмометрическим методом используются приборы разной конструкции, измеряющие объем организмов в пробе – волюменометры. При работе с волюменометром Усачева П.И. в модификации Грезе В.Н. объем рассчитывается по изменению уровня заполняющей прибор жидкости до, и после внесения в него исследуемых объектов. Волюмометрические методы дают наиболее удовлетворительные результаты при определении биомассы значительно больших проб (порядка нескольких сотен миллиграммов), так как наличие в пробах различных примесей существенно влияет на величину ошибки получаемого результата.

Часто используют соотношение между линейными размерами и массой животных, которое может быть аппроксимировано степенной функцией (Камшилов, 1958). Этот метод подробно описан в разделе «Определение продукции зоопланктона».

Иногда используют метод геометрического подобия. При этом форму тела организмов приравнивают к каким-либо простым геометрическим телам (шар, эллипс, цилиндр, конус и т.п.), измеряют необходимые для расчета параметры и по известным формулам определяют объем. Вес тела водных организмов по размерам и форме без идентификации вида можно определить по номограммам Численко Л.Л. (1968). К недостаткам описанных методов относится трудоемкость и недостаточная точность полученных результатов, особенно, когда тело имеет сложную форму.

Каждый из этих способов имеет свои источники ошибок и не может считаться абсолютно точным, но последний, при наличии соответствующих номограмм, наиболее прост и оперативен. Масса тела вычисляется по длине тела с помощью номограммы, учитывающей форму тела организма. Здесь приводятся номограммы, разработанные Л.Л. Численко (1968) для рачков подклассов *Copepoda* и *Cladocera*.

#### Ход выполнения задачи

1. Из предложенной пробы выбрать по три вида ветвистоусых и веслоногих рачков.
2. Прямым измерением нескольких особей каждого вида определить среднюю длину тела изучаемого организма.
3. Используя таблице 1 установить тип формы тела организма и соответствующее ему число.
4. В таблицах 2 (при длине тела более 0.4 мм) или 3 (при длине тела до 0.4 мм) найти линию с номером, соответствующим форме тела рачка. На ней найти точку, соответствующую длине рачка (на оси абсцисс), а на оси ординат соответствующую ей массу тела.
5. Полученные результаты записать в таблицу.

Таблица. Биомасса планктонных ракообразных в исследуемой пробе

Вид	Средняя длина тела, мм	Вес тела, мг	Биомасса в единице объема воды
1			
2			
3			

**Например,** определяется биомасса *Daphnia pulex*, средняя длина тела 1 мм. Находим по табл. 1 тип формы тела (17). В табл. 2 на прямой № 17 находим точку пересечение с вертикальной линией от длины 1 мм. Проводим от этого пересечения горизонталь к оси ординат и получаем вес тела 0,15 мг. При установлении биомассы на единицу объема воды нужно умножить численность в этом объеме на среднюю массу тела.

#### Рекомендуемая литература:

1. Камшилов М.М. Определение веса *Calanus finmarchicus* на основании измерения длины тела // ДАН СССР – 1951. – Т.76. – № 6.

2. Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон). – Л.: Наука, 1968.

## **ЗАДАЧА 5–6**

### **Тема 5-6. Определение продукции зоопланктона**

**Цель работы:** определить вторичную продукцию и P/V коэффициент лабораторной популяции ветвистоусого рачка *Daphnia magna Straus*.

Вторичная продукция или продукция популяции животных за определенное время представляет собой сумму приростов всех особей популяции, как бывших в наличии к началу рассматриваемого отрезка времени, так и рожденных за это время. При этом в продукцию включают не только особей, оставшихся в живых к концу периода, но и прирост, который в силу выедания, отмирания и других причин не вошел в конечную биомассу популяции (Thienemann, 1931).

Вторичную продукцию выражают в единицах, пропорциональных единицам массы (сырого или сухого вещества, количества органического углерода или азота и т. д.) или эквивалентных им единицах энергии, отнесенных ко времени (сутки, декада, месяц и т. д.). Продукция может быть отнесена к объему или площади.

Важной продукционной характеристикой служит P/V-коэффициент, или отношение продукции к биомассе за какой-либо промежуток времени, его величина безразмерна. Принято рассчитывать продукцию и P/V-коэффициент сначала за сутки, а затем за более продолжительные отрезки времени. Если рассчитывается суммарная продукция, то P/V-коэффициент определяется с учетом средней за этот отрезок времени биомассы. При вычислении P/V-коэффициента необходимо указывать период исследования и конкретные условия, при которых он получен.

Среди организмов зоопланктона различают моно- и полициклические виды. У моноциклических видов размножение происходит в короткие по сравнению с продолжительностью жизни периоды. Вслед за размножением у большинства таких животных наступает период индивидуального роста, во время которого поступления молодежи не происходит и численность данного одновозрастного поколения снижается. Примером таких популяций может служить *Calanus finmarchicus* (Gunner) в Баренцевом море, *Cyclops scutifer* Sars в северных озерах (Иванова, 1985). У полициклических видов размножение происходит непрерывно в течение сезона, поэтому в таких популяциях одновременно присутствуют особи всех возрастов. К полициклическим видам относятся планктонные ветвистоусые раки. Выбор метода определения вторичной продукции часто зависит от характера размножения изучаемого вида.

### **Методы расчета вторичной продукции**

**Первая** группа методов основана на классических исследованиях Бойсен-Йенсена (Boysen-Yensen, 1919). Продукция по этому методу определяется по формуле:

$$P = V_c + V_2 - V_1,$$

где  $V_c$ , – элиминированная биомасса, равная произведению численности погибших особей на их среднюю биомассу,  $V_2$  и  $V_1$  – биомасса в начале и в конце периода наблюдений. Масса элиминации определяется по уменьшению численности за этот период и средней биомассе элиминированных особей. Если наличная биомасса популяции за исследуемый период не изменяется, то продукция равна элиминации. В тех случаях, когда элиминацией можно пренебречь, продукция равна изменению наличной биомассы.

С помощью этого метода рассчитывают продукцию моноциклических видов животных. В.А. Яшнов (1940), рассчитал с его помощью продукцию *Calanus finmarchicus*.

**Вторая** группа методов базируется на данных по росту особей, их темпу размножения и возрастной структуре популяции (Иванова, 1985; Лебедева, 1964; Сушня и др., 1990). Этот способ определения продукции используется в основном для изучения продуктивности популяций полициклических видов. Он применяется в нашей задаче при определении вторичной продукции лабораторной популяции *D.magna*.

Суммарная продукция равна:

$$P = P_s + P_g,$$

где  $P_s$  – соматическая продукция,  $P_g$  – продукция за счет размножения. Соматическую составляющую суммарной продукции определяет рост животного. Связь между линейным размером и массой выражается степенным уравнением:

$$W = qL^b,$$

где  $W$  – вес животного в мг сырого вещества,  $L$  – линейный размер в мм,  $q$  – константа, равная весу при длине 1 мм. Если рост животного идет без изменения формы тела (изометрический рост), то  $b=3$ . При аллометрическом росте форма тела становится менее ( $b>3$ ) или более ( $b<3$ ) удлиненной, т.е. она меняется так, что отношение линейного размера к весу снижается или увеличивается. Рост животных изучается в лаборатории или в садках, затянутых газом и помещенных в естественные условия водоемов. Параметры уравнения для некоторых представителей зоопланктона, в том числе для ветвистоусых ракообразных, приведены в обобщающих работах (Балушкина, Винберг, 1979; Алимов, 1989).

С помощью построения графика весового роста отдельных особей можно найти величину суточного прироста для определенной возрастной стадии. Перемножая соответствующий суточный прирост на количество особей каждого возраста и, суммируя результат, можно получить величину соматической продукции популяции. Генеративная составляющая продукции равна:

$$P_g = q N F/D,$$

где  $N$  – численность размножающихся самок,  $F$  – количество яиц в одной кладке,  $q$  – вес одного яйца (мг),  $D$  – продолжительность развития яйца (в сутках).

Основные трудности при использовании данного метода связаны с определением продолжительности жизни отдельных возрастных стадий в естественных условиях.

**Третий** метод – физиологический – лежит в основе приближенного способа расчета продукции, также рассматриваемой как сумма индивидуальных приростов всех особей популяции (Винберг, 1968).

Величина среднесуточной продукции популяции может быть получена из соотношения:

$$P = NWK_2R/1-K_2.$$

где  $N$  – численность животных в популяции,  $W$  – их вес,  $R$  – величина среднесуточной скорости обмена,  $K_2$  – коэффициент использования усвоенной пищи на рост.

Коэффициент  $K_2$  был предложен В. С. Ивлевым.  $K_2 = dW/dt \cdot 1/A$ , где  $dW/dt$  – скорость весового роста,  $A$  – скорость ассимиляции пищи, которая зависит от рациона и усвояемости. Среднесуточную скорость обмена можно определить по скорости потребления кислорода. Все характеристики, связанные с продукцией, весом и обменом, должны быть выражены в общих единицах измерения, наиболее удобны калории.

Физиологический способ расчета продукции применим для тех животных, у которых рост происходит по параболическому закону. Для таких гидробионтов характерно уменьшение скорости роста со временем по причине снижения интенсивности обмена при увеличении размеров, при этом вес неограниченно возрастает.

Физиологический метод позволяет приближенно оценить продукцию популяции в тех случаях, когда невозможно определить скорость развития отдельных возрастных стадий, но известны численность, вес животных, зависимость интенсивности обмена от веса, калорийность особей и значение коэффициента  $K_2$ .

**Четвертая** группа методов основана на изучении динамики численности популяции по результатам определения скорости рождаемости. В его основе лежит принцип Эльстера (Elster, 1954), который рассматривает изменение численности популяции как результат действия противоположно направленных процессов размножения и уменьшения числа особей в результате их отмирания, потребления и т. д. В расчете фигурирует «коэффициент возобновления», представляющий собой обратную величину от продолжительности развития яиц ( $1/Dov$ ).

Произведение «коэффициента возобновления» на общее число яиц в популяции ( $Nov$ ) равно количеству яиц, отложенных за единицу времени, т. е. пополнению. Сопоставляя эту величину с фактически наблюдаемой численностью, можно определить смертность или элиминацию:

$$Ne = Nov/Dov - (Nt - No),$$



где  $N_{ov}$  – число яиц в популяции,  $D_{ov}$  – продолжительность их развития,  $N_0$  и  $N_t$  – численность популяции в начале и в конце периода наблюдения. При умножении численности элиминированных особей на их среднюю биомассу можно получить результат в весовом выражении.

Этот способ расчета позволяет оценить продукцию, не прибегая к анализу роста особей и возрастной структуры.

Радиоуглеродный метод определения вторичной продукции был предложен В.Д. Чмырем (1967).

Он основан на том, что при потреблении меченого фитопланктона зоопланктон приобретает радиоактивность, причем питание обычной и радиоактивной пищей происходит с одинаковой скоростью. Вторичная продукция определяется по следующей формуле:

$$C_z = (C_f + B) R_z / R_f,$$

где  $C_z$  и  $C_f$  – соответственно продукция зоо- и фитопланктона за время опыта,  $B$  – биомасса водорослей, имевшихся в экспериментальном сосуде к началу опыта,  $R_z$  и  $R_f$  – радиоактивность соответственно зоо- и фитопланктона, приобретенная за время экспозиции.

Недостаток этого метода заключается в том, что с его помощью можно оценивать только то количество усвоенной и использованной на рост пищи, которое остается в составе зоопланктона к концу опыта. Кроме того, достаточно сложно интерпретировать результаты, когда в состав сообщества входят не только виды, питающиеся зоопланктоном, но и хищники.

Количественный учет продукции элиминации за счет выедания можно проводить путем сопоставления рационов питающихся зоопланктоном рыб и рыбопродукции с биомассой беспозвоночных (Винберг, 1968). В этом случае рассчитанная продукция всегда будет отличаться от истинной на величину убыли за счет естественной смертности.

Одним из перспективных способов количественного изучения процессов биологического продуцирования может служить метод математического моделирования. Построенные на основе реальных данных модели позволяют рассчитывать продукцию и оптимизировать управление водными экосистемами.

### ***Характеристика объекта исследования***

Для расчета вторичной продукции в учебных целях удобнее использовать животных с коротким периодом развития и роста. К таким относятся ветвистоусые рачки, широко распространенные в пресноводных водоемах средней полосы. Кладоцеры играют важную роль в процессах самоочищения воды, нередко дают высокую продукцию, являются излюбленным кормом рыб. Дафнии часто используются в качестве тест объекта при биологическом анализе питьевых и сточных вод, потому что обладают высокой чувствительностью к неблагоприятным условиям среды, быстро реагируя изменением многих характеристик жизнедеятельности, например, скорости роста и размножения.

Для *Cladocera* характерно гомогенетическое (развитие зародыша из оплодотворенного яйца) и партеногенетическое (развитие без

оплодотворения) размножение. Основная масса продукции кладацер создается за счет партеногенеза, который наблюдается в водоемах при близких к оптимальным условиям внешней среды. Для используемой в предлагаемой задаче *Daphnia magna* Straus оптимальными являются температура 18–22°C и концентрация корма 0,7–1 млн кл./мл. Для кормления кладацер используют суспензию зеленых водорослей *Chlorella vulgaris* или *Scenedesmus quadricauda*, а также однопроцентную взвесь пекарских дрожжей. При благоприятных условиях в выводковой камере одной самки в зависимости от ее размера может находиться от 10–15 до 30–40 яиц. Длительность эмбрионального периода при  $t = 20^\circ\text{C}$  по данным большинства авторов составляет 3,2 суток (Иванова, 1985). Благодаря высокой скорости индивидуального роста молодь достигает половозрелости через 7–10 суток после выхода из яйца.

Темп роста половозрелых дафний резко снижается в репродуктивный период жизни рачков и доля генеративной продукции значительно превышает соматическую. В конце жизни количество яиц в выводковой камере самки сокращается, а за 2–3 дня до смерти формирование яиц прекращается. Продолжительность жизни животных в лабораторных условиях составляет 1–3 месяца.

#### ***Ход выполнения задачи***

#### ***Построение кривой линейного роста *D. magna* на основании промеров длины тела животных от рождения до половой зрелости***

Для получения новорожденных особей накануне эксперимента (за одни сутки) из лабораторной маточной культуры отсадить в отдельные емкости 5–6 самок с эмбрионами, находящимися на последней стадии развития (хорошо дифференцированных и имеющих глаз с черным пигментом). На каждую самку должно приходиться не менее 100 мл отстоянной водопроводной воды с добавленной кормовой взвесью.

Новорожденных рачков с помощью соединенной с резиновой грушей стеклянной трубки или специальной ложки-ситечка отсаживают отдельно по 5 штук в 4 стаканчика объемом 100 мл. Перед тем, как разместить рачков в стаканчики, измеряют длину их тела под биноклем с помощью окулярной линейки. Измерение необходимо проводить в капле воды быстро и аккуратно, ни в коем случае не травмируя животных и не допуская их обсыхания. Измерять длину тела рачков следует от самой выступающей точки головы до основания спинального отростка.

При недостаточном кормлении в маточной культуре могут появиться самки, рождающие самцов, поэтому необходимо обращать внимание на вторичные половые признаки молодки. Самцы имеют более длинные подвижные 1 антенны, на которых кроме чувствительных щетинок, свойственных обоим полам, имеется длинная щетинка - жгутик, а на эндоподите 1 пары грудных ног есть крючок, служащий для прикрепления к телу самки во время спаривания.

Промеры молоди нужно проводить ежедневно или через день до наступления половой зрелости или появления партеногенетических яиц в выводковой камере самки и заносить их в таблицу 1. Поскольку рост половозрелых особей резко замедляется и происходит от линьки к линьке, сопровождающих отрождение молоди, измерять длину тела взрослых самок следует после каждого помета.

После измерения животных необходимо пересадить в стаканы со свежей, отстоянной в течение недели водопроводной водой и добавить корм, чтобы пищевая взвесь *Chlorella vulgaris* в опытном стаканчике была 0,7-1,0 млн кл./мл или однопроцентную взвесь дрожжей. В течение опыта обязательно следует проверять концентрацию корма и фиксировать температуру воды, поскольку эти факторы оказывают решающее влияние на продуктивность популяции рачков.

По данным ежедневных промеров для каждого возраста рачков вычисляется средний линейный размер и заносится в таблицу 1. По полученным данным строится график зависимости средних линейных размеров от возраста (рис. 1).

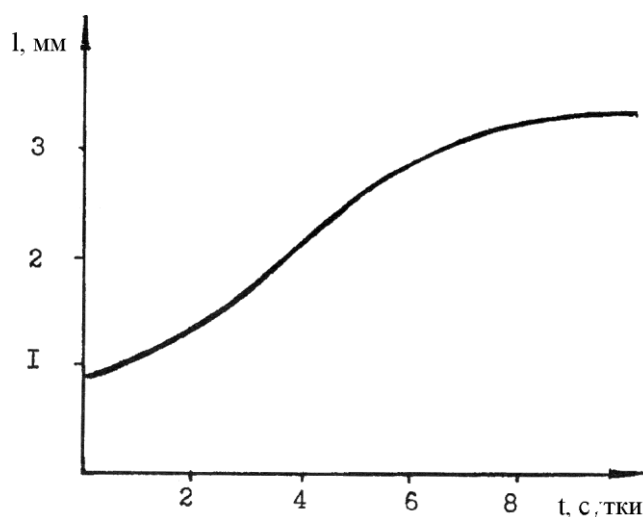


Рис.1. График линейного роста *Daphnia magna*

**Построение кривой весового роста.** Сырой вес животных нужно определить, используя соотношение между длиной и весом по формуле:

$$W = 0,13 L^{2,84} \text{ (Лебедева, Козлова, 1968).}$$

Полученные данные заносятся в таблицу 1, вычисляется средний вес рачков каждого возраста. По рассчитанным данным нужно построить график (рис.2).

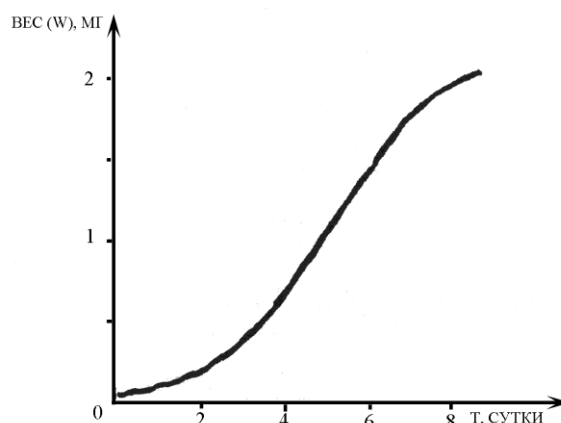


Рис.2. График весового роста *Daphnia magna*

Табл.1. Изменение длины тела и веса рачков

Возраст, сутки	Длина тела особи, мм	Средняя длина, мм	Вес особи, мг	Средний вес, мг	Суточный привес, мг
0					
1					
2					
15					

**Построение графика суточного весового прироста.** Отнимая от веса каждой последующей стадии развития дафнии вес предыдущей, следует получить значения абсолютных суточных приростов для каждого возраста рачков. На основании полученных данных построить кривую изменения суточного прироста особи в зависимости от возраста (рис. 3).

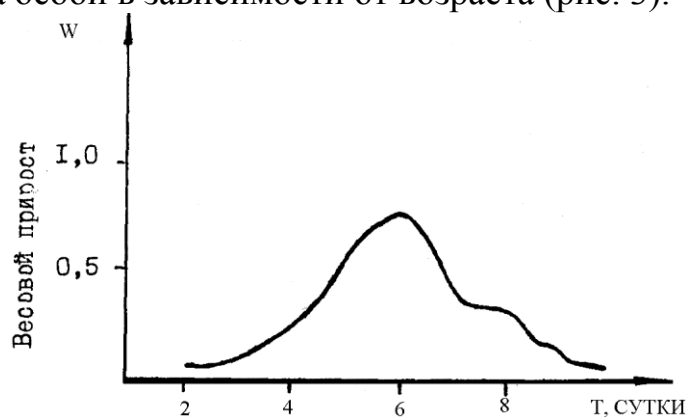


Рис.3. График изменения величины суточного весового прироста *Daphnia magna*

**Построение размерно-возрастной гистограммы лабораторной популяции.** Для того, чтобы рассчитать среднесуточную продукцию лабораторной популяции *D.magna*, необходимо получить данные по численному соотношению всех возрастных стадий. С этой целью каждый студент измеряет 100 особей взятых подряд, случайно, из лабораторной культуры рачков. Затем нужно построить гистограмму распределения

численностей возрастных стадий (рис. 4). Принадлежность к определенной возрастной группе определяется на основании размера при сопоставлении с кривой линейного роста (рис.1). На графике необходимо выделить ювенильную и репродуктивную части популяции.

При измерении половозрелых самок следует подсчитать количество эмбрионов в выводковых камерах для расчета генеративной **продукции**.

**Вычисление суммарного суточного прироста каждой возрастной группы.** Перемножая величину суточного прироста соответствующей возрастной стадии на ее численность в лабораторной популяции, можно получить значение суточной продукции особей каждого возраста. Все данные заносятся в таблицу 2.

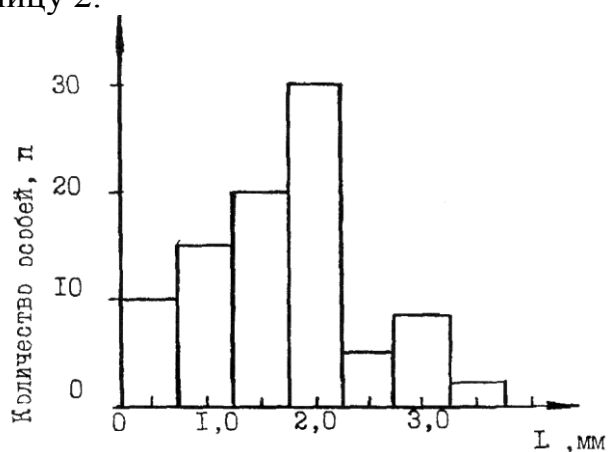


Рис. 4. Гистограмма распределения численности возрастных групп *Daphnia magna*.

**Вычисление суммарной суточной соматической продукции популяции.** Сумма всех полученных продукций рачков различного возраста даст значение суточной соматической продукции Р.

Табл. 2. Расчет продукции и биомассы популяции

Возраст, сутки	Численность, экз.	Вес особи, мг	Биомасса возрастной группы, мг	Суточный прирост, мг	Суточная продукция мг/сутки
0					
1					
2					
15					

**Определение среднего числа яиц, приходящихся на одну половозрелую самку.** Необходимо знать среднее количество яиц в одной кладке (F). Чтобы получить эту величину, нужно подсчитать число эмбрионов у каждой из 20 взятых наугад самок из лабораторной культуры, а затем вычислить среднее, используя дополнительно результаты, полученные при измерении 100 особей (пункт 4). Результат записать в таблицу 3.

**Определение продолжительности эмбрионального развития (D).** Для того, чтобы получить эту величину, необходимо отсадить в отдельные

стаканы 5 самок (по одной особи) с яйцами, находящихся на начальных стадиях развития. На этой стадии форма яйца округлая, внутри можно выделить центральное жировое пятно и зеленую грануляцию вокруг него, никаких признаков дифференциации нет. Ежедневно следует просматривать самок и регистрировать время появления на свет потомства (новорожденных рачков надо отсаживать). Средняя длительность развития яиц даст величину  $D$ , которая заносится в таблицу 3.

После каждого помета следует измерять длину тела взрослых самок для получения дополнительных результатов при построении кривой линейного роста (рис. 1). Подсчет новорожденных дафний даст дополнительные данные для расчета плодовитости.

**Вычисление суточной генеративной продукции популяции.** Численность половозрелых особей ( $N$ ) определяется с помощью гистограммы размерного состава, а вес ( $q$ ) одного яйца *Daphnia magna* принимается равным 0,1 мг (Green, 1954).

На основании всех полученных данных следует рассчитать значение суточной продукции размножения по формуле:  $P_g = q N F/D$  и внести данные в таблицу 3.

Табл. 3. Расчет суточной продукции популяции

Средняя плодовитость ( $F$ )	Средняя продолжительность эмбрионального развития, сутки ( $D$ )	Продукция за счет размножения, мг/сутки ( $P_g$ )	Суммарная суточная продукция ( $P = P_s + P_g$ ), мг/сутки	Р/В-коэффициент

**Расчет суммарной суточной продукции и Р/В-коэффициента популяции.**

Суммируя продукцию за счет роста ( $P_s$ ) и продукцию за счет размножения ( $P_g$ ), можно получить продукцию популяции за сутки:  $P = P_s + P_g$ .

Для расчета суточного Р/В-коэффициента необходимо знать величину биомассы популяции ( $B$ ). Для этого нужно перемножить значения среднего веса особей соответствующих возрастных стадий на их численности, полученные из гистограммы. Необходимо указать для каких температурных и трофических условий получен суточный Р/В- коэффициент популяции. Заполнить таблицу 3.

**Рекомендуемая литература**

1. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
2. Балущкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / Сб. Экспериментальные и полевые

исследования биологических основ продуктивности озер. – Л.: ЗИН АН СССР, 1979. – С. 59–79.

3. Винберг Г.Г. Методы определения продукции водных животных. – Минск: Высшая школа, 1968. – 248 с.

4. Иванова М.Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. – Л.: АН СССР, 1985. – 220 с.

5. Ивлев В.С. Энергетический баланс карпов // Зоол. ж. – 1939. – Т.18. – С.308–318.

6. Лебедева Л.И., Козлова Е.И. Размерно-весовая характеристика живых и фиксированных пресноводных кладоцер // Гидр. ж. – 1968. – Т. 5. – № 2. – С.73–79.

7. Сушня Л.М., Семенченко В.П., Трубецкова И.Л. Продукция планктонных ракообразных и факторы среды. – Минск: Навука, тэхніка, 1990. – 159 с.

8. Чмырь В. Д. Радиоуглеродный метод определения продукции зоопланктона в естественной популяции // ДАН СССР. – 1967. – 173. – С. 201–203.

9. Яшнов В.А. Планктическая продуктивность Северных морей СССР. – М.: МОИП, 1940. – 85 с.