
Большой практикум по вторичной продукции

Министерство образования Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
Кафедра экологии и зоологии

Большой практикум по вторичной продукции

Методические указания

Ярославль 2002

Составители: А.Д. Тирахов, В.П. Семерной, А.В. Еремейшвили.

ББК Е082.361

Т 44

Большой практикум по вторичной продукции: Метод. указания / Сост. А.Д. Тирахов, В.П. Семерной, А.В. Еремейшвили; Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 36 с.

Данные методические указания предназначены для студентов - биологов I4-го курса ЯрГУ в качестве руководства при выполнении заданий по определению продукции гидробионтов (зоопланктон и зообентос).

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ярославского государственного университета.

Рецензенты: кафедра экологии и зоологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова; доктор биол. наук, профессор М.В. Ястребов.

Табл. 11. Ил. 4.

© Ярославский государственный университет, 2002

© А.Д. Тирахов, В.П. Семерной, А.В. Еремейшвили, 2002.

Согласно рабочему учебному плану (РУП) студенты-биологи 4-го курса в VIII семестре должны пройти спецкурс “Большой практикум”, составной частью которого является освоение методов расчета продукции (вторичной) популяций водных животных организмов, представителей зоопланктона и зообентоса. Занятия проводятся в лабораториях группами по 6 – 7 человек. В распоряжении студентов имеется необходимая оптика, специальное лабораторное оборудование и инструменты.

Практикум рассчитан на 11 четырехчасовых занятий, в процессе которых выполняются три работы: первая - определение продукции *Cladocera* на примере фиксированной выборки *Polyphemus pediculus*; вторая - определение продукции экспериментальной популяции *Daphnia magna*, третья - экспериментальной популяции *Enchytraeus albidus* (горшечный червь).

Эти работы позволяют студентам подробно ознакомиться с размерно-возрастной структурой популяций представителей зоопланктона и горшечного червя. В экспериментальных условиях студенты изучают их биологию и жизненные циклы, овладевают разными методами определения вторичной продукции.

При прохождении практикума студенты пользуются рекомендуемой литературой для изучения материалов контрольных вопросов, каждую работу сдают отдельно, последнее занятие - зачетное.

Развитие теории биологической продуктивности представляет собой одну из центральных задач современной биологии, решение которой требует коллективных и организованных усилий биологов различных специальностей. Знание фундаментальных закономерностей продуктивности наземных и водных сообществ необходимо для лучшего использования биологических ресурсов природы на благо человека (Винберг, 1968).

Продукция водных организмов играет большую роль в современной гидробиологии. Чтобы определить, насколько рыба обеспечена пищей в том или другом водоеме, необходимо знать количество образующегося в ней корма, т.е. продукцию организмов, потребляемых рыбой.

Выражается продукция, как и биомасса, в весовых единицах (сырой вес, сухой вес) или в единицах энергии (калориях), относительно времени (сутки, месяц, год и т.д.). Продукция может быть рассчитана для всей экологической системы или биоценоза. Чаще всего ее рассчитывают на единицу площади (m^2 , km^2 и т.д.) или единицу объема (m^3 , km^3 и т.д.).

При определении продукции необходимо располагать сведениями по биологии вида. Надо иметь представление о распределении вида в водоеме, знать признаки отдельных стадий развития, половую и размерно-

возрастную структуру популяции, сроки и характер размножения. Детальное знание биологии вида нужно при расчетах продукции у полициклических видов.

Под продуктивностью биологических систем понимается совокупность процессов, связанных с производством органического вещества данной системы (особь, популяция, сообщество), т.е. продукция представляет собой не что иное, как прирост биомассы животных за определенный промежуток времени. Биомасса - это вес популяции животных на определенной площади биотопа, зоны или всего водоема (Константинов, 1979).

В процессе роста, развития и размножения организмов, обмена веществом и энергией их с окружающей средой происходит накопление органического вещества и энергии (прирост биомассы живых организмов). Продукция популяции зависит от ее численности и возрастного состава, а также темпа роста животных различных возрастов, плодовитости.

Поскольку продукция вычисляется или измеряется за определенный промежуток времени, принимаемый за единицу, она может рассматриваться как скорость продукции (скорость продуцирования). Иногда используют термин *удельная продукция* - продукция за единицу времени в пересчете на единицу биомассы продуцирующей биосистемы, причем расчет удельной продукции производится обязательно на единицу средней биомассы (Заика, 1983).

Отношение количества продукции за интервал времени к средней за этот период биомассе выражают коэффициентом P/V .

P/V - величина безразмерная, однако всегда необходимо указывать длину интервала времени - месяц, сезон и т.д. (Иванова, 1985).

Представление о продукции (механизме ее образования и последующей судьбе) невозможно без понимания ее места среди элементов энергетического и вещественного баланса биосистемы. Этот баланс должен изучаться преимущественно на эколого-физиологическом уровне. Баланс системы на любом уровне есть равенство между входными и выходными переменными системы, основанное на законах сохранения вещества и энергии.

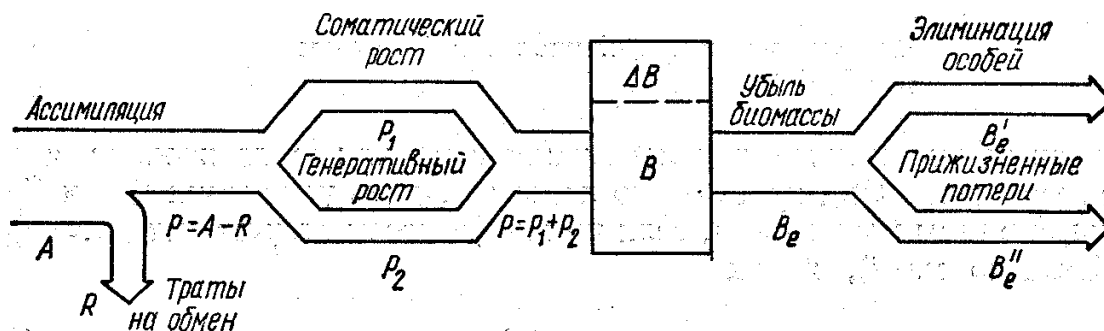


Рис. 1. Схема превращения вещества и энергии ассимилированных популяцией

Продукционные исследования последних лет можно охарактеризовать как качественно новый этап развития проблемы продуктивности животных. Если ранее во многих работах по данной проблеме производились лишь общие, ориентировочные оценки уровня продуктивности биологических систем, то теперь преобладают исследования, дающие довольно точные величины конкретных продукционных показателей (Винберг, 1968).

Существует несколько методов для определения (расчета) продукции зоопланктона (см.: Методы определения продукции водных животных, 1968; Грезе, 1973).

Первая группа методов основывается на изучении динамики популяций и их возрастного состава. Продукция при таком расчете определяется по формуле:

$P = V_e + (B_2 - B_1)$ (уравнение балансового равенства Бойсен - Йенсена 1919),

где V_e - элиминированная биомасса,

B_1 и B_2 - биомасса в начале и конце периода наблюдений.

Основные результаты и границы применения этого метода рассматриваются на примере определения продукции *Calanus finmarchinus* в работе В.А. Яшнова (1940).

Вторая группа методов базируется на сведениях по темпу размножения. При этом подходе необходимы данные по весовому росту, соотношению ювентильной и размножающейся частей популяции, по скорости размножения и возрастному составу популяции. Продукция каждого возраста определяется умножением соответствующего суточного прироста на число особей каждого возраста в пробе.

Величина среднего весового прироста для разных стадий развития может быть получена на основании изучения физиологических характеристик: коэффициентов использования энергии усвоенной пищи на рост (K_2) и трат на обмен (Т) - при параболическом росте животных прирост его определяется по формуле:

$$P = T (K_2/1-K_2).$$

Дальнейший расчет продукции популяции проводится для каждой возрастной группы отдельно, а затем суммируется.

Принято рассчитывать продукцию и P/V - коэффициент сначала за сутки, а затем за более продолжительное время. Рассматриваются границы применения этого метода, его достоинства и недостатки. Проводится сравнение интенсивности продуцирования разных видов и групп животных.

Третья группа методов основана на изучении динамики популяции по определению скорости рождаемости. По данным, характеризующим темп размножения, определяется теоретически возможная численность в конце известного периода при отсутствии элиминации. Сопоставляя эту величину с фактически рассчитываемой численностью, можно определить элиминируемую часть популяции N_e . Этот способ расчета предложен Эльстером (Elster, 1954):

$$N_e = Nov (1/Dov) - (N_t - N_0),$$

где Nov - число яиц в популяции,

Dov - продолжительность их развития,

N_0, N_t - численность популяции в начале и в конце периода.

При умножении численности элиминированных особей на их средний вес продукция получается в весовом выражении. Рассматриваются границы применения метода.

Четвертый метод - радиоуглеродный. Он широко применяется в определении первичной продукции. Его принцип был использован для определения продукции зоопланктона В.Д. Чмыр (1967).

Пятый метод основан на попытках оценить продукцию зоопланктона по величине первичной продукции, а также на основании данных по уловам рыбы.

Начиная с Бойсен - Иенсена (1919) продукция рассчитывается по уравнениям, составленным на основании данных по приросту и убыли организмов. Принималось несколько модификаций этих расчетов - графический и физиологический способы определения продукции по степенным уравнениям.

Установление продукции кладоцер возможно на основании непосредственного определения веса и его измерения на разных стадиях развития и этапах жизненного цикла. Рассмотрим эту методику на примере *Polyphemus pediculus* - одного из наиболее распространенных видов кладоцер в планктоне водоемов.

Изучению продукции кладоцер, как и других планктонных животных, посвящено большое число работ. Мы будем вести расчеты вторичной продукции *P. pediculus* по методике Л.Г. Буториной (1971).

Работа 1

Тема: Определение продукции *Cladocera* на примере *Polyphemus pediculus*.

Цель: Изучить продуктивность пресноводных животных на примере *P. pediculus*.

Задачи: 1) ознакомиться с биологией и жизненным циклом популяции *P. pediculus*;

2. ознакомиться с отдельными физиологическими группами и с темпом роста *P. pediculus*.

Для определения продукции предлагаются пробы, отобранные на Рыбинском водохранилище в июне.

Ракообразные *P. pediculus* (рис. 1) относятся к числу наиболее распространенных представителей семейства *Poliphemus* - ветвистоусых рачков, встречаются в небольших водоемах, а в озерах - среди прибрежной растительности.

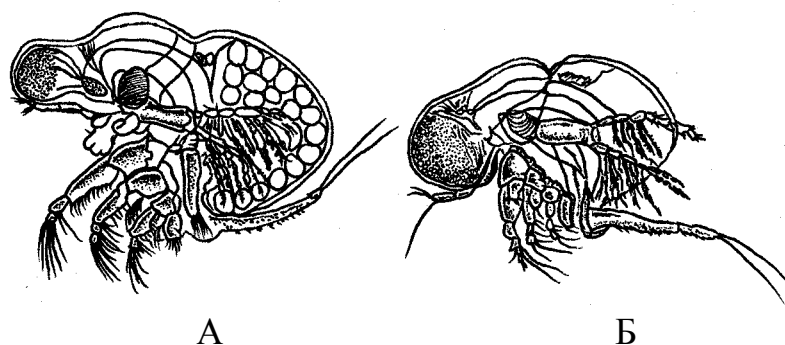


Рис. 1. *Polyphemus pediculus*: самка (А), самец (Б)

У полифем отмечается полукруглая голова с очень большим глазом на переднем конце. Голова отделена от остального тела резким перехватом. Выводковая камера прирастает к телу только по бокам. Антеннулы, прижатые к нижней поверхности головы, слиты своими основными члениками. Антенны - сильные с трехчленистыми эндоподитами и четырехчленистыми экзоподитами, вооруженными оперенными плавательными щетинками. Ноги, в числе четырех пар, скелетного типа, с одночленистыми экзоподитами, постабдомен короткий, без фуркальных когтей. Хвостовой шип - сравнительно короткий, на конце с двумя длинными хвостовыми щетинками. Полифемы - хищники, но могут потреблять также водоросли и детрит.

По данным Г.Ю. Верещагина (1912), на территории Советского Союза *P. pediculus* встречается по всему северу и средней полосе до Киевской и Сыр-Дарьинской обл. (Guerne J., Richard J., 1891), *P. pediculus* особенно многочислен в водоемах северных стран (Berg K., 1948). Полифем также встречается в горных озерах (Monard A., 1928; и др.), до 2000 – 2200 м над

уровнем моря в Альпах. Полифем имеет короткий жизненный цикл (Keilchack L., 1906), который приспособлен к короткому арктическому лету. Продолжительность цикла для одного и того же вида изменяется в зависимости от места обитания животного (Верещагин, 1912).

По мере продвижения на юг время между двумя обоеполыми поколениями увеличивается. По данным Л.Г. Буториной (1971), в окрестностях Борка и в прибрежье Рыбинского водохранилища популяции *P. pediculus* не имеют полного законченного цикла, т.е. рачки не исчезают полностью из водоемов. Их можно обнаружить в планктоне с конца апреля до начала октября.

В Рыбинском водохранилище и в окрестностях Борка (Буторина, 1971) партеногенетические самки полифема отрождают различные по составу пометы. Автором обнаружены смешанные потомства: одна самка одновременно производит и гамогенетических, и партеногенетических особей.

Таким образом, самки в прибрежном районе Рыбинского водохранилища отрождают три вида пометов.

1) партеногенетические, состоящие только из партеногенетических самок;

2) гамогенетические, или разнополые, состоящие из гамогенетических самок и самцов в любых соотношениях, или из одних самцов, или из одних самок;

3) смешанные, состоящие из партеногенетических, гамогенетических самок и самцов в любых соотношениях.

Одна и та же партеногенетическая самка может давать либо партеногенетические пометы, либо смешанные, либо гамогенетические. Самка до конца жизни производит один и тот же помет.

По данным Л.Г. Буториной (1971), размер половозрелых партеногенетических самок колеблется от 0,40 до 1,00 мм и даже изредка до 1,50 мм. Размер новорожденных партеногенетических самок изменяется в течение вегетационного периода и колеблется от 0,25 до 0,51 мм.

Размер половозрелых гамогенетических самок колеблется от 0,42 до 0,85 мм. Они рождаются более крупными, чем партеногенетические. Гамогенетическая самка копулирует несколько раз. От числа копуляций зависит количество яиц (Буторина, 1968). Откладка латентных яиц происходит один раз. При оптимальной температуре (17,0 - 21,0°) продолжительность жизни гамогенетической самки в среднем составляет 10 – 12 дней. Размер новорожденных самцов, как и самок, значительно варьирует в течение вегетационного периода (0,27 - 0,5 мм). Размеры взрослых особей в Рыбинском водохранилище составляют от 0,45 до 0,65 мм.

Основу расчетов продукции гидробионтов составляет их индивидуальный вес. При определении биомассы планктона обычно основываются на весовых характеристиках фиксированных животных. В практике прово-

дится определение сырого и сухого веса животных *P. pediculus* в течение вегетационного сезона.

Определение сырого веса производится по общепринятому методу С.Н. Уломского: полифемы помещаются на кусочек газа и взвешиваются в закрытых бюксах, после чего находят средний вес одной особи. Сухой вес получают после суточного высушивания открытых бюксов с рачками в термостате при температуре 80°.

При определении веса в размерных группах учитывается физиологическое состояние животных: для партеногенетических самок - наполнение выводковой камеры и степень развития эмбрионов, для гамогенетических - степень развития яиц в яичниках и их количество в выводковой камере. Среди молодых особей нужно выделить новорожденных и молодых самок без яиц. Среди самцов следует выделить половозрелых особей, различающихся по длине тела на 0,05 или 0,1 мм.

По данным ряда авторов, партеногенетические самки ветвистоусых одинакового размера сильно различаются между собой по весу в зависимости от стадии развития яиц и плодовитости, которая, в свою очередь, зависит от упитанности и возраста самки. Вес партеногенетической самки полифема увеличивается неравномерно в течение жизни. По мере развития и созревания эмбрионов одного помета он резко возрастает. После отрождения молоди вес самки уменьшается в 2 - 3 раза. Таким образом, партеногенетические самки одного размера в один и тот же день могут иметь различный вес в зависимости от степени наполнения их выводковых камер. В связи с тем, что самка производит несколько пометов, ее вес испытывает периодические резкие колебания на протяжении жизни. Такие изменения наблюдаются у всех полифем.

Занятие 1

Ход работы

1. Сконцентрировать объем пробы до 150 – 200 мл.
2. Отобрать штемпель-пипеткой до 5 мл (в зависимости от концентрации) пробы и перенести в камеру Богорева.
3. Просчитать пробу, учитывая физиологическое состояние рачков. Выделить следующие возрастные группы: а) новорожденные, б) неполовозрелые, в) партеногенетические самки с яйцами в яичниках, г) партеногенетические самки с развивающимися зародышами, д) партеногенетические самки со зрелыми эмбрионами (у которых пигментированы глаза), е) гамогенетические самки с латентными яйцами в яичнике и с латентными яйцами в выводковой камере, ж) самцы, делим их на две размерные группы: молодые особи и половозрелые рачки.

Подписываем бюксы (карандашом по стеклу) и убираем до следующего занятия.

4. Составить круговую диаграмму процентного соотношения численности физиологических групп в исследуемой пробе.

Занятие 2

Ход работы

1. Установить в бинокляр окуляр с линейкой. Одно маленькое деление на линейке при 8^x и 1^x объективе равно 0,1 мм.

2. Измерить длину каждого рачка данной физиологической группы (длина рачка измеряется от переднего края головы до конца брюшка без хвостового стебелька) и определить вес по таблицам 1, 7. Берется средний вес одной особи определенной размерной группы. Каждая физиологическая группа делится на размерные подгруппы. Например, рачки с размерами 0,25 - 0,30 мм составляют отдельную группу, а с размерами 0,30 - 0,35 мм - другую группу, несмотря на то, что они из одной физиологической группы.

По полученным данным составить таблицу с учетом физиологических групп.

3. С учетом длины и физиологического состояния рачка определить биомассу данной популяции в пробе, а затем перевести в 1 м³.

Составить круговую диаграмму процентного соотношения биомасс физиологических групп в исследуемой пробе.

4. Для характеристики особенностей роста рассчитать следующие показатели:

а) коэффициент увеличения веса, равный численному отношению веса старшей возрастной группы к младшей - $W_c/W_{мл}$ (Богоров, 1933);

б) коэффициент увеличения длины или размера, показывающий соотношение размеров старшей возрастной группы и младшей $L_c/L_{мл}$ (Богоров, 1933).

По значениям коэффициентов увеличения веса и размера построить график линейных кривых.

Эти коэффициенты используются для сравнения увеличения длины тела и веса тела на протяжении жизни особей. При этом сравнивается максимальная длина или вес полифемов с длиной или весом новорожденных, при котором устанавливается коэффициент линейного роста. Он позволяет установить особенности линейного прироста длины тела на определенных этапах жизни особей.

Сырой (W) и сухой (W_1) вес (мг) партеногенетических самок

[illegible]

Сырой (w) и сухой (w₁) вес (мг) партеногенетических самок

Длина %бейтм	С%врел/мля мбрийми					Отр%дившие				
	К-в% взве- шенн/. .кз.	W	W ₁	W/W ₁	%W	К-в% взве- шенн/. .кз.	W	W ₁	W/W ₁	%яW
0,25 - 0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,30 - 0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,35 - 0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40 - 0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,45 - 0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,50 - 0,55	100	0,160	0,022	7,3	13,8	50	0,080	0,011	7,3	13,8
0,55 - 0,60	100	0,170	0,023	7,4	13,5	130	0,086	0,012	7,2	14,0
0,60 - 0,65	100	0,200	0,026	7,7	13,0	140	0,100	0,013	7,7	13,0
0,65 - 0,70	220	0,250	0,032	7,8	12,8	470	0,110	0,014	7,9	12,7
0,70 - 0,75	400	0,300	0,038	7,9	12,7	80	0,120	0,016	7,5	13,3
0,75 - 0,80	370	0,350	0,047	7,5	13,4	50	0,150	0,020	7,5	13,3
0,80 - 0,85	50	0,360	0,050	7,2	14,4	70	0,190	0,024	7,9	12,6
0,85 - 0,90	50	0,400	0,056	7,1	14,0	50	0,210	0,028	7,5	13,3
0,90 - 0,95	30	0,450	0,062	7,3	13,8	70	0,220	0,029	7,6	13,2
0,95 - 1,00	50	0,540	0,073	7,4	13,4	-	-	-	-	-
1,00 - 1,05	50	0,650	0,089	7,3	13,7	50	0,250	0,035	7,71	14,0
1,05 - 1,10	30	0,725	0,100	7,3	14,1	30	0,300	0,040	7,5	13,3

Занятие 3

Ход работы

1. Определить продукцию.

Прирост тела (ростовая продукция) партеногенетических самок:

а) на основании длины и физиологического состояния определить по таблице 3 средний абсолютный прирост тела с учетом месяца взятия пробы (см. табл. 3);

б) число особей одного размера, пола, физиологического состояния умножить на среднесуточный (см. табл. 3) прирост их веса тела за этот месяц у одной особи. Таким образом получаем среднесуточный прирост веса тела неполовозрелых партеногенетических самок (по размерным группам);

в) суммируем все приросты и получаем продукцию за счет прироста тела в пробе. Ростовую, среднесуточную продукцию рассчитывать отдельно для партеногенетических самок, отдельно для самцов (табл. 4).

г) перевести этот расчет на объем концентрированной пробы (200 мл), затем на натуральный объем пробы (учитывая, что проба сконцентрирована из 100 л воды водоема) и, наконец, на 1 м³.

2. Продукция воспроизведения (рассчитать отдельно для партено- и гамогенетических самок):

а) продукция воспроизведения для партеногенетических самок: узнать вынашиваемый помёт по таблице 3, среднюю плодовитость самок в одном помёте путем подсчета яиц, либо по таблице 5. Вес одного новорожденного взять из таблицы 1, а срок развития одного помёта в соответствующем месяце - в таблице 6. Продукцию воспроизведения определить по формуле:

$$P_{\text{воспр.}} = \frac{(\text{вес 1 нов.}) \cdot \frac{1}{2} N (\text{число яиц в 1 помёте})}{(\text{срок развития 1 помёта})}$$

б) определить продукцию всех помётов:

- по размеру самки определить, какой она носит помёт (см. табл. 3),
- определить количество яиц во всех помётах и общий срок развития помётов (см. табл. 5);

в) суммировать продукцию воспроизведения для всех размеров самок и перевести на 1 м³;

г) рассчитать общую продукцию для партеногенетических самок по формуле:

$$R_{\text{общая}} = R_{\text{ростовая}} + R_{\text{воспр.}}$$

Рассчитать для концентрированной пробы и перевести на 1 м³.

3. Рассчитать Р/В коэффициент для партеногенетических самок (отношение общей продукции к биомассе), который характеризует состояние популяции. Дать ему объяснение.

4. Рассчитать продукцию гамогенетических самок:

а) продукцию роста (как и для партеногенетических самок, (см. табл. 8),
б) продукцию воспроизведения: определить среднее число яиц у гамогенетических самок путем подсчета или по размеру (см. табл. 7).

Вес одного яйца принимается равным 0,03 мг. Срок развития яйца берется из таблицы 8 по размеру самки. Например, для самки с размером 0,5 - 0,6, 0,6 - 0,65 мм, и т.д. Рассчитать продукцию по формуле:

$$P_{\text{воспр.}} = \frac{0,03 \text{ (вес одного яйца)}}{\text{(срок развития)}} \cdot \frac{1}{2} \text{ (число яиц данного размера);}$$

в) рассчитать общую продукцию для гамогенетических самок, т.е. найти сумму продукции воспроизведения и ростовую для всех размерных групп и перевести на 1 м³;

г) определить Р/В коэффициент. Дать ему объяснение.

5. Рассчитать общую продукцию для данной популяции.

Робщая = (Рроста + Рвоспр. партеног. самок) + (Рроста + Рвоспр. гамогенет. самок) + Рроста новор. особей + Рроста неполовозрелых + Рроста самцов. Получаем продукцию в пробе, затем в натуральном объеме (100 л) пробы и переводим в 1 м³.

По значениям продукций для каждой физиологической группы построить столбчатый график.

6. Рассчитать общий Р/В коэффициент. Дать ему объяснение.

7. Проанализировать численный состав физиологических групп, их продуктивность. Сделать выводы о состоянии популяции с учетом времени взятия пробы и биологии *Polyphemus pediculus*.

Таблица 3

Прирост веса (мг) партеногенетических самок в различные периоды жизни

Длина особей, мм	Период развития, дни	Вынашиваемый помет	Среднесуточный прирост						Прирост за период развития	
			сырой			сухой				
			ПЭ	Э	тела	ПЭ	Э	тела	сырой	сухой
Май - июль 0,25 - 0,45	3	Неполо- возрелые	0	0	0,018	0	0	0,0023	0,053	0,007
0,45 - 0,55	3	1	0,072	0,072	0,012	0,011	0,002	0,0015	0,104	0,0145
0,55 – 0,60	3	2	0,070	0,070	0,006	0,010	0,002	0,0008	0,096	0,0128
0,60 - 0,65	3	3	0,074	0,074	0,014	0,010	0,004	0,002	0,128	0,016
0,65 - 0,70	4	4	0,070	0,070	0,008	0,010	0,004	0,001	0,158	0,019
0,70 - 0,75	5	5	0,035	0,035	0,004	0,0055	0,0064	0,0005	0,194	0,0243
0,75 - 0,85	3 - 5	6	0,059	0,059	0,009	0,0087	0,0041	0,0012	0,108	0,0140
В среднем	-	-	0,017	0,017	0,005	0,0025	0,0014	0,0006	0,035	0,0045
За весь цикл	21	0 - 5	0,356	0,356	0,097	0,052	0,0288	0,0128	0,733	0,0936

Примечание: ПЭ - прирост веса при развивающихся зародышах;

Э - прирост веса при зрелых эмбрионах.

Прирост веса (мг) самцов в различные периоды жизни

Особи	Длина, мм	Продол- житель- ность развития, сутки	Прирост				Относительный прирост за жизненный цикл	
			абсолютный		за период развития		Вес	
			Вес		Вес			
			сырой	Сухой	сырой	сухой	сырой	сухой
Неполовозре- лые	0,35 - 0,45	3	0,0043	0,0006	0,013	0,0018	11,5	11,4
При линьке	0,50 - 0,55	2	0,017	0,0025	0,034	0,0050	30,1	31,7
При половом созревании	0,55 - 0,60	1	0,015	0,0010	0,015	0,0010	13,3	15,8
Половозрелые	0,60 - 0,65	2	0,14	0,0020	0,029	0,0040	25,7	25,3
	0,70 - 0,75	2	0,006	0,0010	0,012	0,0020	10,6	12,7
	0,80 - 0,85	3	0,003	0,0007	0,010	0,0020	8,9	12,7
За жизненный цикл	0,35 - 0,85	12	0,0099	0,0013	0,113	0,158	100	100

Таблица 5

Количество яиц (штук) в пометах партеногенетических самок

Месяц	Пометы					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Июнь	2 - 8 (6)*	4 - 14 (8)	4 - 14 (8)	4 - 14 (8-9)	6 - 11 (10)	14 - 28 (20)
Июль	4 - 9 (6-7)	4 - 14 (10)	4 - 13 (9-10)	4 - 14 (10)	4 - 18 (8)	-
Август	3 - 8 (4)	4 - 12 (6)	4 - 18 (10)	4 - 12 (7)	8 - 12 (8)	-

*В скобках приведены наиболее часто повторяющиеся значения.

Таблица 6

Продолжительность жизни партеногенетической самки, сроки появления у нее пометов и длительность их развития (дн.)

Месяц	Пометы						Продолжительность развития	
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	1-го помета	последующих пометов
Июнь	4 - 5	6 - 14	10 - 15	14 - 20	18 - 22	22 - 28	2 - 6	1 - 2
Июль	4 - 5	6 - 14	10 - 18	15 - 18	20 - 25	28 - 30	2 - 6	1 - 3
Август	6 - 13	8 - 16	18 - 20	20 - 23	20 - 23	-	2 - 6	2 - 6

Таблица 7

Сырой (w) и сухой (w_1) вес (mg) гамогенетических самок и самцов

<i>Особи и их физиологическое состояние</i>	<i>Длина, мм</i>	<i>Количество</i>		<i>Вес с латентными яйцами</i>			
		<i>взвешенных экз.</i>	<i>яиц у одной особи</i>	<i>W</i>	<i>W_1</i>	<i>W/W_1</i>	<i>$\%W$</i>
Новорожденные, молодые без яиц	0,35 - 0,40	420	0	0,019	0,0025	7,6	13,2
	0,40 - 0,45	350	0	0,030	0,0004	7,5	13,3
с яйцами в личинках	0,56 - 0,50	150	-	0,080	0,012	6,7	15,0
	0,50 - 0,55	100	-	0,084	0,013	6,7	15,4
	0,60 - 0,65	120	-	0,108	0,016	6,7	14,8
	0,65 - 0,70	155	-	0,120	0,020	6,0	16,7
	0,70 - 0,75	70	-	0,160	0,025	6,4	15,6
	0,75 - 0,80	75	-	0,252	0,040	6,3	15,9
с яйцами в выводковой камере	0,50 - 0,60	50	1	0,150	0,023	6,5	16,7
	0,60 - 0,70	110	2	0,169	0,028	6,1	16,6
	0,60 - 0,70	130	3	0,180	0,029	6,2	16,1
	0,65 - 0,75	140	4	0,190	0,030	6,3	15,8
	0,70 - 0,80	150	5	0,240	0,036	6,6	15,0
	0,70 - 0,80	40	6	0,260	0,038	6,8	14,6
	0,75 - 0,85	50	7	0,318	0,049	6,4	15,4
	0,80 - 0,85	40	8	0,362	0,056	6,4	15,5
	0,80 - 0,85	50	9	0,372	0,057	6,5	15,3

Таблица 8

Прирост веса (мг) гамогенетических самок в различные периоды жизни

Состояние	Длина, мм	Средняя продолжительность развития, сутки	Кол-во яиц	Среднесуточный прирост			
				общий		тела	
				сырой	сухой	сырой	сухой
Новорожденные, неполовозрелые	0,35 - 0,40	1	0	0,0022	0,0003	0,0022	0,0003
	0,40 - 0,45	2	0	0,006	0,0008	0,006	0,0008
	0,45 - 0,50	1	1 - 9	0,050	0,0080	0,030	0,0060
	0,50 - 0,65	3	1 - 3	0,013	0,0020	0,005	0,0012
	0,70 - 0,75	4	4 - 6	0,020	0,0032	0,006	0,0015
с латентными яйцами в яичниках	0,75 - 0,80	6	7 - 9	0,029	0,0047	0,009	0,0020
	0,50 - 0,60	6	1	0,006	0,0013	0,005	0,0010
	0,60 - 0,70	6	2	0,009	0,0016	0,007	0,0013
	0,60 - 0,70	6	3	0,011	0,0019	0,009	0,0016
	0,65 - 0,75	6	4	0,012	0,0017	0,008	0,0015
с латентными яйцами в выводковой камере	0,70 - 0,80	7	5	0,013	0,0019	0,008	0,0015
	0,70 - 0,80	7	6	0,014	0,0021	0,009	0,0017
	0,75 - 0,85	7	7	0,013	0,0021	0,010	0,0019
	0,80 - 0,85	7	8	0,014	0,0022	0,011	0,0020
	0,80 - 0,85	8	9	0,015	0,0023	0,011	0,0020

Контрольные вопросы

1. Биология и жизненный цикл *P. pediculus*.
2. Распространение и массовость.
3. Жизненный цикл популяции.
4. Биология партеногенетической самки.
5. Биология гамогенетической самки.
6. Биология самца.
7. Весовая характеристика, особенности роста.
8. Весовая характеристика и темп роста партеногенетической самки.
9. Весовая характеристика и темп роста гамогенетической самки.
10. Весовая характеристика и темп роста самца.

Литература

1. Буторина Л.Г. Об органах размножения *P. pediculus* (L.) // Тр. ИБВВ АН СССР. 1968. С. 20 - 29.
2. Буторина Л.Г. Биология и жизненный цикл *P. pediculus* // Тр. ИБВВ. Л., 1971. С. 155 - 179.
3. Буторина Л.Г., Владимирова Т.М. Биология и продуктивность пресноводных позвоночных // Тр. ИБВВ АН СССР. 1974. Вып. 25/28.
4. Винберг Г.Г. Общие закономерности роста животных // Методы определения продукции водных животных. Минск, 1968. С. 45 - 59.
5. Верещагин Г.Ю. Заметка о *Cladocera* Карского плоскогорья // Тр. гидробиол. ст. на Глубоком озере. 1913, 5.1.
6. Грезе В.Н. Вторичная продукция морей и океанов. Общая экология. Т. 1. Биологическая продуктивность водоемов. М., 1973. С. 102 - 136.
7. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. Киев: Наук. думка, 1983. 208 с.
8. Иванова М.Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. Л.: Изд-во Зоол. ин-та, 1985. 221 с.
9. Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1979.
10. Чмыр В.Д. Радиоуглеродный метод определения продукции зоопланктона в естественной популяции. ДАН СССР, 1967. 173. С. 201 - 203.
11. Яшнов В.А. Планктическая продуктивность северных морей СССР. М.: Изд-во Моск. Об-ва испыт. природы, 1940. С. 1 - 85.

Работа 2

Тема: Определение продукции зоопланктона (на примере кладоцер-фильтраторов).

Цели: 1) познакомить студентов с основными принципами и методами, которые используются при определении продукции популяции водных животных;

2) провести самостоятельное определение продукции и Р/В-коэффициента на примере культуральной популяции *Daphnia magna*.

Задачи: 1) ознакомиться с биологией и жизненным циклом популяции *D. Magna* в культуре;

2) ознакомиться с отдельными физиологическими группами и с темпом их роста;

3) привить студентам навыки содержания дафний в культуре и определения продукции культуральной популяции.

Продукция видовой популяции за определенное время рассматривается как сумма приростов всех особей, как бывших в наличии к началу изучаемого периода времени, так и вновь отрожденных, включая в величину продукции не только прирост особей, оставшихся к концу периода, но и прирост, который в силу потребления, отмирания и других причин не входит в конечную биомассу популяции (Thienemann, 1931).

Продукция популяций (Р) состоит из продукции за счет роста особей (Р_р) и продукции за счет размножения (Р_в) (продукция воспроизведения).

Вторая часть задачи (после разбора и теоретического обоснования всех методов) сводится к определению продукции кладоцер-фильтраторов на примере *Daphnia magna*.

Выбор ветвистоусых ракообразных в качестве объекта при определении величины продукции и скорости воспроизводства объясняется тем, что именно кладоцеры играют ведущую роль в самоочищении водоема и дают большую продукцию во многих континентальных водоемах. Именно ветвистоусые ракообразные быстро реагируют на изменение внешних условий, в первую очередь изменением скорости роста и размножения. Разведение, содержание и эксперименты с ветвистоусыми ракообразными сравнительно несложны.

Уместно добавить, что *Daphnia magna* является излюбленным кормом рыб и тест-объектом токсикологов.

Определение (расчет) продукции *D. magna* проводится на основании данных по темпу роста и размножения.

Для построения кривой индивидуального роста партеногенетических размножающихся самок *D. magna* достаточно проводить наблюдения от рождения до наступления половой зрелости, так как именно в этот период темп роста наиболее подвержен изменениям как по сезонам, так и под влиянием различных условий, в том числе неблагоприятных. После наступления половой зрелости и первого помета у многих клодоцер суточный прирост длины и веса резко снижается и длительное время остается практически постоянным. Кроме того, значительная часть популяций клодоцер в летнее время представлена быстро растущей молодью в возрасте 1 – 3 дней. Поэтому при ограничении времени проведения эксперимента достаточно наблюдений в течении недели, так как за этот период в лабораторных условиях (при $t = 18 - 20^{\circ}\text{C}$), так же, как и в водоемах в летнее время, самки *D. magna* приступают к размножению.

Для получения новорожденной молодежи *D. magna* накануне эксперимента следует отсадить самок с эмбрионами на последней стадии развития (с одним глазом).

У новорожденных рачков под биноклем измеряют длину тела и рассаживают в стеклянные стаканы с водой (каждый студент рассаживает 20 рачков). Измерение следует проводить в капле воды, достаточно осторожно и быстро, чтобы не травмировать подопытных животных. Затем, измерение длины тела рачков проводится ежедневно или через день до наступления половой зрелости или первого появления партеногенетических яиц в выводковой камере самок.

По вычисленным средним размерам каждый студент строит кривую линейного роста (рис. 1), а затем кривую весового роста (рис. 2). Для перевода линейных размеров в весовые используются собственные или литературные данные по соотношению длины и веса.

Для определения сырого веса (W) живых *D. magna* следует проводить расчет по формуле:

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

$$W = 0,094 \cdot L^{2,917} \text{ (Балушкина, Винберг, 1979),}$$

L - в мм,

W - в мг.

По данным весового роста вычисляются суточные приросты каждого возраста за счет роста (P_r в сут.). На основании данных по численности каждого возраста в единице объема воды по пробам планктона и суточного прироста вычисляется затем продукция за счет соматического роста (P_r).

Для определения суточной продукции за счет размножения нужны данные по среднему количеству молодежи в помете (F). Эта величина может быть получена при обработке проб планктона путем подсчета числа яиц у

20 – 30-ти взятых подряд самок данного вида (из лабораторной культуры или природной популяции). Такое определение лучше всего проводить на только что собранном материале, так как при фиксации часто эмбрионы и яйца выпадают из выводковой камеры полностью или частично.

Другой важный показатель темпа размножения - частота пометов, или длительность эмбрионального развития (D). Она определяется в эксперименте. Для этого нужно отловить и отсадить в отдельные сосуды 10 самок (по одной особи) и зарегистрировать стадию развития эмбрионов у каждой самки, лучше отлавливать самок с эмбрионами на первой стадии. Просматривать состояние самок следует ежедневно и фиксировать время появления молоди. Обычно продолжительность эмбрионального развития изменяется незначительно и составляет у многих кладоцер 2 - 3 дня (в летнее время). Измеряя длину самок до отрождения молоди и после него, в очень коротком эксперименте можно установить величину их суточного прироста и использовать ее при построении кривых линейного и весового роста (рис. 1, 2).

Знание средней плодовитости (F), длительности эмбрионального развития (D) и число (или %) размножающихся самок ($N_{\text{♀♀}}$) в единице объема воды позволяет определить суточную продукцию популяции *D. magna* (Pв) за счет размножения:

$$P_{\text{в}} = D \times q^* \times F \times N_{\text{♀♀}}$$

где q^* - вес эмбриона или яйца *D. Magna*,

D = 3 или 4,

q = 0,03.

Анализ возрастного состава популяции проводится на основании измерения длины тела и построения гистограммы размерного состава для 100 особей *D. magna*, взятых подряд из количественной пробы. Сопоставление кривой линейного роста с гистограммой размерного состава позволяет определить возрастной состав, полагая, что температурные условия и питание были сходными в эксперименте и в лабораторной культуре дафний.

Суммируя продукцию за счет роста (Pr) и продукцию за счет размножения (Pв), получаем продукцию популяции за сутки:

$$P = P_{\text{р}} + P_{\text{в}}$$

Следует отметить, что эксперименты по выращиванию молоди кладоцер можно проводить как в лаборатории, так и в условиях водоема. В полевых условиях при проведении эксперимента непосредственно в водоеме следует содержать рачков в стеклянных коленчатых садках, затянутых шелковым ситом с соответствующим размером ячеи.

Занятие 1

Материал. Для выполнения задачи по определению суточной продукции *D. magna* в условиях лаборатории нужно иметь: лабораторную культуру *D. magna*, культуру водорослей (хлореллы или сценедесмуса) и дрожжи для кормления дафний.

Оборудование. Каждый студент должен иметь бинокляр с окуляр-микрометром, глазные пипетки с диаметром входного отверстия 1 - 2 мм и 5 – 6 мм, большую пипетку с грушей, стеклянные стаканы объемом 100 - 150 мл (15 шт.), предметные стекла, стекла с лункой, тонкие препаровальные иглы, маленькие кристаллизаторы, сачки-ложки для отлова животных.

Ход работы

1. Получение новорожденной молоди.
2. Рассаживание молоди в стеклянные сосуды (4 сосуда по 5 рачков в каждом, всего 20 штук). Перед рассаживанием все рачки измеряются под бинокляром.
3. Внесение добавки дрожжей и водорослей в концентрации, указанной в следующей задаче для мезотрофных водоемов, 5 г/м³.
4. Рассаживание размножающихся самок *D. magna* в отдельные сосуды (10 стаканов по 1 самке). Измерить самок.
5. Определение средней плодовитости (F) у самок лабораторной культуры. Каждый студент подсчитывает число эмбрионов и отмечает стадию развития у 10 самок *D. magna*, а затем определяет среднюю величину (X). Провести статистическую обработку этих данных. Результаты занести в таблицу 2.
6. Измерение t°C воды в сосудах.

Занятие 2 (через 1 - 2 дня)

1. Просмотр сосудов с молодью, регистрация погибших в эксперименте. (Полезно на доске записать данные каждого студента.) Измерение t°C воды.
2. Измерение длины тела молоди, вычисление средней для данного возраста.
3. Просмотр сосудов с размножающимися самками *D. magna*. Измерение длины тела у самок, отродивших молодь, расчет суточного прироста длины по этим данным. Отродившаяся молодь удаляется из стаканов, наблюдение за самками продолжается.
4. Добавка водорослей и дрожжей во все сосуды в соответствии с концентрацией 5 мг/л.

При наличии времени и желания получить более полные данные можно повторить второе занятие несколько раз по приведенной схеме.

Занятие 3 (через 14 дней)

1. Прodelать все то, что было на втором занятии.
 2. Для анализа размерного и возрастного состава из количественной пробы (лабораторной культуры или водоема) проводится измерение 100 особей, взятых подряд. У половозрелых самок при этом подсчитывается число эмбрионов в выводковой камере.
 3. Построение каждым студентом кривой линейного и весового роста по собственным данным. Отдельно для молодежи и половозрелых самок построить графики линейного и весового роста.
 4. Расчет суточных приростов веса для всех возрастных групп *D. magna* (табл. 1).
 5. Анализ возрастного состава популяции на основании гистограммы и графика линейного роста. Подсчет численности каждого возраста.
 6. Расчет суточной ($P_{рс}$) продукции за счет роста (умножением суточного прироста на численность каждого возраста в пробе).
 7. Расчет суточной продукции за счет размножения $P_{в}$ по собственным экспериментальным данным (табл. 2).
 8. Расчет исходной биомассы по гистограмме размерного и количественного состава пробы (рис. 3).
 9. Расчет общей продукции P_o и суточного P/V -коэффициента для популяции *D. magna*.
- Провести статистическую обработку материала.

В результате обработки данных и расчетов по данной задаче каждый студент представляет следующие протоколы и графики:

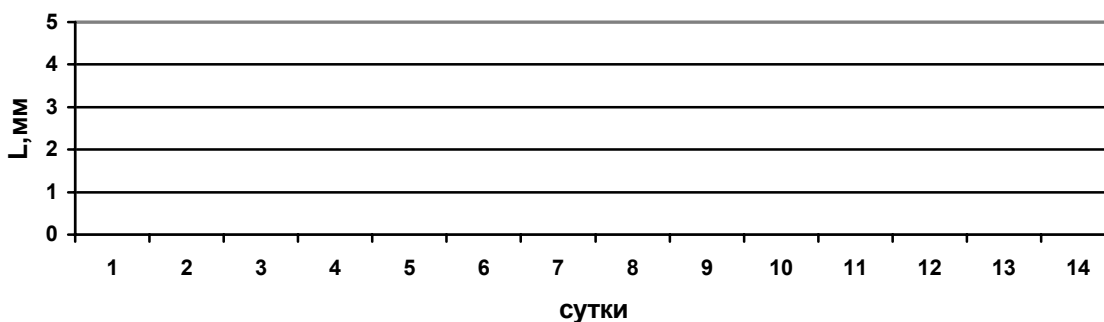


Рис. 1. График линейного роста

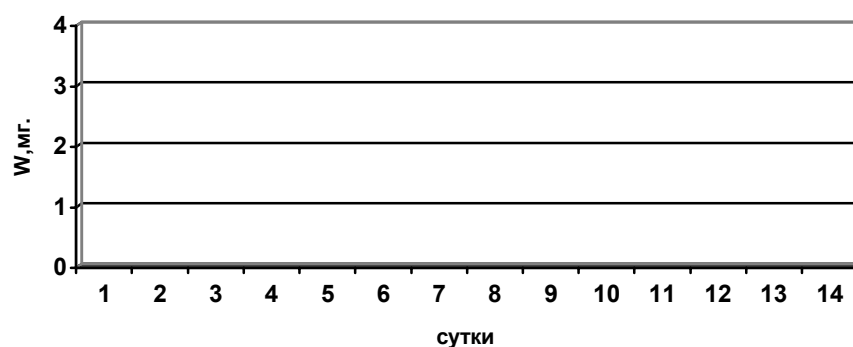


Рис. 2. График весового роста

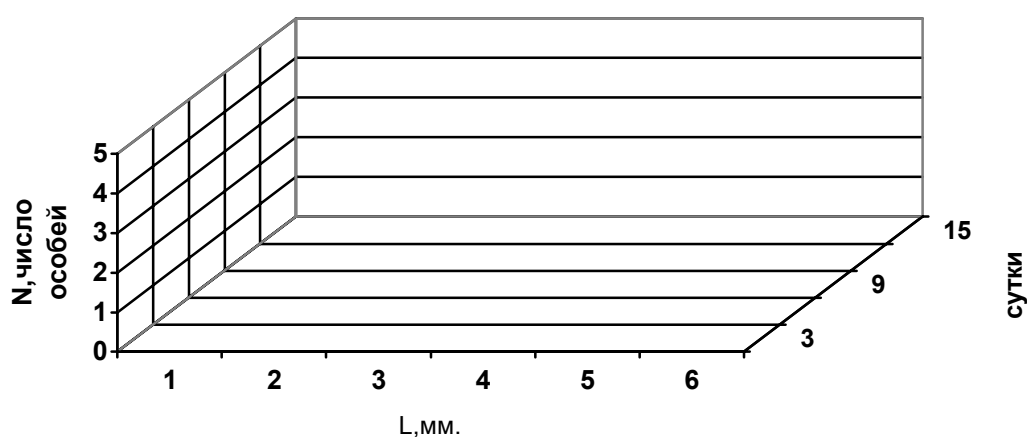


Рис. 3. Гистограмма размерного и возрастного состава

Таблица 1

Расчет суточного прироста длины и веса

Дни проведения эксперимента	Длина начальная, мм	Длина на день измерения, мм	Суточный прирост длины, мм	Суточный прирост веса тела, мг
Молодь				
1.				
2.				
3.				
и т.д.				
Размножающиеся самки				
1.				
2.				
3.				
и т.д.				

Таблица 2

Данные по размножающимся самкам

<i>Размер, мм</i>	$N_{\text{♀♀}}$	<i>Количество яиц F</i>	<i>Стадия развития эм- бриона</i>	<i>Длительность эмбрионального развития D, сутки</i>
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
Среднее				

Таблица 3

Расчет продукции и Р/В-коэффициента за сутки

<i>День проведения измерений</i>	<i>Длина (об- щая), мм</i>		<i>К-во особей N</i>		<i>Средний вес W 1 экз., мг</i>		<i>Суточный привес ΔW, мг 1 экз</i>		<i>Суточный привес (об- щий), мг ΔW $\times N$</i>	
	М	♀♀	М	♀♀	М	♀♀	М	♀♀	М	♀♀
1.										
2.										
3.										
4.										
и т.д.										

Рассчитать общую продукцию P_o с учетом P_v самок ♀♀♀♀ и биомассы элиминированных особей (B_e). Биомассу элиминированных особей определить сложно, так как иногда неизвестно, к какой физиологической или размерной группе принадлежали погибшие особи. В этом случае можно использовать средние весовые значения:

$$P_o = P_p + P_v + B_e.$$

Рассчитать Р/В коэффициенты: общий и на день проведения измерений. Сделать выводы.

Литература

1. Грезе В.Н. Вторичная продукция морей и океанов // Общая экология. Т. 1. Биологическая продуктивность водоемов. М., 1973. С. 102 - 136.
2. Заика В.Е. Удельная продукция водных беспозвоночных. Киев, 1972. С. 1 - 142.
3. Лебедева Л.И., Козлова Е.И. Размерно-весовая характеристика живых и фиксированных пресноводных кладоцер // Гидробиол. ж. 1969. Т. 5, № 2. С. 73 - 79.
4. Методы определения продукции водных животных / Под ред. Г.Г. Винберга. Минск: Высшая школа, 1968. С. 1 - 243.
5. Яшнов В.А. Планктическая продуктивность северных морей СССР. М.: Изд-во Моск. об-ва испыт. природы, 1940. С. 1 - 85.

Работа 3

Тема: Определение продукции экспериментальной популяции *Enchytraeus albidus*.

Цель: Рассчитать вторичную продукцию одного из представителей класса *Oligochaeta* - горшечного червя (*E. albidus*).

Задача: Изучить жизненный цикл *E. albidus* в лабораторных условиях.

Первые работы по технике разведения горшечного червя появились в конце 40-х годов. Черви были завезены в Россию в середине XX столетия из Западной Украины. Разведение этих червей представляет большой интерес. Во-первых, это прекрасный корм для мальков промысловых рыб и для аквариумных экзотических рыбок. Во-вторых, они являются удобным объектом для различных биологических экспериментов. Их преимущество состоит в том, что их можно иметь в лаборатории круглый год в неограниченном количестве.

Опыты выращивания молоди осетровых (Львов, 1949) и лососевых (Ивлева, 1949) показали, что данный объект является наиболее перспективным для широкого использования при массовом заводском производстве проходных рыб.

Чтобы судить о качестве *E. albidus* как кормового объекта для рыб, необходимо изучение не только биологии данного вида, но и его продукционных возможностей. Для выполнения этой работы студентам дается 16 часов (4 занятия).

Материалом для данной работы послужит культура горшечного червя, имеющаяся на кафедре.

В основу методики выполнения этой работы (исследование роста и размножения червей) будет положено выращивание небольшого количества (100 экз.) особей в маленьких порциях земли. С этой целью употребляются обыкновенные бьюксы, которые наполняются землей и определенным количеством червей. В бьюксы вносится корм небольшими порциями и прикрывается сверху землей, что предотвращает быстрое загнивание его и развитие плесени. В качестве корма дается кефир и белый хлеб, которые предварительно тщательно перемешиваются. Кормление производится один раз в 2 – 3 дня.

Характеристика вида

Тип. *Annelida*.

Кл. *Oligochaeta*.

Сем. *Enchytraeidae* (Henle, 1837).

Род. *Enchytraeus*.

Вид. *E. albidus* (Henle, 1837).

Черви этого вида имеют молочно-белый и желтоватый цвет. Длина тела 20 – 35 мм, число сегментов 46 - 65. Щетинки прямые или слегка изогнутые, в каждом пучке одинаковой длины. В 12-м сегменте щетинки отсутствуют. Полостные тельца плоские, овальные или грушевидные. Ротовой орган имеется. Заглочные пентонефридии в виде довольно длинных трубок с толстыми стенками открываются в пищевод на спинной стороне на границе его с глоткой, на 4-м сегменте.

Нефридии начинаются с 7-го сегмента. Надглоточный ганглий удлинённый. Семенные воронки сильно вытянутые. Семяпроводы очень длинные и простираются сзади до 21-го сегмента. Мужские половые отверстия находятся на 12-м сомите. Отверстия семяприемников открываются между 4-м и 5-м сомитами.

Биология. Горшечный червь - широко распространенный вид. Населяет почвы, пресные водоемы, побережья морей. Выносит соленость до 35%. Пищей *E. albidus* являются вещества растительного происхождения. В лабораторных условиях в качестве корма может употреблять картофельное пюре, различную муку, кефир с хлебом. Для поддержания оптимальных условий развития, роста и размножения червя требуется каждодневное наблюдение над влажностью и смачивание земли по мере ее высыхания.

Необходимо поддерживать температуру окружающей среды в пределах 18 - 20°. Вредит культуре плесень, появляющаяся в том случае, если корм не прикрыт землей. Иногда появляются клещи. От них можно избавиться, если предварительно землю прокалить.

Размножение и развитие. Как известно, у олигохет при наличии гермафродитизма самооплодотворение наблюдается в качестве исключения.

Обычно оплодотворение связано с процессом копуляции. При этом у *E. albidus* мужские половые отверстия, находящиеся на 12-м сомите, совпадают с отверстием семяприемников, открывающимся между 4-м и 5-м сомитами. Оплодотворение яиц происходит в коконе, который образуется из секрета слизистых клеток пояскового отдела, затем принимает в себя предварительно яйца, а затем из семяприемников - сперму. Кокон откладывается в землю или на твердый субстрат. Размер откладываемого кокона зависит от размера самого червя. Кокон мелких червей имеют длину от 0,4 до 0,8 мм. Кокон крупных червей достигают длины до 1,6 - 1,8 мм. Средний вес одного кокона 0,08 - 0,09 мг. Число яиц в коконах колеблется от 1 до 22 шт.

Продолжительность инкубационного периода составляет в среднем 12 дней. Выходящие из кокона молодые особи имеют длину 1,5 - 3,0 мм и весят в среднем 0,01 - 0,03 мг.

Критерием, устанавливающим момент полового созревания червя, является срок появления в земле первых коконов. В среднем черви становятся половозрелыми на 21-й день. С возрастом темп роста заметно снижается. Тем не менее рост не прекращается, и они достигают предельных размеров в возрасте 3, 5 - 7 месяцев (Ивлева, 1953). Предельный возраст составляет 260 дней, а средний - 200 - 220 дней. Длина червей достигает 4 см.

Расчет продукции. В данной работе для расчета продукции используется метод А.Н. Голикова (1970). Общая продукция складывается из ростовой продукции популяций и продукции воспроизведения.

Во-первых, она выражается в весовом приросте всех особей популяций за определенный срок и может быть описана формулой

$$Pg = \sum_{t-1}^n N_j (Wt^{t+1} - Wt^t) + Be,$$

где N_j - численность особей в данной размерной группе;

$Wt^{t+1} - Wt^t$ - весовой прирост особи данного размера за определенный срок;

Be - элиминированная биомасса.

Продукция воспроизведения (P_v) определяется как прирост биомассы за счет половых продуктов по формуле: $P_v = (N \cdot \frac{1}{2} W) - B_q$,

где N - численность отложенных коконов за определенное время;

W - средний вес одного кокона;

B_q - отход яиц в коконах.

Общая продукция популяции за определенный срок рассчитывается как сумма прироста тела плюс продукция воспроизведения.

Для определения скорости образования продукции необходимо рассчитать величину P/B коэффициента, который представляет собой отношение продукции к биомассе.

Занятие 1

Выборка экспериментальной популяции из культуры.

Материал: культура *Enchytraeus albidus*.

Оборудование: бинокляр, чашки Петри, препаровальные иглы, бюксы, часовые стекла, линейки, окуляр с линейкой.

Ход работы

1. Взять немного земли из кристаллизатора с культурой червя (кагорта), поместить в чашку Петри и произвести разборку червей по возрастным (размерным) группам:

- а) молодые черви, новорожденные (до 5 мм) – 25 экз.;
- б) молодые неполовозрелые особи (5 - 10 мм) - 25 экз.;
- в) половосозревающие особи, длиной 10 – 15 мм – 25 экз.;
- г) половозрелые особи с пояском (половые гонады), длиной 20 – 25 мм – 25 экз.

Выборку первой взрослой группы (новорожденных) производить под бинокляром.

2. Линейные размеры червей устанавливаются с помощью линейки. Когда черви находятся в движении, линейка прикладывается на дно чашки Петри снаружи. Убедившись в максимальном вытягивании червя, можно зафиксировать размеры, а червя отсадить в определенную физиологическую группу.

Червей отсаживать в бюкс с кормом по группам. При работе с культурой надо периодически увлажнять почву, чтобы избежать пересыхания.

3. После отбора каждой физиологической группы по 25 экз. корм с червями засыпают заранее прокаленной землей (стерильной). Умеренно увлажняют эту землю, этикетировывают бюксы, делают бумажную прокладку под крышку бюкса для вентиляции. При выполнении этой работы постоянно поддерживают оптимальные условия для нормального развития популяции (температура, влажность, корм). Бюксы ставят на хранение в лабораторный шкаф.

4. Определить средний вес одной особи из каждой физиологической группы:

- а) отобрать по 10 экз. из каждой группы;
- б) отмыть от частичек земли, затем обсушить на фильтровальной бумаге и взвесить на торсионных весах по 10 экз.;

в) определить средний вес одной особи, подсчитать биомассу (В) в каждой группе и в целом всей экспериментальной популяции:

$N^{\text{II}} S W^{\text{II}} = B^{\text{II}} \dots\dots\dots N^{\text{II}} S W^{\text{II}} = B^{\text{II}}$, т.е. $B^{\text{II}} + B^{\text{IIII}} + B^{\text{IIIIII}} + B^{\text{IIIV}} = B_1$,
 где N^{II} - количество червей в данной физиологической группе;
 W^{II} - средний вес одной особи из первой физиологической группы;
 B^{II} - биомасса первой физиологической группы;
 B_1 - начальная биомасса популяции.

Занятие 2 (через неделю)

Материал: экспериментальная популяция в бьюксе.

Оборудование: то же, что и на предыдущем занятии.

Ход работы

1. Аккуратно, не повреждая червей иголками, высыпать землю из бьюкса в чашку Петри. Выбрать червей и поместить в чистую чашку Петри.
2. Разобрать червей по тем же (см. занятие 1) размерным группам.
3. Подсчитать червей в каждой группе, суммировать численность и получить N_2 .
4. Определить элиминацию численности по формуле:

$$N_1 - N_2 = N_e.$$

5. Определить биомассу (B_2) через неделю (занятие 1, пункт 3).
6. Определить элиминацию биомассы по формуле:

$$B_e = N_e S W_e, \text{ где } W_e = \frac{W^{\text{II}} + W^{\text{IIII}} + W^{\text{IIIIII}} + W^{\text{IIIV}}}{4};$$

B_e - элиминированная биомасса;

N_e - численность элиминированных особей;

W_e - средний вес элиминированной особи.

B_e берется средний из всей популяции, так как мы не знаем, из какой или каких групп погибли черви. В случае разделения червей всех размерных групп по отдельным бьюксам мы можем определить элиминированную биомассу определенных физиологических групп.

7. Зная элиминацию биомассы, рассчитаем недельную продукцию (Р) в популяции по формуле Бойсена - Иенсена:

$$P_1 = B_e + B_2 - B_1.$$

8. Определить среднесуточную продукцию по формуле

$$P_{\text{ср.с.}} = P/7.$$

9. Определить продукцию воспроизведения, принимая биомассу половых продуктов и гонад (B_{B1}) за одну треть веса тела червя W^{IV} .

Подсчитать P_{B1} за неделю по формуле:

$$P_{B1} = B_{B2} - B_{B1}; P_{B1} = 1/3 W^{IV}_2 - 1/3 W^{IV}_1.$$

10. Перевести червей в бьюкс, как и в предыдущем занятии.

Занятие 3 (через две недели)

Материал и оборудование, как в занятии 1.

Ход работы

Пункты 1 - 4, как в занятии 2.

5. Через неделю возможно появление молоди из коконов, отложенных особями червей четвертой физиологической группы после первого занятия. В этом случае биомасса подсчитывается с учетом прибыли и убыли в популяции следующим образом:

$$Be_2 = 1/2 [N_1 - (N_3 - Ng)] (B_1/N_1 + B_3 - Bg/N_3 - Ng),$$

где Be_2 - элиминированная биомасса через неделю;

Ng - молодь в популяции через 2 недели;

Bg - биомасса молодых особей в популяции через 2 недели.

6. Подсчитать за вторую неделю без учета молоди червей первой группы так же, как и в занятии 1 (пп. 5 - 7), рассчитав по тем же группам (б, в, г).

7. Определить продукцию (P_2) за две недели с учетом новорожденной молоди (п. 5): $P_2 = Be_2 + B_3 - B_1$.

8. Перенести червей в бьюкс, как в занятии 1 (п. 4, 5).

Занятие 4 (через три недели)

Проводится по типу занятия 3 с учетом того, что не у всех студентов экспериментальная популяция дала потомство за 2 недели.

Ход работы

1. Расчет продукции за третью неделю (P_3) проводится аналогично п. 6 занятия 3 с учетом червей начальной популяции (группы в, г).

2. В случае появления молоди (новорожденных во вторую и третью недели) расчет продукции нужно делать с учетом Be_3 между популяциями за

2 и 3 недели), т.е. необходимо определить P_3 уже с учетом первой и второй партии прибывшей молодежи.

3. Расчет P_3 за три недели провести с учетом всей молодежи, появившейся в популяции за три недели, считая B_e с учетом N_3 и B_3 .

4. Занятие закончить оформлением и представлением результатов по всей работе.

5. Построить графики весового и линейного прироста, полученные данные свести в таблицу.

6. Червей из бюксов перевести в культуру, вымыть бюксы и собрать все оборудование.

Контрольные вопросы

1. Характеристика вида.
2. Биология вида.
3. Размножение и развитие вида.
4. Рост и продолжительность жизни.
5. Расчет продукции по методу А.Н. Голикова.

Литература

1. Алпетов В.В. Горшечный червь // Природа. 1950. № 10. С. 15 - 25.
2. Биологическая продуктивность северных озер. 1975. 2.
3. Винберг Г.Г. Методы определения продуктивности водных животных. Минск, 1968. 275 с.
4. Голиков А.Б. Метод определения продукционных свойств популяций по размерной структуре и численности // Докл. АН СССР, 1970. Т. 193, 3. С. 10 - 15.
5. Ивлева И.В. Влияние температуры и влажности на распределение энхитрей // Тр. Латвийского отд. ВНИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. 1953. Вып. 1. С. 204 - 212.
6. Ивлева И.В. Рост и размножение горшечного червя // Зоологический журнал. 1953. Т. 32, вып. 3. С. 394 - 404.
7. Ивлева И.В. Влияние питания на интенсивность размножения энхитреид // Тр. Латвийского отд. ВНИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. 1953. Вып. 1. С. 204 - 212.

Содержание

<u>РАБОТА 1</u>	7
<u>ЗАНЯТИЕ 1</u>	9
<u>ЗАНЯТИЕ 2</u>	10
<u>ЗАНЯТИЕ 3</u>	13
<u>РАБОТА 2</u>	21
<u>ЗАНЯТИЕ 1</u>	24
<u>ЗАНЯТИЕ 2 (ЧЕРЕЗ 1 - 2 ДНЯ)</u>	24
<u>ЗАНЯТИЕ 3 (ЧЕРЕЗ 14 ДНЕЙ)</u>	25
<u>РАБОТА 3</u>	28
<u>ЗАНЯТИЕ 1</u>	31
<u>ЗАНЯТИЕ 2 (ЧЕРЕЗ НЕДЕЛЮ)</u>	32
<u>ЗАНЯТИЕ 3 (ЧЕРЕЗ ДВЕ НЕДЕЛИ)</u>	33
<u>ЗАНЯТИЕ 4 (ЧЕРЕЗ ТРИ НЕДЕЛИ)</u>	33

Большой практикум по вторичной продукции

Составители: **Тирахов** Алексей Донатович
Семерной Виктор Петрович
Еремейшвили Автандил Владимирович

Редактор, корректор А.А. Антонова
Компьютерная верстка И.Н. Ивановой

Подписано в печать 17.06.2002. Формат 60х84/16.
Бумага тип. Усл. печ. л. 2,1. Уч.-изд. л. 1,3.
Тираж 100 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен
в редакционно-издательском отделе ЯрГУ.

Отпечатано на ризографе.

Ярославский государственный университет.
150000 Ярославль, ул. Советская, 14.