

В. И. ЖАДИН

Методы
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ

Проф. В. И. ЖАДИН

МЕТОДЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

*Допущено
Министерством высшего и среднего специального
образования СССР в качестве учебного пособия
для государственных университетов*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»

Москва — 1960

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие ставит своей целью помочь студентам биологических и биолого-почвенных факультетов университетов, а также начинающим научным работникам — гидробиологам, океанологам и лимнологам — в их самостоятельной работе по гидробиологическому исследованию морей и пресных вод.

В основу книги положен курс, читавшийся в Ленинградском государственном университете им. А. А. Жданова. Известную пользу при составлении пособия оказал и личный опыт автора по многолетней работе в области гидробиологии. Широко привлечены также литературные источники.

Книга построена по следующему плану. Во введении дается определение гидробиологии как науки, излагаются задачи гидробиологического исследования во всех областях народного хозяйства и указываются подходы к решению различных гидробиологических проблем. Вторая и третья главы посвящены методам изучения жизни на дне водоемов (бентоса), четвертая и пятая — методам изучения жизни в толще воды (планктона). Шестая глава разбирает методы биологического анализа жизненных циклов всех категорий водных организмов, кроме рыб, изучению которых посвящена большая специальная литература. Седьмая глава, в известной степени, результирует методы гидробиологического исследования применительно к задачам рыбного хозяйства и промысла. Восьмая глава говорит об экспериментальных методах, применяемых при работах на водоемах, а девятая — о таких же методах применительно к лабораторным условиям. В этих главах значительное внимание уделяется радиоактивным изотопам, использование которых при гидробиологических работах открывает новые широкие перспективы.

Каждая глава сопровождается списком литературы, который, не претендуя на полноту, может помочь читателю в его самостоятельной исследовательской деятельности. В тексте книги приведенные литературные источники не цитируются.

Автор в процессе работы над книгой получал советы и указания от ряда своих коллег. Доцент Ленинградского университета З. И. Кобякова предоставила в распоряжение автора описания методов сбора и обработки материалов по морскому бентосу и планктону. Г. Г. Винберг, К. А. Бродский, Л. А. Зенкевич, А. Е. Крисс, Б. С. Кузин, А. С. Трошин, П. И. Усачев и другие помогли автору советами, указаниями, предоставлением фотографий и пр. Всем перечисленным лицам автор выражает искреннюю признательность.

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

ЗАДАЧИ ГИДРОБИОЛОГИИ

Гидробиология представляет собою комплексную биологическую науку, изучающую водные организмы — бактерии, растения, беспозвоночных и позвоночных животных — в единстве с условиями их существования. Предметом исследования гидробиологов являются не только отдельные особи водных организмов или отдельные виды, но и группировки водных организмов, биоценозы, и все население водоема в целом — биом. Гидробиология изучает биологическую продуктивность водоемов на основе исследования продуктивности водных организмов и разрабатывает методы активного управления процессами биологического продуцирования водоемов.

Как теоретическая наука гидробиология изучает вопросы приспособления (адаптации) водных организмов и их группировок к жизни в условиях определенных водоемов, при более или менее значительном колебании солености, температуры, прозрачности воды, на тех или иных грунтах, при больших сезонных и вековых колебаниях факторов среды. В теоретическом разрезе решаются некоторые аспекты проблемы биологической продуктивности водоемов и накопления водными организмами различных редких, рассеянных и загрязняющих водоемы веществ.

В то же самое время гидробиология имеет громадное практическое применение. Гидробиологические исследования представляют собою обязательный элемент при всех работах по рыбохозяйственному освоению и использованию водоемов — как морских, так и континентальных. Гидробиология активно участвует в решении вопросов использования водоемов для целей водоснабжения, в контроле над качеством воды, в выработке мер охраны водоемов от загрязнения, в разработке способов очистки сточных и питьевых вод. Большой областью гидробиологических

исследований является охрана гидротехнических сооружений от повреждений их обитателями водоемов, борьба с обрастанием подводных частей судов, разработка мер предохранения металла и бетона от коррозии. Важное значение имеют гидробиологические исследования при решении ряда медицинских и ветеринарных проблем, связанных с передачей различного рода заболеваний через воду и водные организмы. В последнее время повышается роль гидробиологии в отношении поливного земледелия.

Разберем несколько подробнее области практического приложения гидробиологии и наметим методические пути гидробиологических исследований при решении различных задач теоретического и прикладного значения.

Здесь следует заметить, что задачи и методы специальных исследований над рыбами и водными млекопитающими в нашей книге не описываются, хотя мы и считаем всех позвоночных, обитающих в водоемах, объектами гидробиологического изучения. При ограниченном объеме книги мы могли бы уделить рыбам и млекопитающим весьма мало места, что не соответствовало бы большому практическому значению этих групп водных обитателей и не отражало бы громадной методической литературы (особенно касающейся рыб).

Однако в главах 7—9 мы даем описание методов изучения питания рыб, выедания рыбами планктона и бентоса, а также описание простейших приемов изучения газообмена и осморегуляции у рыб.

Вопросы освоения рыбных и нерыбных ресурсов водоемов (рыбохозяйственная гидробиология)

При громадном размере океанологических и лимнологических исследований, которые ведутся в настоящее время научными учреждениями Советского Союза почти во всех частях земного шара (от Северного полюса до Антарктики — в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах), должное внимание уделяется изучению и учету водных биологических ресурсов — рыб, млекопитающих, промысловых беспозвоночных, высших водных растений и водорослей, а также полезных донных отложений водоемов.

На океанах и морях гидробиологические исследования ведутся в комплексе с другими океанологическими работами, одновременно с гидрофизическими и гидрохимическими наблюдениями. Если исследования ведутся экспедиционным путем с кораблей или ботов, то в программу работ должны входить изучение вопросов фотосинтеза в водной толще, сборы фито- и зоопланктона качественными и количественными методами, сборы фито- и зообентоса с помощью тралов, драг и дночерпателей. Экспе-

дициями изучаются миграции планктонных организмов в светлое и темное время суток, перемещения рыб в связи с миграцией животных, служащих им пищей; собираются материалы по питанию рыб.

Сопоставление материалов гидробиологического исследования с данными промысловой разведки и результатами гидрологических работ приводит к установлению закономерностей распределения рыб и других промысловых организмов. Все эти материалы ложатся в основу составления рыбопоисковых карт и других промысловых документов.

В тех случаях, когда на изучаемом море имеется биологическая станция, программы гидробиологических исследований значительно расширяются и углубляются. Каждый из вопросов, который ставится при экспедиционном исследовании, в условиях биологической станции решается в круглогодичном аспекте; кроме того, биологические станции обеспечивают возможность эксперимента как в природе, так и в лаборатории.

На биологических станциях изучаются циклы жизни водных растений и беспозвоночных, сезонные изменения в питании рыб и других позвоночных, биология массовых видов планктона и бентоса. Здесь же ведутся физиологические исследования, широко применяются радиоактивные изотопы. Весьма плодотворной формой гидробиологических работ на биологических станциях следует считать фенологические наблюдения, проводимые на эколого-физиологической основе. При такого рода исследованиях производятся наблюдения над изменением состава планктона и бентоса при одновременном периодическом анализе возрастного состава популяции, физиологического состояния организмов, отмечается наличие и количество изучаемых беспозвоночных в кишечниках рыб.

Изучение рыб, промысловых беспозвоночных и растений не должно оканчиваться на стадии констатации тех или иных запасов на изучавшемся участке моря; в тех случаях, когда эксплуатируемый промыслом вид начинает резко уменьшаться в количестве, необходимо разработать методы его расширенного воспроизводства (искусственное разведение или вселение в данный район новых количеств особей этого вида из других районов моря; акклиматизация новых объектов промысла или организмов, являющихся для них кормовыми; введение ограничений вылова промыслового вида и т. п.).

Примерно по той же схеме организуются гидробиологические исследования и при рыбохозяйственном освоении континентальных водоемов — озер, рек и водохранилищ. Здесь также изучаются фотосинтез, фито- и зоопланктон, растительность и водная фауна, питание, распространение и миграции рыб, ведутся те же фенологические наблюдения, производятся эколого-физиологические исследования животных и растений. Экспедиционные исследования сочетаются со стационарными наблюдениями.

Предпринимаются шаги к поддержанию промысловых богатств водоемов на высоком уровне — путем мелиорации водоема, охраны его от загрязнения, вселения в него промысловых и кормовых объектов, составления и проведения в жизнь правил рыболовства.

В тех случаях, когда предметом гидробиологических исследований на морях или пресных водах являются промысловые беспозвоночные или растения (в море — различные ракообразные, моллюски, иглокожие, водоросли; в пресных водах — речные раки, двустворчатые моллюски, тростник, рогоз, нитчатые водоросли), главное внимание обращается на выявление их запасов, биологии и темпов воспроизводства в связи с условиями их обитания и характером промысла.

Своеобразные и весьма ответственные задачи встают перед гидробиологией при решении вопросов поддержания запасов проходных и полупроходных рыб, особенно в условиях гидротехнического строительства на реках.

Как известно, проходными называются те рыбы, которые размножаются и живут в разных солевых условиях (в море и пресных водах) и совершают для этого многокилометровые переходы из мест своего рождения на места откармливания и роста, а затем обратно — из районов нагула к местам размножения.

Для подавляющего большинства проходных рыб (осетровых, лососевых, миног, сельдевых, карповых) характерно размножение в пресных водах рек и частично озер, а нагул — в соленых водах морей и океанов. Лишь одна из наших проходных рыб — угорь — имеет противоположную ориентацию: размножается в море, а откармливается в пресной воде (преимущественно в озерах).

Сооружение плотин на реках в большинстве случаев влечет за собой потерю проходными рыбами мест для естественного размножения. Для того чтобы в какой-то степени смягчить неблагоприятное воздействие плотин на проходных рыб, принимается строительство рыбоходов (на тех реках, где выше плотин сохранились нерестилища) или питомников, рыбоводных заводов и искусственных нерестилиц (там, где естественные места нереста покрылись водой водохранилищ).

Гидробиологические исследования производятся во всех районах обитания проходных рыб — как в условиях моря, так и в пресной воде. Изучаются пища и осморегуляция рыб, условия и импульсы, вызывающие миграции рыб, физико-химические и биологические условия на естественных и искусственных нерестилищах.

При постройке рыбопитомников и рыбоводных заводов на гидробиологов падает ответственная работа по организации выращивания живых кормов, по разработке принципов удобрения прудов, в которых выращивается молодь проходных рыб, по изу-

чению обмена веществ у личинок и мальков рыб в условиях бассейнового и прудового содержания.

Заключительной частью гидробиологических исследований, связанных с искусственным воспроизводством запасов проходных рыб, является изучение ската их молоди в море, причем применяются различные способы меченья, до радиоактивных изотопов включительно.

Полупроходными называют тех рыб, которые также живут в различных условиях солености, но совершают сравнительно небольшие миграции с мест кормежки и нагула, находящихся в опресненных частях морей близ устьев рек, на места нереста, расположенные обычно в полоях речных дельт. На реках с незарегулированным режимом такого рода миграции не встречаются обычно препятствий. Лишь в годы с низким весенним половодьем вход рыб в пойменные водоемы местами бывает затруднен. После же того как река перегораживается плотиной или рядом плотин, полупроходные рыбы (к которым в Европейской части СССР принадлежат обитающие в низовьях рек судак, сазан, лещ, вобла и тарань) начинают жить в совершенно изменившихся условиях. Вследствие уменьшающегося количества пресной воды морские солоноватоводные пространства и кормовые условия в них ухудшаются, весенние паводки несут в дельту значительно меньше воды, само половодье наступает по срокам позднее, доступ рыбы к поймам или совершенно прекращается, или наступает только тогда, когда рыба уже потеряла стимул к размножению.

Для смягчения отрицательного воздействия изменяющегося гидрологического режима принимаются различные рыбохозяйственные меры: производители полупроходных рыб вылавливаются и перебрасываются в поймы, организуются нерестово-выростные хозяйства.

Гидробиологические исследования по полупроходным рыбам производятся как в море, так и в дельте реки; изучается экология рыб, планктонных и донных растений и животных, осморегуляция рыб на разных стадиях развития и донных беспозвоночных, подыскиваются такие виды животных, которые по своим осморегуляторным особенностям могут существовать в изменяющихся условиях моря и дельты, организуются широкие исследования биологического и биогенного стока реки (т. е. количества организмов бактерио-, фито- и зоопланктона, всплывшего со дна бентоса, триптона и биогенных веществ, которое река несет в течение года).

В прудах нерестово-выростных хозяйств изучаются планктон и бентос, составляющие кормовую базу для полупроходных рыб и их потомства, разрабатываются меры предупреждения зарастания прудов водно-болотной растительностью. Ставятся опыты удобрения прудов минеральными и растительными удобрениями и по борьбе с малярийным комаром. Скаты молоди полупроход-

ных рыб в море изучается с применением радиоактивных изотопов фосфора и кальция.

Поскольку количество проходных и полупроходных рыб, несмотря на широкие рыбохозяйственные мероприятия, из года в год уменьшается, необходимо стараться возможно лучше организовать рыбное хозяйство на водохранилищах. Во многие водохранилища в момент их возникновения завозится большое количество рыб-производителей (сазана, леща, судака). Принимаются меры по усилению и улучшению кормовой базы в водохранилищах — из дельтовых и лиманных участков рек в водохранилища перебрасываются десятки и сотни тысяч мизид и других ракообразных. Делаются предложения о перевозке в водохранилища некоторых моллюсков и червей.

Гидробиологические исследования начинаются еще в момент проектирования гидротехнического строительства; обследуется река и водоемы ее поймы; изучается планктон и бентос на разных участках с различным скоростным режимом, в разнохарактерных пойменных водоемах; подсчитывается биологический и биогенный сток за разные сезоны и за год целиком; собираются материалы по размножению и питанию рыб.

На основе полученных данных с применением метода аналогии (с другими водохранилищами) составляется прогноз гидробиологического режима, возникающего на реке водохранилища. Этот прогноз в свою очередь используется для проектирования мероприятий по рыбохозяйственному использованию водохранилища.

Гидробиологические исследования продолжают и тотчас же после сооружения плотины. Изучается процесс становления нового водоема: превращение затопленных почв в дно водохранилища, судьба фауны и флоры реки и пойменных водоемов, развитие планктона и бентоса, формирование ихтиофауны, питание и размножение рыб в новых условиях. Особое внимание обращается на осушную зону водохранилищ, подбирается ассортимент влаголюбивых и водных растений, которые, с одной стороны, благоприятствовали бы размножению рыб, а с другой, — компенсировали бы в какой-то степени уменьшение луговых фондов как кормовой базы для животноводства.

Прудовое хозяйство для нормальной работы и точного планирования также требует постоянного гидробиологического исследования и контроля. Гидробиологические работы обязательны как на вновь сооружаемых прудах, так и во все время эксплуатации, когда применяются удобрения и другие интенсификационные мероприятия. Гидробиологу принадлежит решающее слово и в тот момент, когда пруд следует вывести из использования и поставить на летование.

Обычно при гидробиологических исследованиях на прудах должно производиться определение интенсивности фотосинтеза (с применением кислородного и изотопного методов), изучение

качественного состава и количественной динамики фито- и зоопланктона и бентоса, определение сроков и интенсивности вылета из пруда насекомых (особенно тендипедид) и развития хищных и конкурентных для рыб беспозвоночных и позвоночных, исследование питания рыб.

Совершенно необходимо проведение микробиологических исследований: изучение динамики бактериопланктона и определение содержания в воде и грунте различных биологических групп бактерий (нитрифицирующих, денитрифицирующих, азотусвояющих и др.).

Если на прудах применяются искусственные удобрения (минеральные, органические или комплексные), гидробиологическое исследование начинается с опытов по гидробиологической производительности (см. стр. 159), которыми определяется недостаток в воде пруда тех или других питательных для водорослей веществ. После внесения удобрения ведутся сначала ежедневные, а затем более редкие наблюдения над потреблением водными организмами (бактериями, водорослями) внесенных питательных веществ, над разложением органических удобрений, над развитием планктона и бентоса, над питанием рыб. Специальное внимание уделяется вопросу взаимодействия между водой и грунтом пруда — изучается адсорбция грунтом тех или других частей удобрения, обратная отдача удобрения в воду («последствие» удобрения). Эта работа с успехом выполняется путем применения радиоактивных изотопов фосфора и кальция.

Сравнительно недавно возникшей отраслью гидробиологического исследования стала проблема разведения протококковых водорослей (преимущественно разных видов хлорелл) для целей рыбного хозяйства и как источника пищевого и промышленного сырья. В настоящее время в разных странах — СССР, США, Японии, Израиле — сооружаются установки для получения водорослей в производственном масштабе, на которых удается выращивать свыше 10 г водорослей (в сухом весе) на 1 м² в сутки, что при перерасчете составляет более 100 кг/га. Исследовательские работы состоят здесь в отыскании новых видов водорослей, пригодных для разведения, выведения новых форм наиболее выгодных в отношении химического и витаминного состава, разработке химических, световых и температурных режимов, максимально благоприятных для роста и развития водорослей, в изыскании наилучших способов снабжения культур водорослей углекислотой.

Важным исследовательским моментом следует считать изучение роли биоценологических отношений в выращиваемых культурах — между отдельными видами водорослей, между водорослями и беспозвоночными животными, водорослями, бактериями и вирусами.

Из технических задач гидробиологического исследования в

этой его отрасли можно отметить изыскание способов снятия урожая водорослей и использование сточных вод бытовых канализаций в качестве питательной среды для водорослей.

Вопросы водоснабжения, охраны водоемов от загрязнения, очистки сточных и питьевых вод (санитарная гидробиология)

При важнейших для всего народного хозяйства работах по водоснабжению населения, промышленности и сельского хозяйства гидробиологические исследования занимают видное место. Еще большее значение гидробиологические исследования имеют при решении злободневной проблемы международного масштаба — охраны водоемов от загрязнения и разработки методов очистки промышленных и городских сточных вод.

Источниками водоснабжения служат в значительной степени поверхностные воды (реки, озера, водохранилища), и на изучении их концентрируется внимание гидробиологов. Изучение каждой реки, озера или водохранилища имеет свои особенности, которые учитываются в программе исследования. Общим принципом является периодичность гидробиологических наблюдений: планктон изучается примерно 1 раз в декаду, фито- и зообентос 1—2 раза в месяц — все это в течение круглого года. Количество точек для периодических наблюдений определяется в зависимости от особенностей водоема.

В реках гидробиологические наблюдения ведутся большей частью на одном или нескольких закрепленных створах (одновременно с гидрометрическими работами), причем учитывается возможное влияние со стороны впадающих в реку притоков и неоднородность потока в связи с поступающими в реку сточными водами.

Помимо работы на створах, 1—2 раза в год производится экспедиционное изучение реки, при котором выявляются источники загрязнения реки и картируется район предполагаемого или используемого в целях водоснабжения участка.

В озерах особое внимание обращается на вертикальное распределение планктона, на подвижность донных иловых отложений в связи с ветрами, на цветение воды различными водорослями, на развитие и отмирание зарослей высших водных растений.

В водохранилищах при санитарно-биологических исследованиях вопрос цветения воды становится главным, и гидробиологические работы направляются в сторону изучения периодичности массового развития планктонных водорослей, глубины проникновения их в толщу воды, разработки методов борьбы с цветением, усиления очистного эффекта водохранилищ и совершенствования методики краткосрочных прогнозов цветения воды.

Гидробиологические исследования при изучении источников водоснабжения производятся в тесном контакте с микробиологическими и гидрохимическими работами, а заключения о пригодности воды для целей питьевого и технического водоснабжения и о выборе места водозабора делаются по совокупности всех исследовательских материалов с учетом санитарного описания местности.

Если сильное загрязнение воды бросается в глаза любому человеку, то небольшое загрязнение часто остается незамеченным, хотя оно может или уже успело оказать свое вредное влияние как на качество воды, так и на физиологию водных организмов. Гидробиологическое исследование в таких случаях представляет собою весьма тонкий метод, который позволяет вскрыть загрязнение любой интенсивности даже в том случае, когда водоем загрязняется спорадически. Под влиянием загрязнения органическими веществами (например, отходами бумажной и целлюлозной промышленности) в водоеме складывается биологическая картина, соответствующая степени загрязнения: различают зону практически чистой воды, или олигосапробную, и умеренного и сильного загрязнения — мезосапробную и полисапробную.

Для каждой из этих зон известны показатели загрязнения — отдельные сапробные виды в массовом количестве или группы сапробных организмов (биоценозы) с характерными для них показателями численности.

При гидробиологическом исследовании загрязнений в реках особое внимание обращается на те группы организмов, которые ведут прикрепленный или малоподвижный образ жизни, т. е. на перифитон (обрастания подводных предметов) и бентос; в озерах и волохранилищах, подвергающихся загрязнению, или в реках, загрязненных на большом протяжении, показателями сапробности могут быть также и планктонные организмы. С помощью гидробиологического исследования можно определить и очаги так называемого вторичного загрязнения водоема, т. е. те его районы и участки, которые не подвергаются непосредственному воздействию сточных жидкостей, но где откладываются и гниют организмы (грибы, колониальные бактерии, некоторые водоросли), развившиеся под влиянием загрязнений в вышерасположенных участках реки и перенесенные затем течением вниз по реке.

Что касается загрязнения водоемов неорганическими веществами, то такой стройной системы самоочистительной деятельности воды и водных организмов пока еще не установлено. Здесь вода, в отношении загрязняющих веществ, выступает как разбавитель и разносчик, а водные организмы — как накопители. Последние играют решающую роль в процессах освобождения водоема от минеральных загрязнений, переводя их в конечном счете в донные отложения.

В настоящее время можно предложить лишь приблизительную схему самоочистительной работы водоема в отношении неорганических загрязнений. В местах поступления загрязнения в водоеме создается зона полиаккумуляции загрязняющих веществ при сравнительно малом накоплении их в водных организмах (причина этого — в токсическом действии больших концентраций загрязнений на большинство представителей водной фауны и флоры). По мере разбавления загрязнений возникают зоны мезо- и олигоаккумуляции, в которых большая часть загрязняющих веществ концентрируется в водных организмах и на дне. Из этих зон организмы-накопители (принадлежащие и к планктону, и бентосу) могут переноситься в незагрязненные части водоема и, погибая естественной смертью, становиться здесь источником вторичного загрязнения. Такую же роль могут играть рыбы, активно разносящие накопленные в их телах загрязняющие вещества. Полное освобождение воды водоема от минеральных загрязнений возможно лишь при осаждении их на дно и включении в стабильные донные отложения.

Исследовательская работа при минеральном загрязнении водоемов ведется как в направлении химического анализа воды — определения количества загрязняющего вещества в ионной, коллоидной и взвешенной формах, — так и в направлении изучения водных организмов и химического и биологического анализа донных отложений.

Естественные факторы очищения воды, в их числе водные организмы, используются и при искусственной очистке сточных вод. Биологические методы очистки применяются сейчас к загрязнениям не только органическим, но и особо опасным, ядовитым.

Гидробиологические исследования на очистных сооружениях направляются на изучение отдельных видов и групп организмов (из мира бактерий, водорослей, животных), именно их активности в отношении аккумуляции тех или иных веществ и минерализации ими органических соединений. Изучение физиологии организмов всех категорий на разных этапах очистки сточных вод дает богатый материал для установления физиологических показателей эффективности работы очистного сооружения (например, нахождение на биологическом фильтре серной бактерии беджиатоа, содержащей включения серы, указывает на незавершенность процесса очистки).

Аналогичные гидробиологические исследования производятся и на очистных сооружениях водопроводов — в отстойниках, фильтрах, контактных окислителях.

Гидробиологический анализ иногда бывает необходим при контроле качества очищенной воды, — в этих случаях пробы воды берутся из бассейнов водонапорных башен и из-под крапов водопроводов.

Охрана гидротехнических сооружений, судов, причалов, деревянных, металлических и бетонных конструкций от повреждения водными организмами, от обрастания и коррозии (техническая гидробиология)

Всякое сооружение, находящееся под водой или омываемое течением, всякое судно, плавающее на морях, реках, озерах и водохранилищах, различного рода причальные и портовые сооружения подвергаются обрастанию бактериальными, растительными и животными организмами. Любая металлическая конструкция или железобетон под водой, при отсутствии надлежащей защиты, поддаются коррозии, начальной стадией которой часто бывает также обрастание. В каждом деревянном морском судне или сооружении могут поселиться несущие разрушение древоточцы. Трубы водопроводов и конденсационные трубки как в морских, так и в пресноводных условиях, особенно при наличии местного загрязнения, иногда сплошь зарастают бактериями, водорослями и прикрепляющимися животными.

Обрастание кораблей влечет за собой снижение их скорости и большие непроизводительные расходы на топливо, докование и периодическую чистку днища. Особо большой опасности обрастания подвергаются военные и грузовые суда, проводящие длительное время в портах. При плавании обрастание кораблей наиболее интенсивно происходит в тропиках и субтропиках.

В обрастании принимает участие до 2000 видов водных организмов, среди которых бактерий до 40 видов, грибов полтора десятка, водорослей свыше 560 видов, простейших животных до 100 видов, губок свыше 30, кишечнополостных свыше 280, червей до 150, мшанок до 140, ракообразных свыше 280, моллюсков свыше 200, иглокожих до 20 и хордовых свыше 120 видов. Среди этой массы бактерий, водорослей и животных не все виды прикрепляются непосредственно к судам, но многие из них находят подходящие условия для существования среди других прикрепляющихся организмов. Естественно, что среди большого числа зарегистрированных различными исследователями животных и растений только немногие встречаются в больших количествах, составляя фон обрастания. Из водорослей к таким формам могут быть отнесены ульва, церамиум, литотамний, из моллюсков — устрицы, мидии, из мшанок — *Flustra*, *Membranipora*, из губок — ряд видов, из кишечнополостных — гидроиды, из хордовых — оболочники *Molgula*, *Ciona* и другие, из ракообразных — морские желуди (*Balanus*), морские уточки (виды *Lepas*).

Процесс обрастания судов и других морских объектов начинается обычно с появления быстро размножающихся микроорганизмов, вслед за которыми идут водоросли, а из животных — простейшие. Многоклеточные животные входят в состав обрастаний по мере появления в воде их плавающих личинок в соответ-

ствии с ритмом размножения разных видов в различных климатических зонах. Различают четыре типа сезонных изменений процесса размножения: 1-й — прикрепление происходит непрерывно в течение года без выраженных сезонных колебаний, 2-й — прикрепление происходит непрерывно, но с возрастающей частотой в определенное время года, 3-й — прикрепление происходит только в определенное время года и 4-й — прикрепление происходит в два различных периода года.

Наиболее эффективным методом борьбы с обрастанием судов в настоящее время считается применение ядовитых красок, в состав которых входят соединения меди, ртути или других веществ, смертельных для водных организмов. В связи с этим исследовательские работы по проблеме обрастания судов ведутся преимущественно по испытанию действия различных по составу красок на разные группы водных организмов при различных температурах, в разных условиях освещения и солености. Одновременно изучаются состав флоры и фауны обрастаний как на естественных, так и на искусственных субстратах, биология массовых видов, входящих в состав обрастания, ритм их размножения.

Опыты с ядовитыми красками ставятся обычно в водоеме, причем применяется метод пластинок обрастания. Стеклянные, металлические или деревянные пластинки покрываются антикоррозийным покрытием и окрашиваются ядовитыми красками и после высушивания погружаются в воду на заданную глубину на длительный срок. Периодически эти пластинки, равно как и контрольные — неокрашенные, вынимаются и просматриваются.

Наряду с химическими средствами предохранения судов от обрастания изучаются и физические методы — ультразвук, высокочастотные колебания и др.

Обрастание труб и трубопроводов, используемых для снабжения пресной или соленой водой населения, промышленных предприятий или судов, имеет свои характерные особенности. Такого рода обрастание может повести за собой не только сильное сокращение просвета труб, препятствующее водоснабжению, но и полную закупорку труб оторвавшимися от стенок организмами или раковинами умерших моллюсков.

Наиболее опасными для труб организмами в морских водопроводах являются моллюск мидия, а также мшанки и губки. В пресных водах Европы настоящим бичом водопроводов является моллюск дрейссена, а в солоноватых водах Каспийского и Азовского морей — моллюск митиластер. В старых водопроводах большие эксплуатационные затруднения приносит обрастание, состоящее из железобактерий и других бактериальных организмов. Узкие конденсационные трубки на электростанциях временами выбывают из строя вследствие зарастания бактериями и водорослями.

Борьба с обрастанием труб и трубок весьма трудна и нуждается в проведении научных исследований. Применение хлора, дающее хороший результат при борьбе с бактериями и водорослями, при наличии в трубках моллюсков может привести к закупорке водовода. Производятся наблюдения над воздействием различных физических факторов — температуры, ультразвука, электрического тока и других на организмы, поселяющиеся в трубах. Там, где позволяют условия, применяются токсические краски.

Древоточцы принадлежат к типу моллюсков (роды *Teredo*, *Bankia*, *Zaxia*, *Martesia*) и к классу ракообразных (роды *Limnoria*, *Sphaeroma*, *Chelura*). Их действие на древесину неодинаково — в то время как моллюски делают ходы внутри древесины, ракообразные разрушают дерево снаружи. Для борьбы с древоточцами пропитывают древесину различными ядовитыми веществами или обшивают суда медными листами. Весьма интересно, что защитой деревянных судов от древоточцев иногда становятся обрастания, не пропускаящие личинок моллюсков внутрь древесины.

Гидробиологические исследования, относящиеся к древоточцам, охватывают широкий круг вопросов распространения, биологии, периодов размножения этих моллюсков и ракообразных, их отношения к видам различной солености и температуры. Одновременно следует проводить работы по изысканию пропиточных материалов и других средств защиты подводных деревянных сооружений от древоточцев.

Изучение гидробионтов — передатчиков болезней (медицинская и ветеринарная гидробиология)

Возбудители многих болезней человека и домашних животных передаются непосредственно с питьевой водой, носители других болезней (например, туляремии) могут обитать внутри различных водных животных, наконец, многие возбудители болезней человека, домашних животных и рыб проходят некоторые стадии развития обязательно в теле обитающих в водоемах беспозвоночных и позвоночных животных; к таким болезням относятся малярия, японский энцефалит, бильгарциоз, описторхоз, фасциоз и др.

Гидробиологические исследования, связанные с указанными заболеваниями, весьма многообразны. При изучении возможной роли арыков в распространении, например, кишечных заболеваний, ставятся не только вопросы об очагах заражения и присутствии в воде носителей болезни (что относится всецело к компетенции санитарной медицины и эпидемиологии), но и о наличии в арыках бактериофага, об условиях его существования (этот вопрос имеет уже гидробиологический аспект).

Особенно важными объектами гидробиологического исследе-

дования являются передатчики паразитарных болезней: комары, передающие малярию и японский энцефалит; мокрицы и мошки, распространяющие филяриозы; моллюски — передатчики бильгарциоза, описторхоза, фасциолеза; ракообразные, распространяющие ришту, лигулу, и другие возбудители болезней. Изучение всех этих передатчиков ведется как по линии исследования биологии и экологии видов, так и по линии общего комплекса гидробиологического исследования водоемов — мест обитания передатчиков болезней. Первый подход дает в руки исследователя материал о сроках и интенсивности размножения передатчика, об его питании, потребности в кислороде и т. п. Второй путь исследования выявляет типичные биотопы изучаемого вида, его миграции, физико-химические и географические границы обитания. Понятно, что только всестороннее изучение передатчика болезни дает возможность предложить те или иные способы борьбы с ним в природе.

Поливное земледелие (сельскохозяйственная гидробиология)

При поливном земледелии вода играет роль не только влаги, но часто и удобрения; в некоторых случаях вода, образуя на орошаемых полях микро- и макроводоемы, дает приют организмам, часть которых способствует повышению урожайности, а другая, — напротив, вредит сельскохозяйственным растениям.

Гидробиологические исследования на ирригационной территории начинаются с источников водоснабжения и продолжают по всем трассам каналов и арыков. Предметом изучения здесь являются процессы зарастания водоемов и водотоков, заиление и сопутствующее ему обогащение донных отложений легко гидролизуемыми органическими веществами. На самих местах полива, если поливаются посевы пшеницы или хлопка, гидробиологические исследования тесно контактируются с почвенными: изучаются образующиеся при поливе микроводоемы, по фауне и флоре которых можно судить об эффективности ирригационных мероприятий. Здесь применяются методы изучения микроскопического населения донных отложений.

В том случае, когда при поливе образуются временные, существующие несколько недель или месяцев водоемы, как, например, на рисовых полях, гидробиологические исследования производятся методами комплексного изучения водоемов с тщательной регистрацией суточных колебаний температуры, кислорода и других факторов, обуславливающих своеобразие биологической картины. Те виды животных, высших растений и водорослей, которые на рисовых полях играют роль сорняков или вредителей, изучаются монографически со стороны их биологии и экологии. Ставятся опыты по борьбе с отрицательными

биологическими факторами — водорослевой пленкой, вредными насекомыми и пр. — с помощью биологических (например, вселение карпа) или механических средств.

Биологические индикаторы

Поскольку гидробиология изучает водные организмы, биоценозы и биомы в единстве и взаимосвязи с условиями обитания, гидробиологи в своих выводах часто приходят к заключению о возможности для исследователя установления фауны и флоры (биоценоза, биома), обитающей в том или другом водоеме, на основании знакомства с условиями определенного водоема. Но гидробиолог решает и противоположную задачу: зная фауну и флору (биоценозы и биом), он может дать довольно точную характеристику того водоема и той станции, откуда они собраны. Это важное достижение гидробиологической науки кладется в основу учения о биологических индикаторах (показателях) различных сторон режима водоемов. Радиус действия биологических индикаторов значительно расширяется, если наряду с экологическими признаками используются и биогеографические.

Гидробиологами разработаны и изучаются дальше биологические индикаторы гидрологического режима океана, окраинных морей и внутренних водоемов, индикаторы происхождения водных масс и водообмена, стабильности или переноса грунта водословов глубины волновой деятельности, степени загрязнения (сапробности) воды, типологии водоемов и пр.

Учение о биологических индикаторах в гидробиологии находит широкое применение в решении палеонтологических задач: по находкам тех или других ископаемых животных и растений определяется температура и соленость водоемов прошлого; в палеонтологии развивается палеоэкологическое направление, в значительной степени уточняющее учение о фациях; разрабатывается диатомовый анализ. В некоторых случаях в качестве биологических индикаторов настоящего и прошлого режима водоемов используются не фауна и флора и не отдельные показательные виды, а характер изменчивости того или другого вида.

Установление биологических индикаторов той или другой стороны режима водоемов, физико-химических особенностей их водной массы и донных отложений и других признаков является результатом тщательного биологического изучения водоемов и исследования видов-индикаторов. Иными словами, если исследователь предполагает использовать какую-либо группу животных, высших растений или водорослей в качестве признака или типологии водоемов, он должен в этих целях изучить распространение интересующей его группы в большом количестве водоемов и сопоставить распространение отдельных видов с особенностями водоемов — их глубинами, морфологией, физико-химическим и биологическим режимами.

СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

После того как мы разобрали основные задачи и направления в гидробиологическом исследовании, покажем, как исследователь должен подойти к решению конкретных задач, какого рода исследования он должен произвести на водоеме, а какие переносить в лабораторную обстановку.

Прежде всего определяется задача исследования и устанавливается перечень вопросов и определение водоемов, подлежащих изучению. Затем собираются сведения по данному вопросу о выбранных водоемах и их географическом окружении.

В первую очередь знакомятся с литературными источниками. Некоторые данные о гидрологическом режиме водоемов, о погодных условиях местности получают в учреждениях гидрометеорологической службы. На месте, если нет соответствующих картографических данных, производят глазомерную или полуинструментальную съемку водоемов. При работе на море на большом озере или водохранилище делают геодезическую ориентировку в местах исследования, записывают координаты.

После промера глубин в исследуемом водоеме или на исследуемом участке составляют конкретную рабочую программу исследования. Устанавливают, какие работы должны производиться в первую очередь, какие — во вторую; определяют место проведения тех или иных работ, т. е. какой борт судна отводится для физико-химических наблюдений и какой — для выемки биологических проб. Проверяют исправность механизмов и тросов, на которых будут опускаться приборы с того или другого борта, в частности следят за тем, чтобы тросы не перепутывались.

При работе на небольших водоемах с маленького судна обычно в первую очередь берут микробиологические и химические пробы и производят физические наблюдения (над прозрачностью, температурой и пр.), во вторую очередь делаются сборы планктона и в третью — выемки проб бентоса дночерпателем драгировки. При гидробиологических исследованиях, производимых на больших судах в океане, море или большом озере водохранилище, выработана такая последовательность работ, которая позволяет одновременно производить гидрологические биологические наблюдения и сборы.

На экспедиционном судне «Витязь» Института океанологии Академии наук СССР (рис. 1) для этих целей имеется 10 лебедок, из которых якорная, гидрологические и геологические помещаются в носовой части палубы, а большая траловая лебедка, дночерпательная, планктонная и ихтиопланктонная — в кормовой части палубы. Первокласное снаряжение «Витязя» позволяет ему вести работы на глубинах свыше 10 000 м и плавать по всем океанам земного шара.

Гидробиологические исследования на внутренних морях и в эстуариях и дельтах рек ведутся на судах меньшей величины, но также снабженных специальной аппаратурой и большим количеством лебедок (рис. 2).

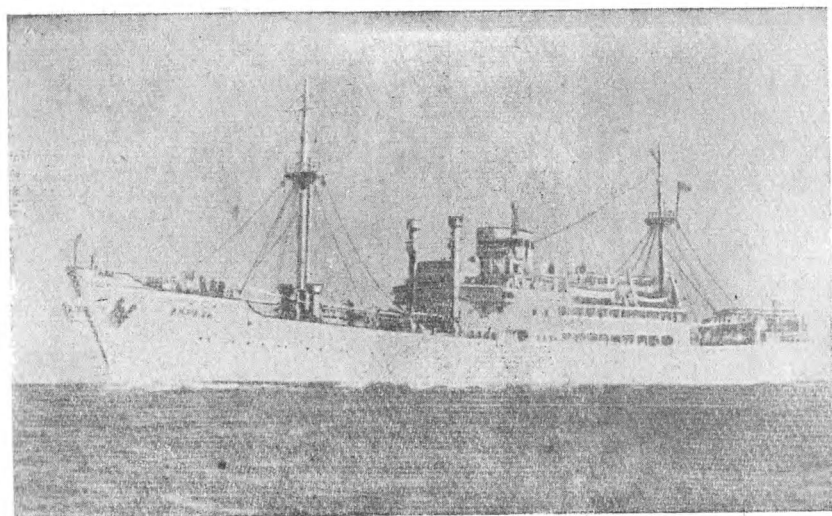


Рис. 1. Экспедиционное судно «Витязь» Института океанологии Академии наук СССР

Исследовательское судно Института биологии водохранилищ «Наука» (рис. 3, 4) располагает 6 лебедками: якорной, четырьмя — для гидробиологических, гидрологических и гидрохимических работ и одной траловой — для ихтиологических сборов (рис. 4). На судне «Наука» гидробиологические, гидрологические и гидрохимические работы ведутся в носовой части, где находятся 4 кранбалки с лебедками для опускания различных приборов. Здесь же имеется каюта-лаборатория для разборки и первичной обработки материала; микробиологам выделена изолированная часть лаборатории. Ихтиологические работы на «Науке» производятся в кормовой части, где располагается траловая лебедка и лаборатория.

Для работы на малых озерах и небольших реках пользуются весельными и парусными лодками, шлюпками с подвесным мотором и небольшими моторными судами. Все они оборудуются для выемки биологических и химических проб кранбалками и небольшими лебедками типа «Нева» или «Луга».

Зимние работы на замерзающих водоемах при необходимости больших разездов производятся с помощью аэросаней или вездеходов (в Институте биологии водохранилищ Академии

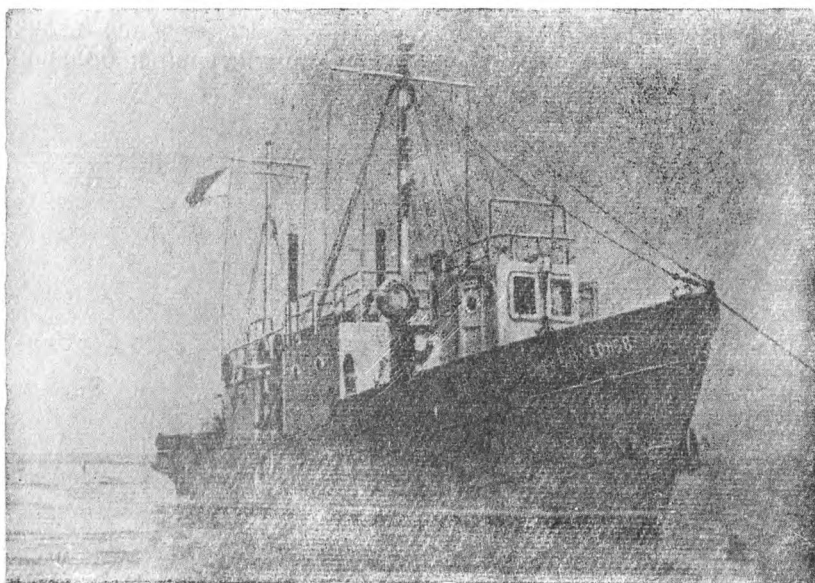


Рис. 2. Экспедиционное судно «Академик С. А. Зернов» Института гидробиологии Академии наук УССР

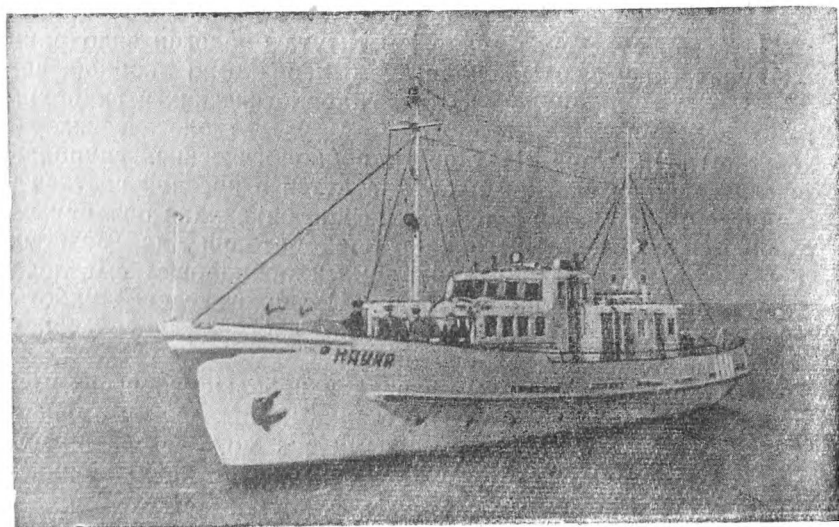


Рис. 3. Экспедиционное судно «Наука» Института биологии водохранилищ Академии наук СССР

наук СССР). На малых водоемах или вблизи от служебных помещений зимой удобно работать в деревянной отапливаемой будке, поставленной на сани (рис. 5).

Для того чтобы правильно выбрать метод и орудия исследования, гидробиолог перед началом работы должен ориентироваться в распределении отдельных видов и групп организмов в водоеме. Здесь уместно напомнить, что водоем делится на три группы местообитаний водных организмов: дно, водную толщу и поверхность (поверхностную пленку). Каждая группа местообитаний имеет специфическое население, состоящее из бактерий, водорослей (дно — также и высших растений) и животных, адаптированных физиологически и морфологически к особенностям существования.

Население водоема по месту характерного обитания делится на следующие экологические группы: 1) бентос, 2) перифитон, 3) нейстон, 4) плейстон, 5) планктон, 6) планктоно-бентос, 7) нектон и 8) нектоно-бентос (рис. 6).

Бентос — совокупность организмов растительной и животной природы, населяющих дно водоема. Иначе называют бентос донным населением водоема. Различают фитобентос (донное растительное население) и зообентос (донное животное население). По размерам составляющих его организмов бентос делится на микробентос, куда относятся бактерии, одноклеточные водоросли и мелкие животные, не превышающие в длину 1—2 мм, мезобентос, состоящий из животных длиной 2—8 мм, и макробентос, в состав которого входят крупные колониальные водоросли, укореняющиеся волоросли и высшие растения, а также все животные, длина которых исчисляется сантиметрами и десятками сантиметров.

Зообентос делится на подвижный и прикрепленный. К подвижному бентосу относят бродячие формы (примером которого может быть краб), лежащие на дне формы (например, гребешок); сюда же примыкают формы, закапывающиеся в грунт (в качестве примеров из морского бентоса можно назвать моллюска *Mya* и морских ежей сем. спатангид, а из пресноводного — малощетинковых червей сем. Tubificidae и многих личинок тендипедид). К подвижному же бентосу относятся фор-

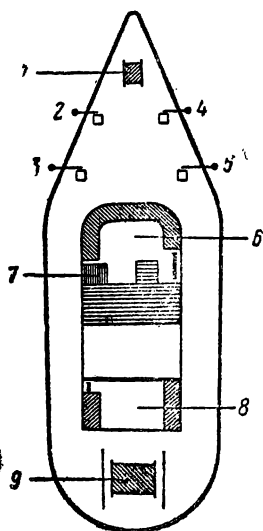


Рис. 4. Схематический план размещения научных помещений и оборудования на судне «Наука»:

1 — якорная лебедка, 2—5 — лебедка для гидробиологических, гидрологических и гидрохимических работ 6 — гидробиологическая лаборатория, 7 — отделение для микробиологических работ, 8 — иктологическая лаборатория, 9 — траловая лебедка

мы, сверлящие камень, скалы, древесину и твердую глину (следы морской фауны сюда входят некоторые губки, например, *Viqa*, ряд моллюсков из сем. *Pholadidae* и *Teredinidae*, ракообразные *Chelura*, *Limnoria*, из пресноводных животных в глину вгрызаются личинки поденок *Palingenia*, *Ephemera*).

Перифитон является как бы разновидностью бентоса, только составляющие его бактериальные, растительные и животные организмы в качестве твердого субстрата используют не дно водоема, а днища судов, пристани, стенки причальных сооружений, вбитые в дно сваи и другие предметы, сооруженные человеком или упавшие в воду. К перифитону некоторые исследователи относят и население листьев и стеблей водных растений.

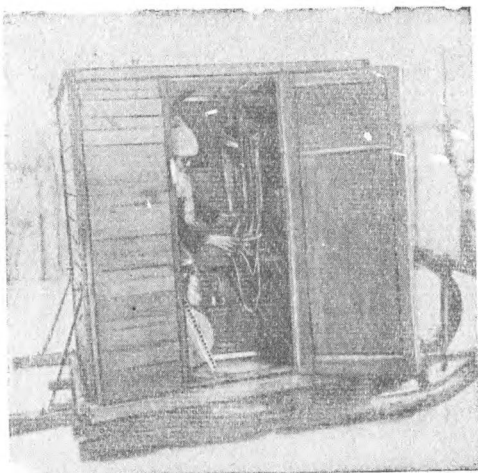


Рис 5. Будка для работ со льда

Нейстон представляет собою группировку микроскопических организмов, связанных с пленкой поверхностного натяжения воды как средой обитания.

Он развивается преимущественно в небольших стоячих или медленно текущих водоемах и слагается из большого количества бактерий, хризомонад, жгутиков и других простейших.

Плейстон, в отличие от нейстона, связан не только с пленкой поверхностного натяжения, но также с поверхностным слоем воды и с воздушной средой над ее поверхностью. В море к плейстону относятся сифонофоры и некоторые водоросли-макрофиты, в пресной воде — водные растения, обладающие плавающими стеблями или листьями, — ряски, сальвиния, водяной орех и другие; сюда же относят смешанное население плавающей по рекам пены.

Планктон слагается большей частью из мелких, лишенных сильных органов движения организмов, ведущих взвешенный в водной толще образ жизни: в активный период жизни все эти организмы не зависят от субстрата и только зимой или при других неблагоприятных условиях некоторые из них опускаются на дно и остаются там в недеятельном состоянии. По составу организмов планктон делится на бактериопланктон, фитопланктон и зоопланктон. По размерам организмов планктон подразделяется на четыре группы: нанопланктон, микропланктон, мезо-

планктон и макропланктон. Наннопланктон состоит из организмов, не превышающих по длине или диаметру 50μ , микропланктон — из водорослей и животных размером 50μ — 1 мм , мезопланктон — из организмов размером 1 — 5 мм и макропланктон — из организмов, превышающих 5 мм . Иногда выделяют группу мегалопланктона, включая в нее таких крупных животных, как медузы и ктенофоры, достигающие нескольких метров.

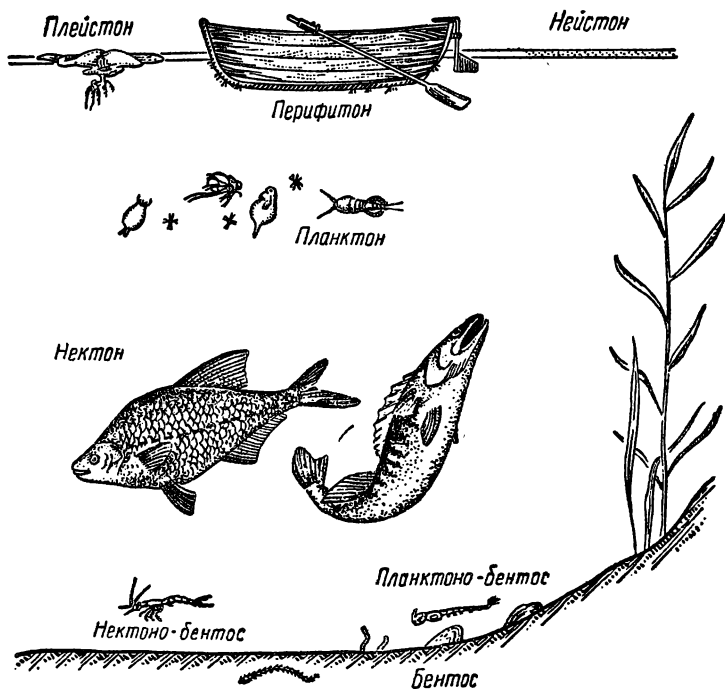


Рис. 6. Экологическое расчленение водоема (размерный масштаб не соблюден)

Планктоно-бентос представляет собою группировку, как бы промежуточную между бентосом и планктоном. В ее состав входят бактерии, водоросли и животные, проводящие жизнь в активном состоянии как на дне, так и в толще воды, причем перемещение организмов из одной среды в другую может быть и активным и пассивным. К планктоно-бентосу принадлежат многочисленные беспозвоночные, из которых в морях наиболее характерны ракообразные, а в пресных водах — личинки коретра. Из водорослей к планктоно-бентосу относятся многие виды протококковых, десмидиевых, синезеленых и диатомей.

Нектон, в отличие от всех вышерассмотренных группировок, состоит из хороших пловцов, легко перемещающихся из од-

ного участка водоема в другой, из одних условий в другие. Сюда относятся рыбы, водные млекопитающие, рептилии и амфибии, а также ряд головоногих моллюсков.

Нектоно-бентос также состоит из хороших пловцов, но большую часть жизни они проводят на дне и лишь временами перемещаются на сравнительно небольшие расстояния, передвигаясь большею частью в придонных слоях воды. Сюда относятся некоторые виды рыб и многие высшие ракообразные.

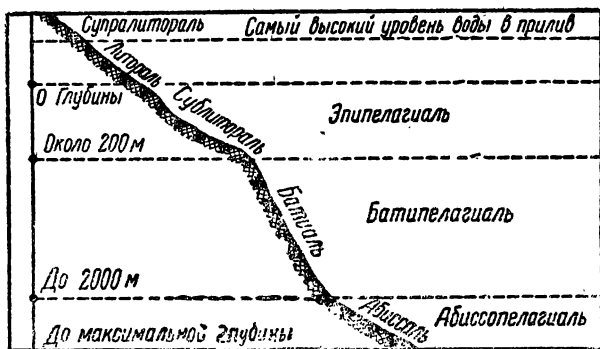


Рис. 7. Схема вертикального расчленения моря (пропорции глубин не соблюдены)

Перечисленные здесь крупные группировки в каждом водоеме разбиваются на многочисленные биоценозы. Напомним, что биоценозом называют исторически сложившуюся устойчивую группировку растительных, бактериальных и животных организмов, связанную общностью местообитания и сходством по главнейшим экологическим признакам, возникшим и возникающим в историческом процессе приспособления организмов к условиям среды. Биоценоз как явление, возникшее во времени, может иметь свое начало и конец, может состоять из большего или меньшего количества членов, занимать большую или меньшую акваторию.

Распределение биоценозов в морях и пресных водах имеет свои особенности, но всюду оно находится в связи с рельефом дна, распределением глубин, физическими и химическими особенностями водной среды, с историей водоемов. Все эти факторы не в одинаковой степени воздействуют на распределение главнейших группировок — планктона и бентоса, — поэтому в пределах одного и того же водоема может наблюдаться некоторая неравномерность в развитии биоценозов.

Море как среда обитания бентоса делится на следующие вертикальные зоны (рис. 7): литоральную (осушающуюся во время отлива), sublиторальную (примерно до глубины 200 м), батияльную (до 2000 м) и абиссальную (до наибольших глубин). В отношении обитания планктона море делится на эпипелагиаль

(по глубинам соответствующую литорали и sublиторали), бати пелагиаль (соответствующую батиальной зоне) и абиссопелагиаль (совпадающую с абиссалью).

В пределах каждой зоны в каждом море и океане может быть своя картина распределения биоценозов, причем в отношении биоценозов планктона можно отметить, что в разные сезоны года в одном и том же море развиваются различные планктонные биоценозы.

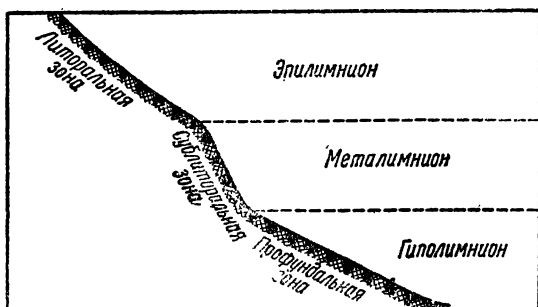


Рис. 8. Схема вертикального расчленения озера (пропорции глубин не соблюдены)

Биоценозы бентоса разными авторами выделяются не по одним признакам: некоторые исследователи обозначают биоценозы наименованием грунтов, на которых они встречаются, другие — именуют биоценозы названиями руководящих видов флоры или фауны. Так, например, С. А. Зернов обозначает биоценозы Черного моря по первому принципу: 1) биоценоз скал, 2) биоценоз песка, 3) биоценоз зостеры, 4) биоценоз устричника, 5) биоценоз мидиевого ила и 6) биоценоз фазеолинового ила. В то же время К. Г. Петерсен, именуя биоценозы группировками (communities), придерживается второго принципа. Биоценозы водоемов Дании он делит на: 1) *Abra community*, 2) *Muscula baltica community* и т. п.

Классификация биоценозов морского планктона в достаточной мере еще не разработана, но она основывается на выделении руководящих (массовых) форм. В еще меньшей степени изучены биоценозы других морских группировок (плейстона, нейстона).

Биоценозы пресных вод систематизируются также применительно к расчленению дна и водной толщи водоемов и к условиям обитания водных организмов. Наименования биоценозов здесь даются также или по свойствам грунта и водоема целиком или по видовому составу господствующей в биоценозе группы флоры или фауны.

Вертикальное расчленение придонной области озер сходно принципиально и по наименованиям с расчленением морского дна (рис. 8). Здесь имеется литоральная зона, но понимается она

иначе, чем в море.— это зона произрастания высшей водной растительности, в течение круглого года обеспеченная водой, со сравнительно небольшим колебанием уровня. Сублиторальная зона имеет, как и в море, переходный характер, но размеры ее обычно очень невелики. Профундаль озер в большинстве случаев не превышает десятков метров, когда же озеро отличается большой глубиной (как, например, Байкал), то его глубинная зона называется батималию. Водная толща озера по признаку вертикального распределения температуры и кислорода делится на эпилимнион, металимнион и гиполимнион, по глубинам в некоторой степени совпадающие с литоралию, сублиторалию и профундалью.



Рис. 9. Схема вертикального расчленения реки

Биоценозы бентоса озер именуются: а) биоценоз песчаного дна (или псаммофильный), б) биоценоз камней (или литофильный), в) биоценоз илистого дна (пелофильный), г) биоценоз водной растительности (фитофильный). Наименования биоценозов по руководящим формам весьма многочисленны: различают биоценоз Ephemera, биоценоз Pontoporeia — Pisidium и др.

Биоценозы планктона озер обозначаются как диатомовый, циановый, раковый, ротаторный и т. д.

Вертикальное деление дна и водной толщи рек сильно отличается от озерного. Здесь вводится термин рипаль (от латинского ripa, что значит берег реки), вместо морской литорали. Рипалью обозначают прибрежную полосу реки, где (если позволяют условия грунта и течения) может укорениться высшая водная растительность. Зона, соответствующая озерной сублиторали и именуемая субрипалью, в реках выражена лишь у отмельных берегов позади песчаных кос. Все остальное дно реки можно называть медиалью (рис. 9). Вертикального деления водной толщи реки обычно не производится, так как река, вследствие турбулентного течения, несет постоянно перемешивающуюся воду, почти с равной температурой и в большинстве случаев с равным содержанием кислорода от поверхности до дна.

Наименования биоценозов бентоса рек включают в себя слово рео, обозначающее течение. Так, различают: псаммореофильный, литореофильный, пелореофильный, фитореофильный и аргиллореофильный (глинистого дна) биоценозы. Делались попытки называть речные биоценозы по руководящим формам фау-

ны, но этот прием не нашел большого применения. Биоценозы планктона рек обозначаются по составляющим его группам: а) бактериопланктон, б) диатомовый, в) диатомово-ротаторный и т. д.

Новые водоемы — водохранилища, часто сочетающие речные и озерные черты, имеют в вертикальном расчленении дна и водной толщи, а равно и в распределении биоценозов характерные особенности. Как правило, эти водоемы асимметричны и лишены ясно выраженной сублиторали, почти у всех водохранилищ имеется осушенная зона, остающаяся без воды неопределенно долгое время. Среди биоценозов бентоса водохранилищ большое пространство занимают становящиеся биоценозы затопленных почв и биоценозы осушаемых пространств.

После того как исследователь путем промеров или ознакомления с батиграфическими материалами составил схему вертикального расчленения водоема или его участка и с помощью рекогносцировочных тралений и драгировок наметил приблизительную картину распределения биоценозов, он приступает к тщательной гидробиологической работе, характерной чертой которой является применение строго количественных методов.

На борту судна производится сбор планктона по горизонтам качественными и количественными орудиями, фиксация собранного планктона формальным в стеклянных банках, этикетировка. Берется вода с различных глубин, и ставятся опыты по определению интенсивности фотосинтеза с помощью кислородного и изотопного методов. Производится выемка количественных проб бентоса дночерпателями, промывка грунта, выборка бентоса, фиксация его спиртом в стеклянной и металлической посуде, этикетировка. Те же операции делаются с пробами бентоса, извлеченными драгами и тралами.

В лаборатории собранные материалы по планктону определяются, просчитываются количественные пробы, результаты подсчета переводятся на веса и т. д. Материалы по бентосу разбираются по группам, просчитываются, взвешиваются, определяются. Если какой-либо вид собирается из месяца в месяц, то собираемый материал подвергается биологическому анализу популяции, который дает представление о динамике роста, размножении, числе и смене генераций и т. п.

При изучении фотосинтеза и хемосинтеза фитопланктона и бактериопланктона большинство операций производится на борту судна, лишь обработка фильтров с радиоактивным углеродом переносится в лабораторию.

Все биологические сборы в водоемах, как правило, сопровождаются определением главнейших факторов среды обитания: скорости течения воды, температуры и солености воды на разных горизонтах, прозрачности, электропроводности, активной реакции, содержания в воде растворенного кислорода, углекислоты, хлора, кальция, азота и фосфора, свойств грунта. Результаты опреде-

лений вписываются в журнал и частично — в этикетки, вкладываемые в пробы планктона и бентоса.

Если исследование преследует задачи рыбохозяйственного использования водоема, то производится сбор материала по питанию рыб, содержимого кишечника рыб, а ихтиологи одновременно с гидробиологами производят ихтиологические и промышленные исследования.

При гидробиологических работах широко применяется фотография: снимаются образцы сборов бентоса, отдельные животные и растения, сорстки и наросты на подводных предметах. В последнее время внедряется подводная фотография и киносъемка опускающимися на тресе аппаратами с осветителями; кроме того, применяется подводный спуск исследователей в легких водолазных костюмах, — преимуществом его является возможность активного выбора объектов съемки. Интересные результаты приносит подводное телевидение.

Как было сказано при обзоре задач гидробиологического исследования, в ряде случаев необходимо углубленное эколого-физиологическое изучение отдельных представителей фауны и флоры водоемов. Для этих целей подлежащие изучению организмы собираются и содержатся в аквариумах или в погружаемых в воду соответствующего водоема садках. Там при надлежащих условиях кормления животных и растений, освещения и температуры (при необходимом обмене воды) организуются наблюдения, имеющие целью изучить питание животных и растений, потребление животными кислорода, фотосинтез, размножение, обмен веществ и т. п. В лабораторных условиях хорошие результаты приносит применение метода меченых атомов (радиоактивных изотопов фосфора, кальция, серы и др.).

Гидробиологи должны рассматривать полевую (на борту судна) и лабораторную части работы как одно общее, комплексное исследование и основывать свои теоретические заключения и практические выводы на тщательном анализе фактов, полученных как при изучении вопроса в природе, так и при наблюдении и эксперименте в лаборатории.

ЛИТЕРАТУРА

- Беклемишев В. Н., 1950. Водный фактор и малярия. Жизнь пресн. вод СССР, 111.
- Бенинг А. Л., 1924. К изучению придонной жизни реки Волги. Моногр. Волжской биол. ст., 1.
- Богорев В. Г., 1945. Роль биологических индикаторов в познании гидрологического режима моря. Докл. Юбил. сессии Аркт. ин-та.
- Божич П. К., 1929. Защита дерева от морских древоточцев. М.
- Буданов В. и Ионин А., 1957. Фотографирование под водой. «Советское фото», 2.
- Верещин Г. Ю., 1940. Происхождение и история Байкала, его фауны и флоры. Тр. Байк. лимнологич. ст., X.

- В и н б е р г Г. Г., 1957. Массовые культуры одноклеточных водорослей как новый источник пищевого и промышленного сырья. «Усп. соврем. биологии», 3.
- В о д я н и ц к и й В. А., 1954. О проблеме биологической продуктивности водоемов и в частности Черного моря. Тр. Севаст. биол. ст., 8.
- Г а е в с к а я Н. С., 1953. Выращивание массовых культур протококковых водорослей для рыбного хозяйства. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., 5.
- Г о р б у н о в Г. П., 1934. Биологические индикаторы и их значение в исследовании Арктики. «Arctica», 2.
- Г о р б у н о в Г. П., 1937. Донное население (бентос) Карского моря как показатель происхождения вод. «Природа», 5.
- Г у р ь я н о в а Е. Ф., 1939. К вопросу о происхождении и истории развития фауны Полярного бассейна. Изв. АН СССР, сер. биол., № 5.
- Г у с е в А. Г., 1957. Загрязнение рыбохозяйственных водоемов СССР сточными водами и ущерб, наносимый ими рыбной промышленности. Свещ. по использованию и обезвреживанию сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения, М.
- Г у с е в К. А., 1952. «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., IV.
- Д е р ю г и н К. М., 1915. Фауна Кольского залива и условия ее существования. Зап. АН, VIII, серия XXXIV, 1.
- Д е р ю г и н К. М., 1928. Фауна Белого моря и условия ее существования. Иссл. морей, СССР, 7—8.
- Д о л г о в Г. И., 1928. О неоднородности воды в реке. «Русск. гидробиол. журн.», VI, 3—4.
- Ж а д и н В. И., 1948. Вопросы генезиса фауны и биоценозов континентальных вод Советского Союза. «Памяти акад. С. А. Зернова». Изд. АН СССР.
- Ж а д и н В. И., 1950. Общие вопросы, основные понятия и задачи гидробиологии пресных вод. Жизнь пресн. вод СССР, III.
- Ж а д и н В. И., 1954. Программа гидробиологического изучения реки перед сооружением плотины. Тр. проблемн. и тематич. совещ., II.
- Ж а д и н В. И., 1955. Задачи гидробиологии в области развития рыбного хозяйства во внутренних водоемах. «Вопросы ихтиол.», 3.
- Ж а д и н В. И. и Р о д и н а А. Г., 1950. Биологические основы водоснабжения и очистки вод. Жизнь пресн. вод СССР, III.
- З е н к е в и ч Л. А., 1940. Об акклиматизации в Каспийском море новых кормовых (для рыб) беспозвоночных и теоретические к ней предпосылки. «Зоол. журн.», т. XIX, вып. 4.
- З е н к е в и ч Л. А., 1947—1951. Фауна и биологическая продуктивность моря, тт. I—II.
- З е н к е в и ч Л. А., 1953. Комплексный метод в изучении биологических процессов в водоемах. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., V.
- З е р н о в С. А., 1913. К вопросу об изучении жизни Черного моря. Зап. АН, VIII, серия XXXII, 1.
- З е р н о в С. А., 1934—1949. Общая гидробиология.
- И с а ч е н к о Б. Л., 1945. Об очередных задачах микробиологического изучения воды и грунтов морей. Докл. Юбил. сессии Арктич. ин-та.
- К а р з и н к и н Г. С. и К а р п е в и ч А. Ф., 1955. Задачи гидробиологии в области развития рыбного хозяйства в бассейнах южных морей. «Вопросы ихтиол.», 3.
- К и с е л е в И. А., 1937. Состав и распределение фитопланктона в северной части Берингова моря и южной части Чукотского моря. Иссл. морей СССР, 25.
- К н и п о в и ч Н. М., 1891. К вопросу о зоогеографических зонах Белого моря. «Вестн. естеств.», 6—7.
- К н и п о в и ч Н. М., 1938. Гидрология морей и солоноватых вод.
- Л и н б е р г Г. У., 1955. Основные принципы и методы составления рыбо-

- поисковых карт для дальневосточных морей. Тр. проблемн. и тематич. совещ., 6.
- Ляхов С. М., 1953. Комплексное изучение биологического стока р. Волги. «Зоол. журн.», т. XXXII, вып. 3.
- Мантейфель Б. П. и Никольский Г. В., 1953. Задачи морской гидробиологии в области разработки проблемы освоения рыбных ресурсов открытых морей. «Вопросы ихтиол.», 1.
- Морское обрастание и борьба с ним. 1957. Перевод с английского, М.
- Мухамедиев А. М., 1955. К вопросу о влиянии зарыбления рисовых полей на повышение урожайности риса. Докл. АН УзССР, 3.
- Наливкин Д. В., 1955—1956. Учение о фациях, 1—II Изд. АН СССР.
- Никитинский Я. Я., 1922. Гидробиология и санитария. «Русск. гидробиологич. журн.», 1, 3.
- Никитинский Я. Я., 1936. Гидробиология и техника. «Природа», 7.
- Никитинский Я. Я., 1937. Современное состояние санитарной гидробиологии. «Микроб.»,
- Петрищева П. А., 1950. Пресноводные местообитания личинок комаров — переносчиков вирусных болезней человека. Жизнь. пресн. вод СССР, III.
- Садовский А. А., 1934. Новые данные о влиянии органических обрастаний на сохранность бетона в море. — Об условиях службы бетона в прибрежных грунтах Черного моря. Тр. Закавказ. научно-эксп. ин-та сооруж., XVII.
- Сысоев Н. Н., 1951. Глубоководная траловая лебедка экспериментального судна «Витязь». «Тр. Инст. океанол.», 5.
- Тарасов Н. И., 1952. О технической биологии моря. «Усп. совр. биол.», т. XXXIV, вып. 3.
- Тимофеев-Ресовский Н. В., 1957. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоэкологич. «Ботан. журн.», 2.
- Ушаков П. В., 1945. Донное население Чукотского моря как показатель течений. Докл. Госуд. океаногр. ин-та, 31, 32.
- Шиклеев С. М., Колесова Н. Н. и Рухлядев Ю. П., 1957. Комплексные исследования биологического стока реки Волги в районе г. Куйбышева (методика и организация работ). Тр. Куйбыш. мед. ин-та, VII.
- Ширшов П. П., 1936. Планктон как индикатор ледового режима моря. Научн. раб. экп. на ледоколе «Красин».
- Lund J. W. G., 1955 The Ecology of Algae and Waterworks Practice. Proc. Soc. for Water Treatment and Examination, 4.
- Richter H. U., 1956. Problematik bei Unterwasser-Farbaufnahmen. «Die Fotografie»; 10.
- Schraeder Th., 1955. Die Verunreinigung unserer Gewässer. Urania-Universum, I.
- Thienemann A., 1954. Wasser — das Blut der Erde. Handb. d. Schutzgemeinschaft Deut. Wald.
-

МЕТОДЫ СБОРА БЕНТОСА

Донное население водоемов (бентос) изучается различными методами; сборы его производятся или сачками, драгами, тралами без учета количества (так называемые качественные сборы), или дночерпателями и другими орудиями, регистрирующими обловленную площадь (количественные сборы).

ОРУДИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СБОРА

Наиболее простым приспособлением для сбора донного населения — животных, отдельных растений — является сачок, которым пользуются с берега или шлюпки; столь же просты скребок и грабельки, применяющиеся также на мелководье. Более сложными орудиями можно считать различного рода драги и тралы, которыми можно добывать население дна от побережья до наибольших глубин океана.

Сачки состоят из металлического обруча круглой или пирамидальной формы диаметром от 20 до 30 см (для круглого сачка) или длиной до 30 см по нижней грани (для пирамидального сачка). Сачок насаживается на палку длиной от 1,5 до 3 м. Мешок сачка, прямоугольный или закругленный на конце, делается из плотной прочной конгресс-канвы, частой дели или мельничного шелка первых номеров.

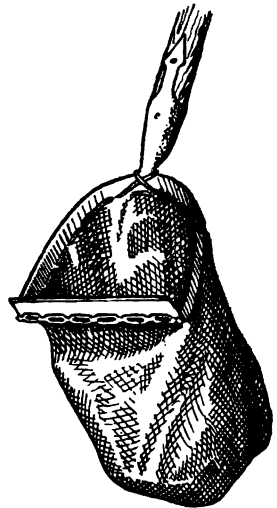


Рис. 10. Скребок

Скребок (рис. 10) представляет собою тот же сачок, но изготавливается он из более прочного металла, а нижний край обода делается из стальной заостренной с одной стороны полосы. Высота обода может быть от 8 до 20 см, а длина стальной полосы 6—18 см. Для прикрепления мешка на обode и тыльной части стальной пластинки пробиваются отверстия.

Водяные грабельки (рис. 11) делаются из толстой металлической полосы длиной до 15 см, к которой снизу приклепываются 6 изогнутых под прямым углом зубцов. Длина зубца до изгиба — 6 см, после изгиба — 2,5 см. Сверху на планке приваривается втулка для шеста диаметром 2,5—3 см. Длина шеста, на которую насаживаются грабельки, 3—3,5 м.

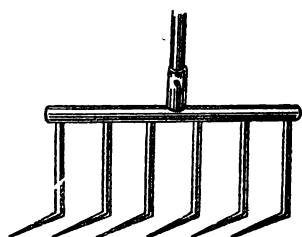


Рис. 11. Грабельки

Закидная драга треугольной формы изготавливается из круглого или полосового железа; длина сторон треугольника 20—30 см. Мешок драги делается из конгресс-канвы, мешковины или частой дели, с тыльной части мешок не зашивается, а завязывается бечевой. Драга за три угла привязывается к тонкому, но прочному линю. Ее закидывают в воду на 20—30 м от берега. Вес драги 2—3 кг.

Драга с ножами состоит из четырехугольной рамы произвольных размеров; верхний и нижний края рамы представляют собою заточенные с одного бока стальные полосы, подвижно прикрепленные к каркасу. К боковым сторонам рамы приклепываются небольшие неравной длины дуги для уздечки из стальной цепочки, которая с помощью чекеля присоединяется к тросу. Мешок драги такой же, как и у предыдущей. При работе в море мешок делается из прочной дели, которая прикрепляется к рамке металлическими кольцами и защищается фартуком, а прикрепление драги к тросу осуществляется со стороны более длинной дуги металлической цепочкой, а со стороны более короткой дуги — веревкой. Это делается на тот случай, если драга зацепится за какое-либо препятствие, — тогда веревочная петля обрывается, и драга поднимается на борт судна за одну дугу.

Для морских работ применяются ножевые драги следующих размеров:

| | <i>Большая модель</i> | <i>Малая модель</i> |
|--------------|-----------------------|---------------------|
| Длина ножей | 80 см и более | 55 см |
| Ширина ножей | 11 см | 7 см |
| Ширина рамы | 30 см | 20 см |
| Вес рамы | 30—40 кг | 15—20 кг |
| Длина мешка | 120 см | 80—90 см |

Драга с зубьями в разных модификациях применяется для сбора водных растений и водорослей, с населяющими их личинками насекомых и другими животными, а также для ловли моллюсков и других животных, зарывающихся в грунт.

На Черном море пользуются болгарской драгой (рис. 12), представляющей собою соединение в одном приборе зубчатого сачка (с зубьями длиной до 10 см) и драги; шестом, идущим

вверх от рамы, регулируют глубину погружения драги в грунт. В Японском море применяется корейская зубчатая драга четырехугольной формы с выдающимися вперед салазками. В толстый нижний брус рамы (длиной до 1,5 м) вделывается 20—25 зубьев длиной в 15 см и толщиной в 1,5 см. Пресноводные зубчатые драги обычно не превышают в длину 30—40 см и снабжаются зубьями длиной 2,5—3 см по нижнему и верхнему краям.

Тралами собирают животных, обитающих на поверхности грунта, в них попадает большое количество представителей нектонобентоса.

Трал Агассица, или, как его чаще называют, трал Сигсби (рис. 13), состоит из двух боковых дуг, соединенных двумя поперечными перекладинами — металлическими стержнями, сплюснутыми на концах. В этих концах проделаны отверстия для крепления уздечки трала. Иногда

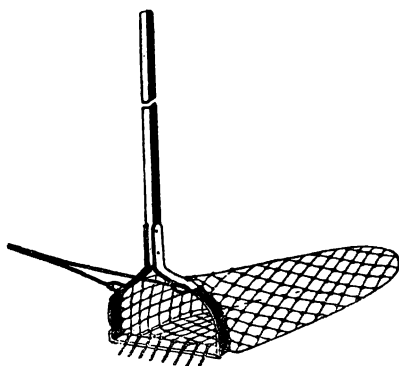


Рис. 12. Болгарская драга

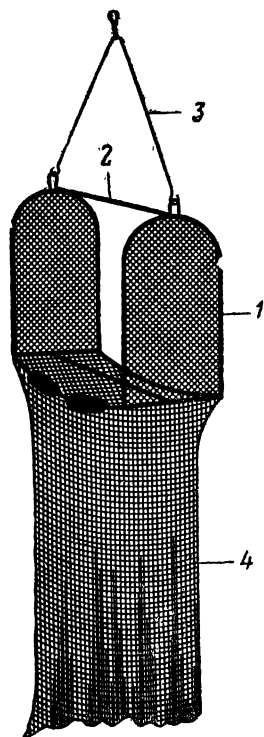


Рис. 13. Трал Агассица (Сигсби):

1 — дуги, затянутые делью, 2 — продольный железный стержень, 3 — уздечка трала, 4 — мешок из сетки

эта уздечка состоит из двух половинок, из которых одна несколько короче другой; каждая половина уздечки заканчивается петлей (оганом) для прикрепления к тросу. К боковым железным полосам дуг прикреплены четыре кольца, через которые пропускается стальной трос или прикрепляется две цепи, служащие подборой для мешка трала. Мешок делается из дели с мелкой ячеей и для прочности переплетается редкой сетью из прочной бечевы, а снаружи покрывается брезентовым фартуком. Боковые дуги также затягиваются делью.

При работе с тралом бывают случаи, когда мешок закидывается на раму и закрывает отверстие. Во избежание этого Г. П. Горбунов внес в конструкцию трала Агассица существенные изменения. Через отверстия перекладин, служащие для прикрепления уздечки, вставляются железные штанги, оканчивающиеся наверху кольцами. Начиная примерно с середины высоты дуги штанги расплющиваются и служат для удержания мешка трала; через отверстия на нижнем конце штанг пропускается прочная бечева, которой скрепляются нижние края фартука, что удерживает мешок от закидывания на раму. Для предупреждения закручивания троса уздечки трала соединяются с ним через роликотопшипниковый вертлюг. Рекомендуются следующие размеры тралов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Размеры частей тралов Агассица и Горбунова

| Измерения (см) | Модели Государств. гидрологического института | | Модели Арктического института | | |
|---|---|--------------------|-------------------------------|--------------------|-------------|
| | большая | малая | большая | средняя | малая |
| Длина дуг | 60 | 40 | 100 | 80 | 40 |
| Ширина дуг | 40 | 27 | 60 | 40 | 30 |
| Длина соединительных стержней | 150 | 70 | 200 | 120 | 70 |
| Вес рамы (кг) | 20 | 8 | 40—60 | 20—30 | 15—20 |
| Длина сетяного мешка | 250 | 125 | 300 | 180 | 125 |
| Ячея дели | 0,5—0,6 | 0,5—0,6 | 0,8—1,2 | 0,6—0,8 | 0,6 |
| При каких работах используется ¹ | сублитораль | прибрежье с шлюпки | до 1000 м с судна | прибрежье с шлюпки | сублитораль |

Бимтрал (рис. 14) служит для сбора бентоса, нектоно-бентоса и держащихся у дна рыб. Он состоит из двух дуговых башмаков, затянутых частой делью и в верхней части соединенных деревянным брусом (бимом). Сзади к нижнему краю башмаков прикреплена с большой слабиной цепь или трос. К цепи, биму и задней части башмаков привешивается мешок (мотня) из частой дели; можно изготовить комбинированный мешок из дели разной ча-

¹ При работах на пресных водах употребляются малые модели тралов, а при тралении на глубинах свыше 1000 м — большие модели весом до 80 кг.

стоты: переднюю часть с ячейей дели в 3—5 см, заднюю с ячейей 1,5—2 см и менее. Иногда мешок делают в виде верши (с внутренним конусом). Верхняя часть мешка, прикрепляемая к биму, заходит несколько вперед (по сравнению с нижней, прикрепленной к цепи) и при работе накрывает собою придонную подвижную фауну. Приводим размеры бимтрала (табл. 2).

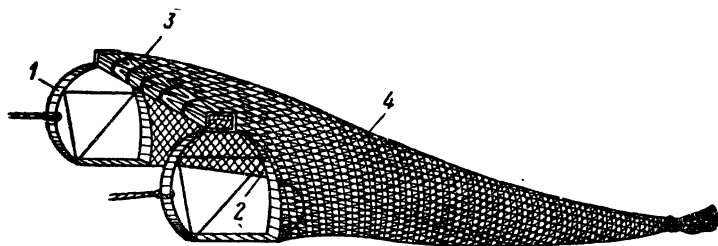


Рис. 14. Бимтрал:

1 — дуговой башмак, 2 — цепь, 3 — бим, 4 — мотня

заходит несколько вперед (по сравнению с нижней, прикрепленной к цепи) и при работе накрывает собою придонную подвижную фауну. Приводим размеры бимтрала (табл. 2).

Таблица 2

Размеры частей бимтрала

| Измерения (м) | Большая модель | Малая модель |
|----------------|----------------|--------------|
| Длина башмака | 1,05 | 0,65 |
| Высота башмака | 0,60 | 0,40 |
| Длина цепи | 2,5 | 1,5 |
| Длина бима | 2,0 и более | 1,5 |
| Длина мотни | 3,5 | 2,5 |

Хорошие сборы нектоно-бентоса дает малый мальковый бимтрал, отличающийся тем, что вместо нижней цепи у него имеется металлический цилиндр, вращающийся на оси.

Крупных представителей бентоса и нектоно-бентоса можно получить и из промыслового трала, которым снабжены все наши рыбопромысловые тральщики.

Богатый бентос, как растительный, так и животный, концентрирует на себе камни и различного рода топляк. Камни со дна можно вынимать с помощью камнедоставателей (или камнешупов), которые опускаются в воду на шесте или на тросе.

Камнедоставатель Рубцова состоит из двух противостоящих железных лап — двухпалой и трехпалой, — укрепленных на шесте. В открытом состоянии лапы удерживаются пружиной, а закрываются натяжением троса, идущего вдоль шеста.

Донные клещи Кузнецова (рис. 15), опускающиеся на тросе, состоят из двух противостоящих лап, подвижно соединенных болтом. Дистальные части лап загнуты под прямым углом и заострены. На рукоятках лап пробиваются отверстия для крепления уздечки троса. При опускании на дно лапы раздвигаются и нетолстой ниткой удерживаются в раскрытом состоянии. Когда камешуп достигнет дна и ляжет на камень, нитка подергиванием троса обрывается и лапы охватывают камень, который осторожно вынимается из воды. Размеры донных клещей: длина рукоятки 20 см, длина лапы 25 см.

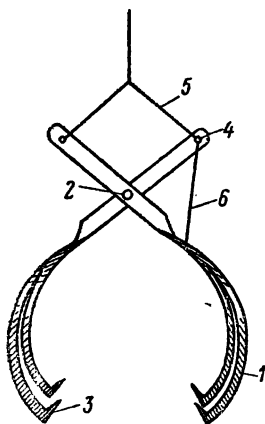


Рис. 15. «Донные клещи» Кузнецова:

1 — лапы, 2 — болт, соединяющий лапы, 3 — пальцы, 4 — отверстия для уздечки троса, 5 — уздечка троса, 6 — веревка (нитка), удерживающая лапы открытыми

Донную подвижную фауну можно собирать и с помощью ловушек типа рачни, в которые в качестве приманки кладется несвежие рыба или мясо. Ловушками могут служить и простые стеклянные или металлические банки с приманкой, которые опускаются на дно водоема на тросе.

ОРУДИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СБОРА

Количественную пробу бентоса можно, с известной степенью точности, взять любым прибором, описанным выше. Например, обычный водяной сачок диаметром в 20 см можно применить для

количественного учета личинок и куколок комаров. Для этого сачком равномерным движением руки проводят по воде на протяжении одного метра пять раз, что дает количество личинок на площади в 1 м².

Количественную пробу можно взять скребком, вырезая им определенную площадь дна, или драгой и тралом, фиксируя длину их пути по дну. Для последней цели пользуются тралографом, регистрирующим скорость и расстояние, пройденное прибором. Имеются также специальные количественные скребки и драги (скребок Дулькейта, драги Грезе, Домрачева, Марковского, Гордсева и др.).

Скребок Дулькейта отличается от обычного скребка тем, что по одной из его боковых сторон приварены втулка и шип, позволяющие вводить скребок в грунт на желаемую глубину и путем вращения скребка вырезать грунт с населяющими его животными и водорослями с точно определенной площади.

Количественная драга Гордеева (рис. 16) состоит из следующих основных частей: рамы с ножом и полозьями, мешка, двустворчатой крышки, стопорного устройства крышки с замыкаю-

шим тросом и стопорного устройства вспомогательного троса. Драга опускается на дно в открытом виде, и кошка стопорного устройства начинает работать в момент соприкосновения прибора с грунтом. После прохождения драгой заданного (длиной троса) пространства трос кошки выдергивает стопор крышки прибора и крышка закрывает отверстие, заканчивая тем самым облов.

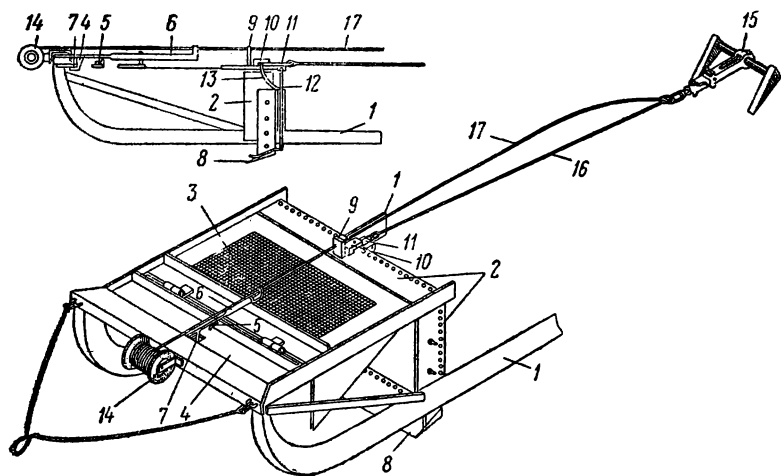


Рис. 16. Зоологическая количественная драга Гордеева:

1 — ползья рамы, 2 — рама, 3 — первая (верхняя) створка крышки драги, 4 — вторая (нижняя) створка крышки драги, 5 — крючок на нижней створке крышки драги, 6 — стопорный стержень, 7 — крюк стопорного стержня, 8 — нож, 9 — направляющая планка стопорного устройства, 10 — неподвижная горизонтальная пластинка стопорного устройства, 11 — кольцо для вспомогательного троса, 12 — качающийся стержень, 13 — дуга качающегося стержня, 14 — катушка для наматывания троса, 15 — кошка, 16 — вспомогательный трос, 17 — замыкающий трос

На литорали моря, на мелководье реки и озера количественную пробу можно взять, накладывая на дно рамку определенного размера (площадью в 0,1; 0,25; 0,5 и 1 м²), из которой выбирают со дна растения и животных. Ботаники пользуются деревянными плавучими рамками для определения густоты зарослей или рамками с прикрепленными грузиками для опускания их на дно в заросли придонных растений. Применяются также рамки с заостренными нижними краями и снабженные по углам шипами. Такого рода рамки вбиваются в грунт, причем на глубоких местах используется водолазная техника.

В условиях мелководных быстротекущих рек удобно работать с помощью бентометра Садовского (рис. 17), представляющего собою круглый, открытый снизу и сверху цилиндр из листового железа высотой до 75 см. Площадь основания цилиндра 0,1 м²

(диаметр отверстия около 35,8 см). Бентометр вдавливается в грунт реки с помощью двух ручек, приклепанных близ верхнего края цилиндра; нижний край цилиндра для облегчения вхождения в грунт делается зубчатым. Стенки цилиндра имеют два больших окна размером 38×38 см, стоящие одно против другого. Переднее окно для меньшего ослабления корпуса прибора выре-

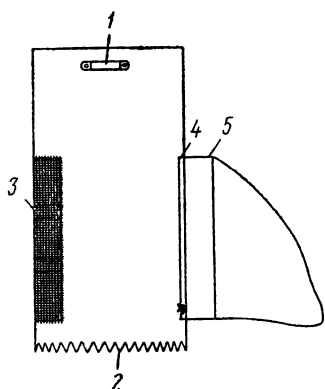


Рис. 17. Бентометр Садовского:

1 — ручка, 2 — зубья, 3 — переднее окно, 4 — сплошная рама, 5 — съемная рама с сачком

зано не целиком, а в виде трех отдельных отверстий. Переднее окно закрыто плотно припаянной снаружи металлической нержавеющей сеткой с отверстиями не больше 0,5 мм. К краям заднего окна снаружи приварена сплошная рама, состоящая из двух полос шириною в 2 см. В боковых полосках этой рамы укреплены штифты с шляпками для надевания съемной рамы с пришитым к ней сачком из конгрессканвы или мельничного шелка. При работе прибор устанавливается на дно реки передним окном против течения, вода при этом свободно входит в переднее окно и выходит наружу через сачок. Удерживая бентометр одной рукой, другой достают камни со дна и обтирают их пальцами — смываемые животные относятся течением в сачок.

Перебирая камень за камнем, учитывают все донное население с пространства в 0,1 м², заключенное внутри бентометра. Можно пользоваться бентометрами и меньших размеров.

С помощью цилиндров или призм с матерчатыми стенками можно делать количественные сборы фауны, обитающей среди растительных зарослей.

Наиболее удобными и портативными приборами количественного учета донного населения являются дночерпатели. В настоящее время имеется много дночерпателей различных систем, применяемых как на пресных водах, так и на морях. Одни дночерпатели опускаются в водоем на штанге, другие — на тросе.

Штанговый беспружинный дночерпатель Заболоцкого (рис. 18) состоит из корпуса-коробки, открытого сверху и снизу, с площадью входного отверстия 15,8×15,8 см = 250 см², или 1/40 м²; нижние края корпуса остро отточены. Снизу корпус закрывается двумя створками, вращающимися на осях, вделанных в стенки корпуса. При замыкании щек их нижние края заходят друг за друга на 0,5 см; створки изготовляются из более тонкого, чем корпус, металла, и нижние края их затачиваются. С верхней стороны корпус закрывается двумя крышками. К неподвижной раме, прикрепленной к стенкам корпуса, прикреплен латунная на-

правляющая трубка с прорезью в виде прямой щели с верхним (прямоугольным) и нижним (закругленным) изгибами. По направляющей трубке вверх и вниз двигается железный стержень с винченным в него небольшим болтиком, который при движении стержня скользит по прорези направляющей трубки, заходя

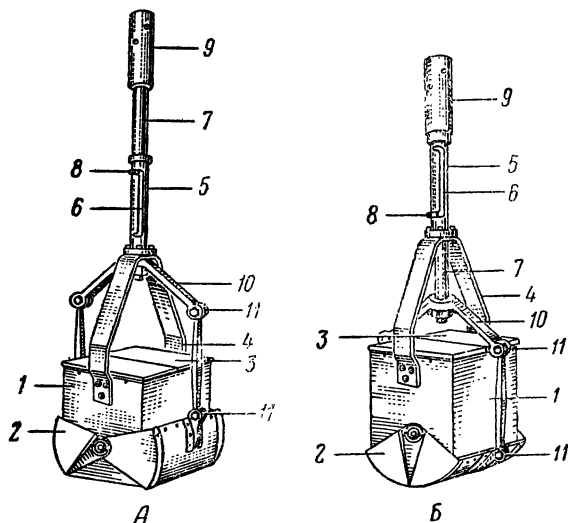


Рис. 18. Штанговый беспружинный дночерпатель Заболоцкого в открытом (А) и закрытом (Б) виде:

1 — корпус-коробка, 2 — щеки, или створки, закрывающие коробку снизу, 3 — крышки, закрывающие корпус сверху, 4 — неподвижная рама, 5 — направляющая трубка, 6 — прорезь в направляющей трубке, 7 — железный стержень, 8 — болт на железном стержне, 9 — трубка на конце стержня, 10 — подвижная рама, 11 — шарниры на концах и в середине подвижной рамы

при поворотах стержня в изгибы прорези. Верхний конец стержня соединен через трубку с деревянной штангой, а нижний конец — с подвижной рамой. Эта рама представляет собою коромысло, концы которого на шарнирах соединяются с верхними краями створок дночерпателя. Перед употреблением дночерпатель открывается и закрепляется штифтом на стержне, затем нажимом на штангу дночерпатель врезается в дно и штанга поворачивается, освобождая штифт из верхней прорези. Новым нажимом на штангу дночерпатель закрывается, затем поворотом штанги штифт вводится в нижнюю прорезь и дночерпатель вынимается из воды.

Этот дночерпатель, равно как и описываемый ниже, удобен для работы на плотных задернованных и глинистых грунтах мелководья.

Штанговый цилиндрический дночерпатель Мордухай-Болтовского (рис. 19) состоит из отрезка железной трубы диаметром в 6 или 11,3 см, длиной 25—30 см, со стенками толщиной 2—3 мм, снизу отточенными. К трубе с помощью болтов прикреплены тупоугольные дуги, верхними концами охватывающие муфту. Нижние концы дуг снабжены прорезью для стопорного винта. Крепким завинчиванием этих винтов труба устанавливается в вертикальном положении; отпуская винты, трубу можно привести в наклонное положение, вращая ее на болтах, как на оси. В муфте свободно ходит полый шток, который верхним своим концом насаживается на штангу. В шток снизу вставлен стержень с насадкой на верхнем конце. Нижним концом стержень прикреплен к металлической крышке с резиновой прокладкой снизу. Вокруг стержня навита спиральная пружина. На шток наварена шпонка, которая при вертикальном движении штока ходит по прорези муфты. При опускании дночерпателя в воду его крышка поднята и труба открыта. Проба берется давлением на штангу и вынимается с поворотом подобно тому, как это делается при работе с дночерпателем Заблоцкого. На вынутом из воды приборе открывают крышку, оттягивая ее вместе со штангой, и освобождают винты, удерживающие трубку в вертикальном положении.

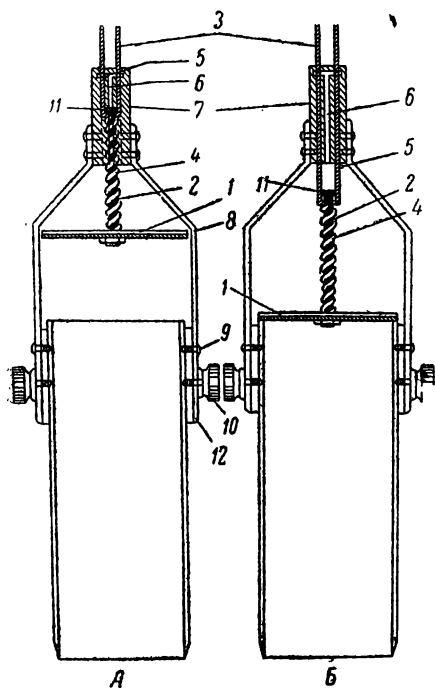


Рис. 19. Трубчатый дночерпатель Мордухай-Болтовского (А) и закрытом (Б) виде:

1 — металлическая крышка с резиновой, 2 — стержень, 3 — полый шток, насаживающийся на штангу, 4 — спиральная пружина на стержне, 5 — шпонка на штоке, 6 — прорезь муфты, 7 — муфта, 8 — тупоугольные дуги, 9 — болты, 10 — стопорные винты, 11 — насадка на стержне, 12 — нижние концы тупоугольной дуги

Отклонив дугу с крышкой в сторону, в нижнее отверстие трубы вводят деревянный шомпол, которым выталкивают пробу грунта в кювету.

Дночерпатель Экмана — Берджа, модификация Боруцкого (рис. 20), состоит из прямоугольного корпуса, щек (створок), закрывающих корпус снизу, верхних крышек и спускового аппарата. Площадь отверстия корпуса 250 см^2 , т. е. $1/40 \text{ м}^2$ ($15,8 \times$

×15,8 см). Высота корпуса 35—40 см. Створки вращаются на осях, вделанных в стенки корпуса, и захлопываются с помощью сильных спирально закрученных пружин; тонкими цепочками или стальными тросиками они при открытом положении дночерпателя соединяются со спусковым аппаратом. Этот последний помещается на раме, укрепленной на верхних стенках корпуса, и состоит из двух рычажков, круглой пластинки и двух спиральных пружин, надетых на рычажки. В центре пластинки и в раме имеется круглое отверстие для закрепления троса, на котором дночерпатель опускается в воду. Общий вес дночерпателя не должен быть меньше 7 кг, иначе он недостаточно глубоко погружается в грунт. Перед спуском в воду створки раскрываются, и цепочки через дырки на концевых лапках надеваются на штифты спускового аппарата. Когда дночерпатель погружится в ил, по тросу пускается посыльный груз, который ударяет по втулке спускового аппарата и тем самым освобождаёт цепочки створок, которые с силой захлопываются.

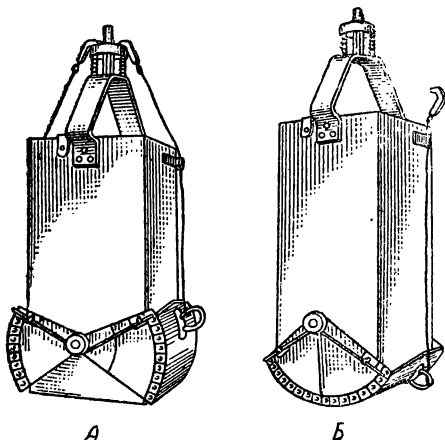


Рис. 20. Дночерпатель Экмана—Берджа в модификации Боруцкого в открытом (А) и закрытом (Б) виде

Хороший результат дночерпатель Экмана — Берджа приносит только на относительно мягких илистых грунтах. Для работы на более плотных песчаных грунтах применяются тяжелые дночерпатели ковшевого типа — Петерсена, «Океан», Гордеева.

Дночерпатель типа Петерсена применяется в виде различных моделей с площадью облова в $1/10$; $2/10$; $1/40$; $1/100$ м² и весьма различного веса — от 1 до 40 кг и более. Он состоит из двух изогнутых ковшей, вращающихся на скрепляющей их оси. К внутренней стороне одного из ковшей прикрепляется замыкающий тросик, который проходит от этого ковша к другому, передаваясь через блок, находящийся на его внутренней поверхности. Отсюда тросик, огибая ось с закрепленным на ней блоком, поднимается через щель в верхних полукруглых крышках к замыкающему приспособлению. Ковши дночерпателя сверху закрыты металлическими стенками с одним-двумя затянутыми сеткой окнами. Для утяжеления на каждом ковше снаружи прикрепляются свинцовые или чугунные пластины; сверху от них привариваются кольца для цепи, поднимающей дночерпатель. Замыкающее устройство состоит из двустенной узкой рамки (обоймы), в центре которой на оси подвижно прикреплен неравноплечий рычаг с корот-

ким плечом в виде крючка, а длинным — в виде широкой пластинки, играющей роль противовеса. Своей верхней частью замыкающее приспособление прикрепляется к рабочему тросу. Перед употреблением дночерпатель раскрывается до отказа, в

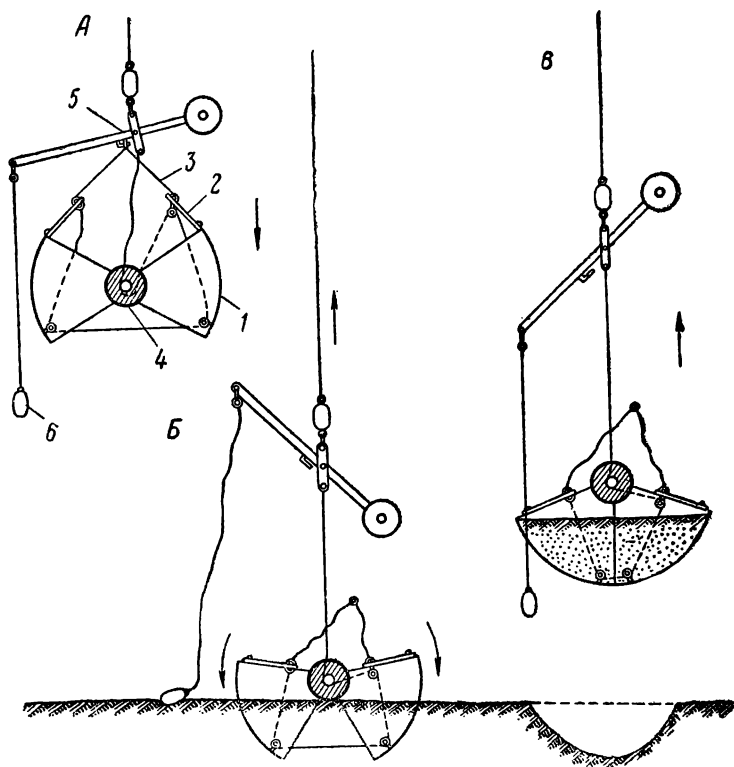


Рис. 21. Дночерпатель «Океан-50». А — положение перед спуском; Б — на дне; В — при подъеме:

1 — стальные створки (ковши), 2 — крышки, 3 — тросы, открывающие крышки, 4 — центральный груз, 5 — сбрасыватель троса, 6 — груз на плече коромысла

кольцо цепи вставляется конец крючка, рабочий трос натягивается, и в таком виде дночерпатель опускается на дно водоема. При соприкосновении с грунтом дночерпатель своей тяжестью погружается в него, трос дает слабину и цепь соскакивает с крючка. После этого дночерпатель медленным натяжением троса закрывается и вытаскивается на поверхность. Вынутый кусок грунта после раздвигания ковшей вываливается в таз, а оставшиеся на стенках частицы смываются водой через окна верхних стенок ковшей.

Дночерпатель «Океан-50» (рис. 21), так же как и предыду-

ший, состоит из двух ковшей, но верхние крышки его свободно откидываются вверх, не оказывая сопротивления при спуске прибора. Другой особенностью этого дночерпателя является применение центрального груза и уменьшение веса грузов на ковшах. Для раскрытия дночерпателя при спуске и закрывания его после соприкосновения с грунтом служит блокируемый сбрасыватель, состоящий из неравноплечего коромысла, обоймы и двух грузов на концах коромысла. Нижнее ребро коромысла несет крюк для подвески кольца троса, раскрывающего дночерпатель. На длинном плече коромысла на тросе подвешен груз, причем длина этого троса рассчитана так, чтобы груз касался дна несколько раньше самого дночерпателя. Второй груз закрепляется непосредственно на коротком плече коромысла. Коромысло свободно вращается в обойме, к верхней части которой через вертлюг присоединяется трос от лебедки, а к нижней — конец троса, запирающего дночерпатель. При подъеме дночерпателя с палубы перед началом работы кольцо раскрывающего троса надевают на крюк сбрасывателя и трос выбирают втугую, при этом крышки откидываются вверх, дночерпатель раскрывается, и в таком виде он спускается в водоем. В момент соприкосновения прибора с дном крышки под действием собственного веса закрываются. После срабатывания сбрасывателя и освобождения кольца раскрывающего троса натяжение троса лебедки через обойму передается на закрывающий трос, и он плотно закрывает крышки, а затем стягивает ковши дночерпателя. При подъеме прибора на судно он подвешивается на сбрасыватель и раскрывается над ситовым столиком, на который и выпускается собранный образец грунта с фауной. Площадь захвата этого дночерпателя 0,25 м², общий вес до 150 кг, но могут быть изготовлены приборы и с меньшей площадью захвата и с меньшим весом.

Зубчатый дночерпатель Гордеева состоит из двух полукоробок, снабженных по длинной стороне рядом зубцов (15—25 штук), свободно вращающихся (как у дночерпателя Петерсена) на оси. От углов полукоробок отходят 4 цепочки, скрепляющиеся кольцом над центром прибора выше оси. Для раскрытия и закрывания прибора служат два рычага, которые одним концом неподвижно прикреплены к раме зубчатого ряда, а другим укреплены с помощью хомутика на оси. Подвеска прибора и замыкающий аппарат такие же, как у дночерпателя Петерсена. Зубчатый дночерпатель применяется для лова и количественного учета крупных промысловых моллюсков и голотурий. Вес его 60—100 кг.

С помощью описанных выше качественных и количественных орудий можно собирать фауну и флору всех размеров от микроскопических до весьма больших; однако для количественного учета микроскопического бентоса лучше пользоваться специальными приборами Мура, Цееба, Бэческу.

Прибор Цееба изготавливается из отреза водопроводной трубы диаметром 3,6 и длиной 40 см. Главной частью этого прибора

является тубус, имеющий снизу резьбу для навинчивания наконечника. Сверху тубус закрывается продырявленной металлической пластинкой с привинченной к ней резиной. Наконечник в верхней части имеет муфту с резьбой для навинчивания на тубус. К верхней части тубуса прикреплены крылья, способствующие вертикальному падению прибора при выемке проб. Внутрь наконечника вставляется стеклянный или целлулоидный цилиндр, который удерживается в нижней части наконечника впаанным бортиком. Прибор опускается на тросе с достаточной быстротой, а

поднимается медленно и без сотрясений. Когда прибор поднят к поверхности воды, нижнее отверстие цилиндра закрывается (под водой) пробкой и прибор вынимается на палубу, где наконечник прибора отвинчивается. Вынутый из наконечника цилиндр затыкается сверху второй пробкой и в вертикальном положении в плоском ящике с специальными гнездами переносится в лабораторию.

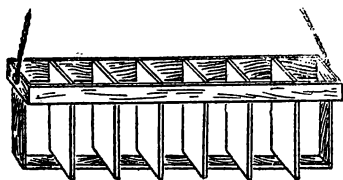


Рис. 22. Рама для подвешивания пластинок обрастания

Имеются и более совершенные модели этого прибора, применяемые в Институте гидробиологии Академии наук УССР и в Институте биологии водохранилищ Академии наук СССР.

Перифитон, представляющий собою разновидность бентоса, изучается, как было указано в первой главе, или непосредственно на обрастающих предметах — судах, буях, бакенах, сваях и т. п., или на разного рода пластинках, специально выставляемых в водоемах. Сборы организмов обрастания производятся в разное время года. Для этого используются суда, проходящие докование, а также разного рода буи и сваи, находящиеся в районе исследования. Применяются количественные рамки, внутри которых обрастание счищается скребком или стамеской.

Более полные данные о времени начала обрастания и его интенсивности можно получить с помощью пластинок, которые подвешиваются к судам, бакенам или буям. Лучше же всего такого рода пластинки, сделанные из дерева, стекла или металла, подвешивать сериями по 6—8 штук в специальных рамах (рис. 22). Применяются пластинки величиной 25 см на 25—30 см или другого размера. Расстояние между пластинками не должно быть меньше 7—8 см.

Если в задачу исследования входит не только изучение процесса обрастания, но и испытание красок, предохраняющих суда от коррозии и обрастания, то пластинки (кроме контрольных) покрываются сперва антикоррозийными веществами и уже по ним испытываемой краской. Одновременно с окрашенными пластинками ставятся неокрашенные, которые вынимаются и просматриваются каждый месяц. В случае, если контрольные пла-

стинки в течение продолжительного времени не обрастают, то и окрашенные пластинки также не будут обрастать, если их окраска содержит даже мало ядовитых веществ. Если же контрольная пластинка за месяц обрастет, а окрашенная нет, то причину этого следует видеть в высокой токсичности испытуемой краски.

Испытательные работы должны организовываться в разных морях и особенно в тех, где личинки организмов, образующих обрастания, присутствуют в воде большую часть года. Следует остерегаться произвольной оценки эффективности краски, если пластинки стояли в воде в то время, когда там было мало личинок или их не было вовсе.

Оценка обрастания пластинок производится путем подсчета количества особей, осевших и развившихся на них, или измерением площади обросшей поверхности. Имеются и другие способы оценки токсичности красок.

Аналогичные исследования проводятся в пресных водах, причем применяемые здесь краски должны отличаться меньшей токсичностью.

Метод пластинок обрастания применяется и при изучении заселения водорослями и животными различных субстратов (пней, плотин), покрываемых водами водохранилищ. Для этого пользуются так называемыми ловчими субстратами, которые ставятся в разных местах водоема и затем периодически вынимаются для изучения обрастания. Особо большое значение имеет изучение перифитона (или обрастания в широком смысле слова) при решении санитарно-биологических проблем (установлении степени загрязнения водоема, изучении процессов самоочищения и т. п.). При такого рода работах в водоеме в районе загрязнения с помощью скребка производятся сборы обрастаний, которые по возможности переносятся в лабораторию в живом виде, так как многие сапробные организмы после фиксации спиртом или формалином становятся трудно определяемыми. Кроме сбора обрастаний, покрывающих различные подводные предметы, облицовку бережных, подводную часть пристаней и т. д., делают сборы иловой пленки, покрывающей дно, при этом пользуются скребком с мельничным шелком или же любым прибором, которым можно засосать ил (пипеткой с резиновой грушей, илососом Перфильева и т. п.). В том же районе производится сбор донной фауны дночерпателями (на илистых грунтах — дночерпателем типа Экмана—Берджа, на песчаных—одним из ковшовых дночерпателей).

Хороший результат санитарно-биологического изучения водоема может быть получен, если наряду со сборами обрастания с естественных субстратов производится установка экспериментальных пластинок обрастания (стеклянных или деревянных) при самом впадении в водоем сточной жидкости и затем на разных расстояниях от него.

При многих гидробиологических работах, связанных с изучением биологической продуктивности водоемов, большое значение имеет количественный учет вылетающих из воды насекомых. Имеется несколько приборов, с помощью которых можно учесть как количество куколок, поднимающихся со дна, так и число экрыленных насекомых, покидающих водоем.

Плавающий насекомоуловитель Черновского (рис. 23) состоит из двух частей: подводной и надводной. Подводная часть представ-

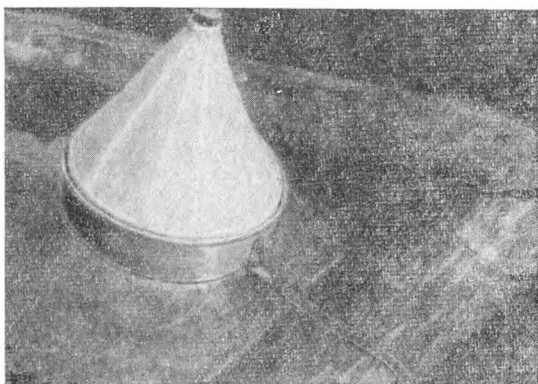


Рис. 23. Насекомоуловитель Черновского на плотике

ляет собою усеченный конус или пирамиду из оцинкованного железа с открытым нижним большим основанием площадью в 0,25; 0,5 или 1 м². С помощью полукруглых лап эта часть подвешивается к бревенчатому плоту треугольной формы таким образом, чтобы весь усеченный конус (или пирамида) был в воде. На подводную часть насаживается надводная часть, имеющая форму домника, со стенками и крышей из металлической или шелковой сетки и с железной трубой наверху, затыкаемой широкой пробкой. Внизу надводной части имеется задвижка, позволяющая изолировать обе части и закрывать надводную часть во время ее съемки. Насекомоуловитель ставится в определенный участок водоема, и в него попадают насекомые, отродившиеся за это время с площади, соответствующей площади открытой подводной части прибора. Попавшие в верхнюю часть прибора насекомые тщательно вылавливаются с помощью энтомологического эксгаустера или собираются в банку, надетую на трубу надставки, для чего снятая надставка затеняется куском темной материи.

Аналогичные приборы Грандильевской-Дексбах, Боруцкого, Ионассона ставятся на дно водоема или подвешиваются на различных глубинах, что позволяет учитывать куколок, поднимающихся в толщу воды, и вылетающих из куколок насекомых. В та-

ких приборах удобна самофиксирующая ловушка Боруцкого (рис. 24).

Ценные количественные данные приносит также изучение сноса обитателей дна течением, для чего имеются специальные приборы, довольно сложные в работе. Поэтому здесь мы их не описываем.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ, СОПУТСТВУЮЩИЕ ИЗУЧЕНИЮ БЕНТОСА

Из гидрологических данных, необходимых для понимания распределения бентоса, отметим глубину места исследования, колебание уровня, особенности грунта, скорость течения воды, температуру воды, придонную соленость и содержание кислорода.

Глубина воды в мелководных водоемах измеряется размеченным на сантиметры и дециметры шестом-наметкой или ручным лотом — размеренным тросом с грузом на конце. При наличии лебедки пользуются счетчиками глубин, вьюшкой Томсона. Большое распространение имеет измерение глубины с помощью эхолота. Этот прибор, имеющийся во многих моделях, работает на принципе отражения звука: посылаемый датчиком звук отражается от дна и доходит обратно до приемника, где он и регистрируется путем автоматической записи на бумажной ленте. Эхолот позволяет измерять глубины от 0,1 м до максимальных океанических.

Колебания уровня воды изучаются на многочисленных морских, речных и озерных гидрометрических станциях, откуда в ряде случаев гидробиолог и может получить необходимые сведения. Однако, если гидробиологическое исследование производится вдали от водомерного поста, необходимые наблюдения может сделать и неспециалист.

При работе на морской литорали пользуются футштоком или мореографом. Футшток (рис. 25) может быть деревянным или металлическим, на лицевой стороне его нанесены деления, дающие возможность производить отсчеты уровня с точностью до 1 см. При волнении отсчет производится два раза: при прохождении гребня

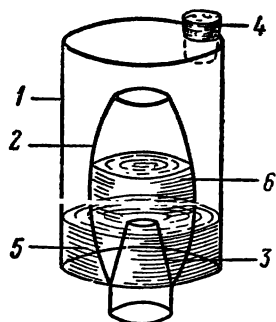


Рис. 24. Самофиксирующая ловушка Боруцкого:

1 — стеклянный стакан, 2 — трубка, расширяющаяся в середине, 3 — стеклянная коническая воронка, 4 — горлышко с пробкой, 5 — спирт или формалин, 6 — вода

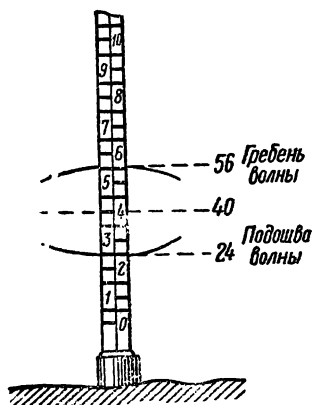


Рис. 25. Футшток. Отсчет уровня воды при волнении

волны и при наступлении подошвы волны. Точную картину колебания уровня дает мореограф с самописцем.

Во время биологических исследований на реках сведения о суточных колебаниях уровня можно получить с помощью рейки Близняка, которая имеет вид продолговатого ящика с отверстиями. Внутренняя поверхность стенок ящика окрашивается сначала черной масляной краской, а по ней — разведенным в воде мелом. Прибор укрепляется на специальной свае рядом с водомерной рейкой. Поднимающаяся вода размывает мел на стенке ящика, и по разнице цвета легко установить высоту, на которую поднималась вода. Точную картину колебания уровня в озере можно получить, пользуясь лимнографом.

Грунт для анализа (механического и химического) можно брать из тех самых орудий сбора, которыми добываются животные и растения. Однако имеются и специальные приборы для выемки проб грунта — это различного рода лоты, грунтовые трубки, стратометры и пр. Наибольшим распространением при работах на озерах пользуется стратометр Перфильева, а на морях — трубка Экмана. Наиболее длинные колонки грунта дают гидростатические трубки Сысоева (до 34 м).

Скорость течения изучают с помощью поплавков, батометра-тахиметра, динамометрических трубок и вертушек разных систем. Поплавок может быть изготовлен из любого плавающего материала: из распилов дерева, бутылок, пустотелой металлической тары и др. Для измерения поверхностного течения необходимо иметь в водотоке или на берегу его две неподвижные точки; это может быть стоящий на якоре корабль, вбитые в дно сваи, береговые вешки. Расстояние между двумя точками (в метрах), деленное на время прохождения поплавка между ними (в секундах), и представляет собою скорость течения. Для измерения скорости течения в придонной области можно пользоваться глубинными поплавками, которые состоят из верхнего (поддерживающего) и погруженного (тонущего) поплавков, соединенных с помощью нити.

Батометр-тахиметр Глушкова представляет собою плоско-складывающийся резиновый баллон с присоединенной к нему металлической трубкой с заостренным носиком и со съемной наставкой. Ставя прибор трубой против течения, выдерживают его известное количество времени (50; 100 сек.), в течение которого вода вливается в камеру. Затем по тарировочной кривой определяют скорость течения, соответствующую количеству миллилитров воды, влившейся в баллон за секунду.

Наиболее точные цифры скоростей течения получают с помощью вертушек, применяющихся на морях и реках.

При морских работах пользуются вертушкой ВМ-М, которая определяет не только скорость течения (по числу оборотов пропеллера), но и направление течения (с помощью магнитной стрелки, по желобку которой через определенное число оборотов

пропеллера скатываются латунные шарики, попадающие в коробку с отсеками, ориентируемую течением). Вес вертушки 7 кг. На реках применяют вертушку Жестовского (Ж-3), которая опускается как на штанге, так и на тросе. Она состоит из лопастного винта на неподвижной оси с контактным механизмом (для передачи электросигналов), корпуса с рулем и приспособлениями для работы с штанги и троса. Вес прибора с ящиком 7,5 кг, вес штанги 5,2 кг.

Придонные скорости течения можно измерять одновременно с учетом количества влекомых по дну наносов, для чего пользуются донными ванночками Полякова, Аполлова, «Дон» и других систем.

Температура воды в поверхностном слое измеряется термометром, заключенным в латунную оправу ОТ-51. Эта оправка предохраняет термометр от повреждения и при поднятии его на воздух сохраняет на некоторое время показания температуры, установившиеся в воде. Для измерения температуры на глубине такая рама не годится.

Определение температуры на глубинах производится глубоководным термометром ТГ, который вставляется в опрокидывающуюся раму РОТ-48. Опрокидывание рамы на заданной глубине осуществляется с помощью посыльных грузов. Конструкция рамы позволяет применять их серийно на одном тросе. Вес рамы с двумя термометрами 1,5 кг.

Для автоматической записи распределения температуры воды в море или озере до глубины 200 м применяется термобатиграф ТБ-52. Глубина погружения прибора и температура на этой глубине записываются одновременно в виде линии, прочерчиваемой на стекле, покрытом специальным веществом. Вес прибора 15 кг.

При работе на неглубоких водоемах удобен термокаппафон Долгова, которым можно определять одновременно температуру воды и удельную электропроводность (характеризующую общую соленость воды). Этот аппарат смонтирован в ящике размером 12×25×35 см. В дырчатый прозрачный (из органического стекла) кожух смонтированы электроды и термометр сопротивления. Провода от электродов и термометра заключены в длинную каучуковую трубку, в которой они и опускаются в исследуемый горизонт воды. Каждое отдельное определение занимает при пользовании этим прибором всего 1 мин.

Вода из придонных слоев моря или внутренних водоемов для химического анализа (определения хлора, кислорода, углекислоты, жесткости и пр.) вынимается батометрами разных систем. Для изучения воды непосредственно над донными отложениями удобно пользоваться батометром Молчанова или поршневым батометром Овчинникова¹.

¹ Батометр Молчанова изготовлен пока в виде опытной модели Государственным гидрологическим институтом, а поршневой батометр Овчинникова имеется в Институте биологии водохранилищ АН СССР.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ В РАЗНЫХ ВОДОЕМАХ

Проведение исследовательской работы на водоеме или в определенной зоне водоема требует специальных методов, специального набора приборов, с помощью которых производятся работы, и списка гидрологических наблюдений, которые необходимо выполнить.

Исследование морей

Литораль представляет собою одну из интереснейших для гидробиологов зон моря. Во время отлива здесь обнажаются иногда огромные площади дна, и взору открывается интересный мир растений и животных. Здесь удобно изучать приспособление (адаптацию) литоральных обитателей к своеобразным условиям прилива-отлива, закономерности вертикального и горизонтального распределения водорослей и животных в связи с соленостью воды, прибойностью, характером грунта, температурой воды и воздуха в разные сезоны года. Сбор водорослей здесь производится вручную и с помощью грабелек, количественный учет — квадратными рамками. Для сбора фауны (помимо ручного сбора) применяются сачки, скребки; закапывающиеся формы вырываются лопатой. Количественный учет производится методом учетных площадок и рамками, вбивающимися в грунт, причем такие рамки могут иметь цилиндрическую форму, высота рамки 25—30 см. Из гидрологических наблюдений на литорали особое значение имеет колебание уровня, которое изучается с помощью мареографа и футштока. Рекомендуется отмечать во время отлива точки наивысшего и наименьшего стояния воды и приводить затем полученные данные к нулю глубин (пользуясь для этого таблицами ежегодника приливов и отливов).

Сублитораль характеризуется (особенно в своей верхней части) большим разнообразием биоценозов и гидрологических условий. Эта зона служит местом откорма и нереста многих промысловых рыб, а также их промысла. Гидробиологические исследования осуществляются здесь сериями разрезов, располагающихся перпендикулярно к ходу изобат. На малых глубинах работа ведется с шлюпки или моторного катера, на больших глубинах — с корабля. Из орудий сбора на малых глубинах применяются драги малого размера, грабельки, скребки, трал Агассица, дночерпатели Экмана—Берджа и Петерсена. Для опускания приборов нужна ручная лебедка с тонким металлическим тросом. На больших глубинах работают более крупными орудиями—тралами, драгами, дночерпателями Гордеева и «Океан», которые опускаются с паровых или электрических лебедок с тросом, имеющим в диаметре 5—6 и 8—12 мм. Из факторов среды здесь на каждой гидробиологической станции регистрируются глубина, грунт, температура воды (поверхностная и глубинная), соленость, течение.

Большие глубины океана (абиссаль и супраабиссаль) приносят гидробиологам много неизведанного. Сравнительно небольшой еще опыт советских и зарубежных исследований показал, что на глубинах свыше 5 000 м можно пользоваться различными тралами (например, тралом Агассица — Горбунова, который опускался на тросе в 7,8 и 9,2 мм) и дночерпателями («Океан» Петерсена). Путь, проходимый тралом по дну, регистрируется тралографом Кудинова. Основная трудность в применении дночерпателя на больших глубинах заключается в том, что не всегда удается точно уловить момент прикосновения дночерпателя к грунту. Отличные результаты дает для познания условий осадкообразования грунтовая трубка Сыроева, которая опускается при работах на «Витязе» со специальной глубоководной траловой лебедки, несущей 16 000 м троса (уменьшающегося в диаметре от 15,5 до 8,5 мм) и снабженной электромотором мощностью в 58 л. с.

Исключительно интересные данные о населении морских глубин дают наблюдения из специальных аппаратов, спускаемых на тросе с борта судна или обладающих собственной плавучестью. Батисфера Биба в 1934 г. спускалась на глубину 923 м, бентоскоп Бортона в 1949 г. спустился на глубину 1360 м. Батискафы Вильма и Пиккара, плавающие подобно подводной лодке, совершили ряд спусков до глубины свыше 7 000 м. Такого рода аппараты дают возможность вести подводную кино съемку и точно документировать наблюдения.

Исследование пресных вод

Реки представляют собою весьма сложное природное образование, неоднородное как по своей длине, так и по отдельным стадиям одного ограниченного участка. Поэтому изучение донного населения реки должно производиться как на всем ее протяжении, так и на каждом из участков — на типовых створах. Исследованию подлежат также характерные водоемы речной долины, а равно дельта или эстуарий. Всюду, где возможно, производятся круглогодичные наблюдения. На реке работа ведется с моторного катера и шлюпки, в пойменных водоемах — с переносной легкой лодки. Орудия исследования опускаются в воду с помощью ручных лебедок с тросом в 2 мм или вручную на капроновом или веревочном лине. Водная растительность собирается грабельками, количественный учет ее производится при помощи рамок. Донная фауна коллекционируется сачком, скребком, бентометром, драгами, тралом, дночерпателями Петерсена (с захватом $1/40$ м²) — на песчаном грунте, Заболоцкого — на глинистом грунте, Экмана — Берджа — Боруцкого — на илистом дне пойменных водоемов. Сопутствующие наблюдения — это определения глубины (наметкой), скорости течения (вертушкой), температу-

ры воды (термометром в оправе), взятие проб воды для химического анализа (батометром Жуковского).

Озера, вследствие их разнообразия, требуют дифференцированного исследовательского подхода. Для работы на больших озерах (Байкал, Ладожское, Телецкое и др.) требуются большие моторные суда с механическими лебедками. На средних и малых озерах работают на небольших моторных катерах и на шлюпках, пользуясь ручными лебедками или опуская приборы вручную на веревочном тросе. Изучение донного населения производится на типовых створах, охватывающих озерную литораль, сублитораль и профундаль, и на типичных биоценозах. Орудиями исследования служат грабельки для собирания растений, рамки, сачки, скребки, драги, дночерпатели систем Заболоцкого и Боруцкого, насекомоуловители Черновского с самофиксирующимися ловушками Боруцкого. Сопутствующие наблюдения: глубина (эхолот и счетчики глубин на вьюшках), грунт (дночерпатели), температура (опрокидывающийся термометр и термокаппафон), вода для химического анализа (батометр Руттнера).

Водохранилища должны исследоваться не менее двух раз в год — при минимальном наполнении и максимальном стоянии уровня. Работа производится со специально оборудованных судов («Наука» Института биологии водохранилищ) или с моторных катеров, в мелководной части — с шлюпок. Орудия лова спускаются с помощью ручных и моторных лебедок на металлическом тросе (диаметр до 4 мм). В мелководных участках работа ведется вручную. Исследование производится на створах, охватывающих оеушную и постоянную зоны и различного рода затопленные почвы и угодья. Орудиями исследования являются: количественные рамки, ловчие субстраты, штанговый дночерпатель Мордухай-Болтовского, дночерпатель Петерсена. Сопутствующие наблюдения аналогичны тем, что указаны для озер.

Пруды изучаются в течение всего времени выращивания в них рыб, с лодок и мостков, зимой со льда (через проруби). Растительность и фауна собираются со всего водного пространства пруда. Орудия исследования: грабельки, сачок, скребок простой и количественный (Дулькейта), дночерпатели Петерсена в 1/100 м² и Мордухай-Болтовского, закидная драга, насекомоуловитель Черновского. Сопутствующие наблюдения те же, что и на озерах.

ЛИТЕРАТУРА

- Бирштейн Я. А. и Боруцкий Е. В., 1956. Методика изучения подземных вод. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 1.
- Близнак Е. В., 1952. Водные исследования. Изд. Мин. речн. флота СССР, М.
- Боруцкий Е. В., 1932—1935. К вопросу о технике количественного учета донной фауны. Тр. Лимнол. ст. в Косине, 15—19.

- Борущий Е. В., 1950. Материалы по динамике биомассы макрофитов озера. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., II.
- Бэческу М., 1957. Дночерпатель для количественного изучения донных организмов — аппарат для одновременного сбора макро- и микробентоса. Bulet. Institut. de cercetari piscicole, 2 (на румынск. яз.).
- Грезе В. Н., 1944. Количественная драга для учета донной фауны «Зоол. журн.», т. XXIII, вып. 2—3.
- Гордеев В. Д., 1946. Зоологическая количественная драга. Изв. Тихоокеан. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океангр., XXII.
- Горбунов Г. П., Тарасов Н. И., Ушаков П. В., 1931. Исследования зообентоса континентального плато. Инструкции по биол. иссл. вод, ч. I. Биология морей. Раздел А. Иссл. бентоса, 1—2.
- Долгов Г. И. и Никитинский Я. Я., 1927. Гидробиологические методы исследования. Стандартн. методы иссл. питьевых и сточн. вод.
- Жадин В. И. 1919. Как собирать водных животных. Краткая инструкция по сбору материалов к познанию природы природы местного края. Муром.
- Жадин В. И., 1950. Изучение донной фауны водоемов. Изд. АН СССР.
- Жадин В. И., 1956. Методика изучения донной фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 1.
- Заболоцкий А. А., 1936. О беспружинном штанговом дночерпателе. Тр. Ленингр. общ. естествоисп., XV, 2.
- Зенкевич Л. А., 1951. Практика работы дночерпателями на больших глубинах. Тр. ин-та океанол., 5.
- Катанская В. М., 1956. Методика исследования высшей водной растительности. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 1.
- Кордэ Н. В., 1956. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ). Жизнь пресн. вод СССР, IV, 1.
- Липинова А. Н. и Н. Н., 1950. Макрофлора стоячих водоемов и связь ее с идиофауной. Тр. Всерос. н.-и. ин-та прудов. рыбн. хоз.
- Лисицын А. П. и Удинцев Г. Б., 1955. Новая модель дночерпателя. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ. VI.
- Ляхов С. М. и Жидков Л. Ф., 1953. Донная ловушка — прибор для изучения сноса донных организмов в речном потоке. «Зоол. журн.», т. XXXII, вып. 5.
- Мордухай-Болтовской Ф. Д., 1955. О методике количественного учета фауны во временных водоемах и в периодически затопляемых зонах водохранилищ. Тр. биол. ст. «Борок», 2.
- Поляков Б. В., 1940. Методика исследований речных наносов и перекаатов. Гидрометиздат.
- Садовский А. А., 1948. Бентометр — новый прибор для количественного сбора зообентоса в горных реках. Сообщ. АН ГрузССР, IX, 6.
- Сысоев Н. Н., 1951. Якорный дрейфграф. Тр. ин-та океанол., 5.
- Сысоев Н. Н., 1951. Вопросы применения и конструкции грунтовых трубок. Тр. ин-та океанол., 5.
- Сысоев Н. Н., 1951. Океанологические лебедки «Океан». Тр. ин-та океанол., 5.
- Уломский С. Н., 1952. Опыт количественного учета бентоса на плотных речных грунтах. Тр. Всесоюз. гидробиол., общ., IV.
- Ушаков П. В., 1951. Практика и перспективы применения самописца для учета пройденного пути при работе с тралами. Тр. ин-та океанол., 5.
- Цеб Я. Я., 1940. Трубочатый лот для глубинных количественных проб микробентоса. «Природа», 11.
- Abderhalden E. (herausg.) Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. IX, T. 2 Methoden der Süßwasser—und Meeresbiologie. Lief. 115: Wagler E. Die chemische und physikalische Untersuchung der Gewässer für biologische Zwecke. Die Untersuchung bestimmter Gewässer.

- Thienemann A. Das Grundwasser. Die Quellen. Der Bach und Fluss.
- Hentschel E. Die Untersuchung von Strömen.
- Thienemann A. See und Teich — Ufer.
- Naumann E. See und Teich — Tiefe, Plankton und Neuston.
- Naumann E. Wasserwerkbiologie.
- Hentschel E. Abwasserbiologie.
- Naumann E. Die Röhkkultur des Heleoplanktons.
- Auerbach M., 1953. Ein quantitativer bodengreifer Beitr. naturkunde Forsch. Südwestdeutschl., 12.
- Berg K., 1938. Studies on the bottom animals of Esrom Lake. K. danske vidensk. Seisk. Skr., 8.
- Birge E. A., 1922. A second report on limnological apparatus. Trans. Wisc. Acad. Sci., Arts, Lett., 20.
- Ekman S., 1911. Neue Apparate zur qualitativen und quantitativen Erforschung der Bodenfauna. Int. Rev. Hydrob., 3.
- Lang K., 1930. Ein neuer Typus des quantitativen Bodenschöpfers. Arch. Hydrob., 21.
- Lenz F., 1931. Untersuchungen über die Vertikalverteilung der Bodenfauna im Tiefensediment von Seen. Ein neuer Bodengreifer mit Zerteilungsverrichtung. Verh. Int. Ver. Limn., 5.
- Macan T. T., 1958. Methods of sampling the bottom fauna in stony streams. Communications n 8 Intern. Ver. Limnol.
- Mackereth F. J. H., 1958. A portable core sampler for lake deposits. Limnology and Oceanography, 3, № 2.
- Moon H. P., 1935. Methods and apparatus suitable for an investigation of the littoral region of oligotrophic lakes. Int. Rev. Hydrobiol., 32.
- Moore G. M., 1939. A limnological investigation of the microscopic benthic fauna of Douglas lake, Michigan. Ecol. Monogr., 9.
- Mundie J. H., 1956. A bottom sampler for inclined rock surfaces in lakes. Journ. Anim. Ecol., 25.
- Rawson D. S., 1947. An automatic-closing Ekman dredge and other equipment for use in extremely deep water. Limn. Soc. Amer. Spec. Publ., 18.
- Welch P., 1948. Limnological Methods. New York.
- Wundsch H. H., 1927. Die Arbeitsmethoden der Fischereibiologie. Handb. biol. Arbeitsmeth., Abt. IX. Teil 2, 2. Hälfte, Heft 1.
-

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БЕНТОСА

ПРОМЫВКА, ВЫБОРКА И ФИКСАЦИЯ МАТЕРИАЛА

Грунт, извлеченный из водоема драгами, тралом, дночерпателями и прочими орудиями сбора вместе с находящимися в нем животными, помещается на промывальный станок или вываливается в таз. Промывальный станок представляет собой стол, в который вместо крышки вставляется (одно в другое) несколько решет на прямоугольных рамах с достаточно высокими бортами. Верхнее решето при морских работах имеет сетку (лучше латунную) с ячейей в 10—30 мм, второе — сетку с ячейей в 5 мм и нижнее — частую сетку с ячейей в 1—1,5 мм. При работах на пресных водах сетки решет должны быть более густыми: первая 2—5 мм, вторая 1—2 мм и третья 0,5 мм. Вода для промывки бентоса подается из-за борта судна шлангом, причем на его конец надевается проволочная сетка, обеспечивающая разбрызгивание воды. Если работа производится на мелководном водоеме с лодки, то сита соединяются между собой веревкой, без промывального станка, а промывка грунта в них достигается погружением связанных сит в воду водоема через борт лодки.

Выборку животных производят пинцетом и шпателем, начиная с верхнего решета, где после промывки остаются наиболее крупные формы, затем разбирают второе решето и, наконец, третье, которое отнимает более всего времени. Если время и обстоятельства не позволяют достаточно тщательно выбрать фауну с третьего сита, то разбирается только определенная часть пробы (1/2, 1/4, 1/10), а остальная часть целиком, вместе с остатками грунта, перекладывается в банку и фиксируется.

При промывке грунта через металлические сита, особенно при пользовании водой из шланга, весь микробентос и значительная часть мезобентоса пропадает для исследователя. Кроме того, некоторые животные (например, малощетинковые черви) переплетают своими телами проволоку сит и при выборке рвутся на части. Этот недостаток значительно смягчается при промывке грунта через вертикальное сито Липина и почти полностью устраняется, если вместо металлических сит пользоваться шелковыми.

Прибор Липина (рис. 26) представляет собой цилиндр, стенки которого состоят из металлической сетки с ячейей в 0,5 мм; сетка припаяна к металлическому каркасу, состоящему из трех вертикальных стоек, верхние концы которых соединены кольцом, а нижние прикреплены к металлическому дну цилиндра, имеющему форму гладкой воронки. В центре воронки имеется отверстие с внутренним диаметром 25 мм; от него вниз отходит короткая трубка, закрывающаяся винтовой пробкой. Прибор опускается для промывания в воду за 2 ручки, приклепанные к верхнему кольцу.

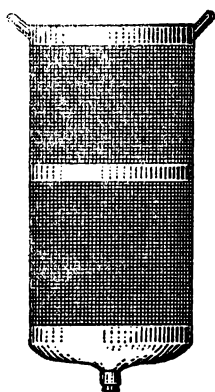


Рис. 26. Вертикальное сито Липина

Шелковые сита разной формы и размеров применяются для промывки всей пробы (если грунт представляет собой тонкий ил) или ее части (когда грунт менее однороден). При работе на озере проба ила помещается целиком в шелковое сито на четырехугольной раме, которая вешается за борт лодки; при движении лодки грунт сам по себе промывается, и в сетке остаются только животные (в том числе и мезобентос) и небольшое количество минеральных и органических примесей.

При работе на море проба бентоса частями переносится в сачок из крупноячеистого шелкового сита и промывается в баке с морской водой путем многократного погружения сачка в воду.

Песчаный грунт перед промывкой через шелковые сита следует подвергать взмучиванию. Для этого песок из дночерпателя или драги кладется в таз и заливается водой — до половины глубины таза. Рукой или каким-либо предметом вода в тазу приводится в состояние кругового движения, при котором вся органическая муть и легкие водные животные поднимаются в слой воды. Не давая мути осесть, воду из таза сливают в плоский шелковый сачок-промывалку. Процесс отмучивания повторяется до тех пор, пока вода не перестанет мутнеть. В промывалке концентрируется весь мезобентос, а при пользовании шелком № 77 и значительная часть микробентоса. Животные, обладающие тяжелой раковиной или являющиеся активными пловцами, выбираются из таза после отмучивания вручную или путем промывки через металлическое сито с ячейей в 0,5 мм.

Из шелковых сит материал переносится в кюветы из пластмассы черного цвета или в плоские эмалированные тарелки, одна половина которых окрашена в черный, а другая — в белый цвет, и подвергается выборке с помощью тонкого коленчатого шпателя, пинцета с тонкими концами, пипетки и кисточки.

Пробы микробентоса, взятые специальным прибором и перенесенные в лабораторию в стеклянных заткнутых с обеих сторон цилиндрах, подвергаются следующей обработке. Слой воды над

грунтом отсасывается сифоном настолько, чтобы над грунтом оставалось 0,8—1,0 см воды. Градуированной стеклянной трубкой, с площадью нижнего отверстия до 10 мм², берут верхний слой ила, а затем ил с разных горизонтов и помещают его в мерные пробирки с делениями в 0,1 мл. В каждую пробирку с порцией ила для разбавления доливается 4—5 мл чистой, не содержащей организмов (профильтрованной через мембранный фильтр) воды. Взбалтывая содержимое пробирок, получают равномерную суспензию, из которой 1 мл просчитывают в счетной камере под микроскопом или биноклем. Так учитывается микробентос. Что же касается мезобентоса, то он учитывается в пробах отдельно. Для этого верхний слой пелогена взмучивается, и муть сливается в разграфленный по дну кристаллизатор, сюда же добавляется несколько капель формалина и производится просчет и выборка форм мезобентоса (остракод, веслоногих и ветвистоусых рачков, мелких клещей и т. п.).

Отмытый различными способами и выбранный материал складывается в банки подходящего размера и фиксируется спиртом или формалином. Большинство донных обитателей фиксируют 70-градусным спиртом, а содержащих большое количество воды — 96-градусным спиртом. Поскольку крепость спирта из-за отдачи животными воды постепенно снижается, следует проверять его концентрацию и при необходимости добавлять или заменять спирт новым. Формалином обычно фиксируют те группы организмов, в теле которых мало воды, например, актиний, медуз, гребневиков, полихет. При отсутствии спирта формалином можно фиксировать и все другие группы животных, но тогда формалин следует предварительно нейтрализовать путем добавки в него соды или буры. Для этого к 1 л продажного (40%) формалина добавляют 10 г буры, предварительно растворив ее в 100 мл горячей воды. Фиксация производится 4-процентным формалином, для чего продажный нейтрализованный формалин разводится водой в 10 раз.

Животных, предназначенных для последующего микроскопического исследования, фиксируют специальными фиксаторами, например, жидкостью Буэна и др.¹

Некоторых животных перед фиксацией следует анестезировать, чтобы затем зафиксировать в расправленном виде. Анестезирующими веществами являются хлоралгидрат, серноокислый магний, кокаин, эфир, хлороформ, ментол и др.

Особое внимание следует уделять сохранению и гербаризации водных растений (высших цветковых, мхов, водорослей). Собранные растения, тщательно отмытые от соли, ила и грязи, вначале хранят в воде или мокрой бумаге, завернутой в перга-

¹ Состав этих фиксаторов и способы их применения описаны в «Большом практикуме по зоологии беспозвоночных». Изд-во «Советская наука», 1958.

мент-или клеенку. Затем они закладываются между листами непроклеенной бумаги, причем они тщательно расправляются и помещаются под легкий пресс. После того как растения вынуты из под прессы, бумага заменяется сухой, и растения сушатся в ботанических прессах обычным путем.

Весь собранный материал немедленно после разборки этикируется. Этикетка пишется на пергаменте тушью, причем предварительно проверяется, не смывается ли она фиксирующей жидкостью; если несмываемая тушь отсутствует, этикетку пишут простым (не химическим) карандашом. Этикетка должна содержать следующие сведения: номер записи в экспедиционном журнале, дату, название водоема, координаты, условия нахождения (глубина, грунт и пр.), орудие сбора, фамилию сборщика. Желательно иметь отпечатанные типографским способом бланки этикеток с наименованием экспедиции и учреждения, ее организовавшего.

Каждая проба записывается в специальный бентонический журнал экспедиции, хранящийся с особой тщательностью.

РАЗБОРКА, СЧЕТ, ВЗВЕШИВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Дальнейшая разборка и обработка материала производится либо по окончании экспедиционных работ, либо, при наличии времени, на борту судна во время экспедиции.

Разборка в зависимости от размеров материала, объема проб и величины собранных форм производится или в больших кюветах, или в кристаллизаторах и чашках Петри и контролируется просмотром под лупой и бинокляром.

Сборы морской фауны разбираются по следующим группам: 1) корненожки, 2) губки, 3) гидроиды, 4) коралловые полипы, 5) немертины, 6) многощетинковые черви, 7) приапиды, 8) сипункулиды, 9) эхиуриды, 10) мшанки, 11) плеченогие, 12) ракушковые раки, 13) усконогие раки, 14) тонкопанцирные раки, 15) мизиды, 16) кумовые раки, 17) анизоподы, 18) равноногие раки, 19) бокоплавы, 20) эвфаузиды, 21) десятиногие раки, 22) пантоподы, 23) панцирные моллюски, 24) двустворчатые моллюски, 25) брюхоногие моллюски, 26) лопатоногие моллюски, 27) головоногие моллюски, 28) погонофоры, 29) морские лилии, 30) морские звезды, 31) офиуры, 32) морские ежи, 33) голотурии, 34) туникаты.

Пресноводные сборы — по следующим группам: 1) кишечнополостные, 2) губки, 3) мшанки, 4) пиявки, 5) малощетинковые черви, 6) волосатики, 7) круглые черви, 8) турбеллярии, 9) высшие раки, 10) веслоногие, ракушковые и ветвистоусые раки, 11) настоящие листоногие раки, 12) водяные клещи, 13) пауки.

14) личинки тендипедид и гелеид, 15) личинки остальных двукрылых, 16) вилхвостки, 17) личинки стрекоз, 18) личинки поденок, 19) личинки большекрылых, 20) личинки веснянок, 21) жуки и их личинки, 22) клопы, 23) личинки ручейников, 24) гусеницы бабочек, 25) моллюски.

Собранный зоологический и ботанический материал необходимо подвергнуть точному определению. В случаях возникновения трудностей — невозможности определения того или иного вида на месте, эти материалы следует пересылать (с просьбой об определении) в Зоологический или Ботанический институты Академии наук СССР¹.

В количественных пробах представители каждой группы фауны просчитываются и взвешиваются (с соблюдением требований, изложенных ниже), а затем помещаются в отдельные пробирки или банки, в зависимости от размеров животных и количества особей данной группы, и снабжаются этикетками, повторяющими в кратком виде содержание этикеток, вложенных в пробу при сборе материала на борту судна. Мелкие формы помещают в маленькие плоскодонные пробирки и заливают спиртом, после чего пробирки закрывают ватной пробкой и опускают в большую банку со спиртом, предназначенную для хранения представителей определенной группы фауны всех сборов экспедиции; дно банки покрывают тонким слоем ваты. Крупных животных кладут в банки соответствующего размера, заливают спиртом или формалином, нейтрализованным содой или бурой, и помещают на поднос, предназначенный для данной группы фауны.

Разборка и подсчет количественных проб производится в посуде, дно которой разграфлено на квадраты или секторы.

Взвешивание следует делать после подсушки материала на фильтровальной бумаге, причем крупные формы подсушивают до того момента, когда на фильтровальной бумаге не остается мокрого следа, мелкие формы оставляются на фильтре 1 мин. Из раковин крупных двустворчатых моллюсков путем осторожного раздвижения створок перед взвешиванием удаляется жидкость. Крупные формы взвешиваются на химико-технических весах, а мелкие — на торзионных и аналитических (в бюксах). Взвешивают обычно все отобранные из пробы особи данной группы и затем находят вычислением средний вес одной особи. Желательно взвешивать также представителей массовых видов внутри той или другой систематической группы. Следует ска-

¹ Для первоначального ориентировочного определения животных и растений можно рекомендовать следующие книги: по фауне и флоре северных морей — определитель под ред. Н. С. Гаевской; по фауне дальневосточных морей — атлас под редакцией П. В. Ушакова; по фауне и флоре пресных вод — «Жизнь пресных вод СССР», тт. 1 и 2 под редакцией В. И. Жадина (см. списки литературы).

зять, что взвешивание организмов в живом или фиксированном виде не отличается точностью и потому следует стремиться получить сухой вес¹.

Для количественной характеристики фауны и установления ее пищевой ценности для рыб важно знать не только количество и вес животных на единицу площади, но и химический состав тела животных или хотя бы их калорийность. Определение содержания белков, жиров и углеводов довольно сложно, поэтому в настоящем пособии мы ограничиваемся описанием метода определения калорийности животных по Винбергу, Ивлеву, Платовой и Россолимо. Собранных для этой цели живых или зафиксированных 5—6-процентным формалином животных высушивают при 50—60° и навеску в 10—20 г подвергают мокрому сжиганию (по принципу бихроматного окисления органического вещества). Основной раствор, служащий для сжигания (хромовая смесь), готовится растворением 8 г CrO_3 в 500 мл серной кислоты. После нагревания в течение 30 мин. при 165° раствор сливается с осадка. Сжигание производится в конической колбе емкостью 50 мл. Туда помещается анализируемая проба и вливается пипеткой Мора 10 мл хромовой смеси; затем на водяной бане при 100° все это подогревается 2 часа. После нагревания объем смеси измеряется, и она сливается для титрования в колбу большей вместимости. Титрование производится раствором соли Мора, и титр раствора определяется по $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Параллельно производится «холостое» определение, и результат титрования вычитается из результата этого определения. Затем вычисляется количество кислорода, пошедшего на окисление органического вещества в сухой навеске (как показали исследования, за 2 часа мокрого сжигания при 100° окисляется до 80% всего органического вещества). Количество кислорода, пошедшего на окисление органического вещества (с добавлением того количества, которое должно пойти на оставшиеся неокисленные 20%), можно перевести в величину калорийности изучаемого животного, умножая его на оксикалорийный коэффициент 3,375.

Запись результатов сбора и обработки материала начинается с момента разборки проб, когда в карточки определенного образца, напечатанные на плотной бумаге или тонком картоне, записываются наименования групп, число собранных особей, их вес и результаты пересчета с площади использованного орудия лова на стандартную площадь (1 м²). Ниже приведены формы карточек для морских и пресноводных исследований.

Запись данных при разборке—наименование групп, число входящих в них организмов и их вес — делается с большими промежутками, для того чтобы впоследствии после определения туда можно было бы вписать данные по отдельным видам.

¹ Более подробно о взвешивании водных организмов сказано в гл. 5.

Форма карточек, применяемых при морских гидробиологических исследованиях:

Учреждение

Палубная книжка бентосных работ

Судно Рейс Дата
Станция Долгота Широта
Глубина Грунт
Орудие лова

Руководящие и характерные формы бентоса

Подпись

Учреждение

Судно Рейс
Станция № Дата

Качественный и количественный учет донной фауны

Орудие лова Число проб
Обловленная площадь

Место сбора Глубина Грунт Темпера-
тура Соле-
ность Дата
обработки

с. ш.

в. д.

| Наименование животных | В пробе | | Перечисление на 1 м ² | | Примечание |
|-----------------------|------------|-----|----------------------------------|-----|------------|
| | число экз. | вес | число экз. | вес | |
| | | | | | |

Те же графы — на обороте карточки.

нее количество экземпляров каждого вида на единицу площади и среднюю биомассу его популяции в тех или других условиях существования, в тот или другой сезон или иной отрезок времени.

Частота встречаемости, среднее обилие и средняя биомасса, в свою очередь, дают представление о доминирующих, обычных и редких видах и позволяют выделить биоценогические группировки, дав им наименования по доминирующим формам.

Если отобрать карточки, относящиеся к одному биоценозу или одной группировке в разные сезоны года, то можно дать представление о динамике численности и биомассы биоценоза (группировки) в течение года.

На основании записей в карточках можно также расчислить относительное значение любой группы фауны в численности и биомассе биоценоза в тот или другой сезон или в течение круглого года. Такого рода данные удобно изображать в виде круговых диаграмм, в которых площадь круга приравнивается к величине общей биомассы (цифра в центре круга), а отдельные секторы соответствуют процентному соотношению отдельных групп фауны в общей биомассе биоценоза (группировки).

Зная на основании изучения содержимого кишечника рыб, обитающих в данном водоеме, какие виды беспозвоночных поедаются этими рыбами, а какие—нет, можно на основании сведений из карточек подсчитать биомассу используемой и не используемой рыбами фауны беспозвоночных.

Для того чтобы данные постанционных записей использовать для изучения экологических особенностей видов, следует сведения из этих карточек переписать в другие, «экологические» карточки и обработать их статистически. Даем форму такой карточки:

Название вида

| № п п | № журнала | Дата | Место нахождения | Станция | Дно | Течение | Глубина |
|-------|-----------|------|------------------|---------|-----|---------|---------|
| | | | | | | | |

(Продолжение)

| Прозрач-ность | Соленость | pH | Хлор | Са | Окисляе-мость | Количество на 1 м ² | Примечания |
|---------------|-----------|----|------|----|---------------|--------------------------------|------------|
| | | | | | | | |

Если какой-либо вид был найден в большом числе местонахождений, возникает возможность дать представление об амплитуде колебания условий его обитания — об его отношении к условиям грунта, глубине, течению, солености воды и т. д. На основании этих данных можно составить экологическую характеристику вида и построить его экологический спектр.

Сведения, полученные при изучении бентоса, широко используются для создания различного рода рыбопоисковых карт, био-гидрологических графиков и хронограмм, отражающих взаимосвязь биологических и гидрологических факторов и подчеркивающих роль бентических организмов как биологических индикаторов. Приведем несколько примеров из области морских и пресноводных исследований.

Результаты работ Курило-Сахалинской экспедиции изображены в виде рыбопоисковых карт, в которых бентос играет первостепенную роль. Задачей такого рода карт является картографическое изображение всех данных, которые характеризуют физико-химические и биологические условия водоема, определяющие распределение и перемещение промысловых видов.

На карту каждого из изученных районов, на основе детального анализа постанционных списков животных, наносятся донные группировки, обозначаемые каждая определенным цветом и номером. Названия группировок даются по руководящим видам донной фауны, характерные отличия вида схематично изображаются на карте. Здесь же приводятся количественные показатели (биомасса) для видов или групп видов, имеющих наибольшее значение в питании рыб. Там, где позволяет количественный материал, проводятся изобенты (линии одинаковой биомассы бентоса).

Грунты на карте обозначаются различными цветами, глубины — изобатами. Промысловые виды беспозвоночных помечаются особо, так же, как и виды или биоценозы, создающие угрозу задева тралом или могущие засорить трал.

Окская биологическая станция ввела в практику речных гидробиологических исследований построение биолого-гидрологических графиков, в которых данные по донной фауне накладываются на сведения по гидрологическому режиму реки (рис. 27). На графики наносятся: профили створов, кривые средних и придонных скоростей течения и элементарных расходов влекомых наносов, количество бентоса на 0,1 или 1,0 м² дна, схемы распределения грунтов и биоценозов, циклограммы процентного соотношения групп бентоса. Внизу графика помещается таблица с цифровыми данными, на основании которых построен график.

Зоологическим институтом Академии наук СССР при экспедиционных работах (когда гидрологические данные собираются не столь полно) строились упрощенные графики, на которые наносились: профиль створа, кривая средних скоростей, кривая

биомассы донной фауны, иллюстрированная доминирующими представителями фауны; внизу графика давалась схема распределения грунтов; цифровой материал о биомассе донной фауны и скоростях течения приводился сбоку и сверху графика.

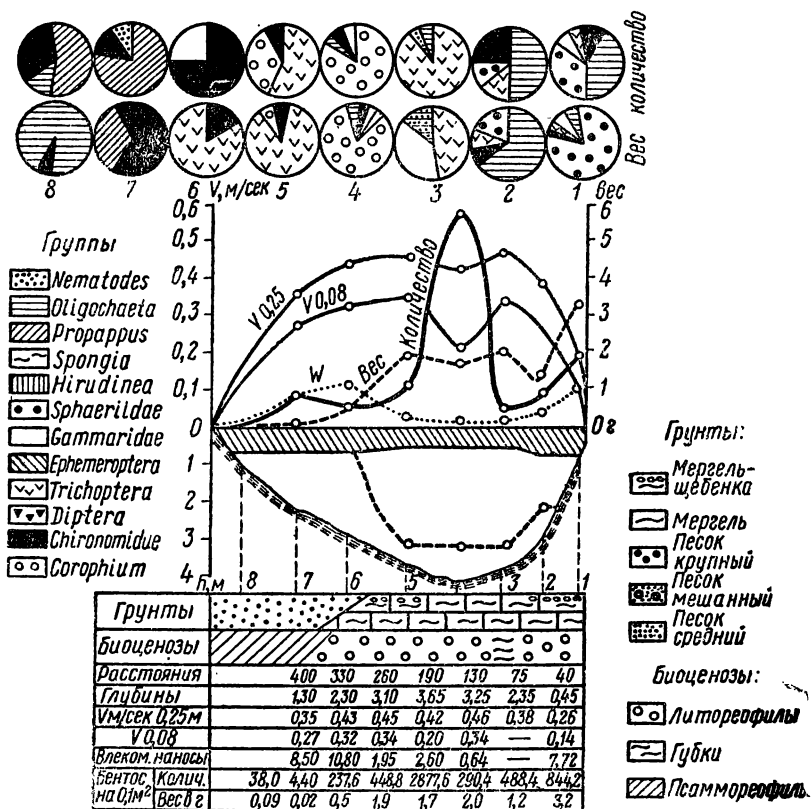


Рис. 27. Биолого-гидрологический профиль по створу реки

Над профилем створа: тонкие сплошные линии ($V_{0,25}$ и $V_{0,08}$) скорости течения на 0,25 и 0,08 м от дна; жирная сплошная линия — количество бентоса на 0,1 м²; прерывистая линия — вес в г на 0,1 м²; такая же линия, отложенная вниз от линии уреза, — вес крупных моллюсков без раковин (кривая веса моллюсков сделана в масштабе в 10 раз меньшем, чем кривая веса прочего бентоса); пунктирная линия (W) — кривая элементарных влекомых наносов в мг/сек на 1 пог. м створа. Заштрихованная полоса на профиле — ледовый покров. Сверху графика в циклограммах — соотношение групп бентоса. Цифры под циклограммами (8—1) — номера вертикалей створа

Результаты годичной работы по изучению донной фауны реки Окской биологической станцией сводятся в виде биолого-гидрологической хронограммы, отражающей динамику биоценозов на фоне динамики гидрологических факторов.

Посезонное картирование грунтов и биоценозов участка реки, произведенное с достаточной степенью точности, позволяет составлять карты, на которые наносятся сведения по грунтам, биоценозам и биомассе, а из гидрологических данных — по скоростям и направлениям течений, а также по влекомым наносам. На таких картах точки одинаковых величин биомассы соединяются между собою изобентами. Путем планиметрирования на основе сезонных карт можно производить подсчет биомассы участка реки и дифференцировать ее на отдельные биоценозы и группы фауны (доступной и недоступной для рыб и пр.).

Картирование биоценозов входит в программы и озерных исследований. Карельский университет практиковал такую схему работы. Биоценозы обозначаются по одному-двум наиболее характерным и легко распознаваемым в полевых условиях видам-индикаторам (например, *Ephemera* — *Valvata*, *Pontoporeia* — *Pisidium*). Бионимическая карта составляется на достаточно детализированной топографической основе масштаба 1:50 000 (обычно берется контурная карта озера с притоками и населенными пунктами, с грунтами и изобатами). Биоценозы наносятся яркими круглыми пунсонами разных цветов на месте взятия дночерпательных проб. Количественные данные для отдельных станций (биомасса в $г/м^2$) интерполируются по грунтам и изобатам и закрашиваются единым цветом разных оттенков. Для воспроизведения в печати эти цвета и оттенки могут заменяться условными знаками.

Нахождение отдельных важных в хозяйственном отношении животных (например, промысловых моллюсков) обозначается какими-либо значками.

Как и при морских исследованиях, для уточнения распространения тех или иных биоценозов используются не только количественные (дночерпательные) данные, но и материалы, добытые драгами, тралами, сачком и скребком.

Если на озере ведутся круглогодичные исследования, то составляются сезонные бионимические карты, и на них наносятся зоны доступной и недоступной для рыб фауны.

Такую же схему составления карт биоценозов следует применять и при изучении донного населения водохранилищ. Если водохранилище исследуется с момента его возникновения, то желательно ежегодное картирование биоценозов типичных участков водоема: 1) реки и ее поймы до возникновения водохранилища, 2) водохранилища на первый год его существования, 3) — на второй, 4) — на третий, 5) — на пятый, 6) — на десятый, 7) — на двадцатый годы. Для некоторых водохранилищ СССР, например Учинского, такого рода карты можно составить по имеющимся материалам.

При изучении бентоса прудов большое значение имеет ежегодное картирование высшей водной растительности и нитчатых

водорослей. Если на прудах проводятся интенсификационные (для рыбного хозяйства) мероприятия, то желательно наносить на карту зарастание прудов под влиянием минерального и органического удобрения, отражать на посезонных картах воздействии на растительность выкоса (скорость возобновления и пр.). Биоценозы донной фауны картируются помесечно с отражением глубины закапывания тех или других компонентов фауны в грунт (для этого собираются материалы по вертикальному распределению животных в грунте — колонки грунта из трубчатых дночерпателей разрезаются послойно: 0—2 см, 2—5 см, 5—10 см).

Санитарно-биологические исследования, произведенные на основе изучения перифитона и донного населения, иллюстрируются разного рода таблицами, в которых сопоставляются количества организмов — показателей степени сапробности в том или другом участке водоема, в тот или другой год исследования.

В качестве примера приведем некоторые результаты исследования Рейна по данным Р. Лаутерборна, относящимся к 1917—1918 гг., и Г. Кнёппа, изучавшего Рейн в 1955 г. Сравнение бентоса реки делалось по количеству видов-индикаторов всех степеней загрязнения (от олигосапробов до полисапробов) для каждого участка Рейна за каждый период исследования (рис. 28) и одновременно вычислялся индекс относительной чистоты реки по формуле: $\frac{\Sigma_o}{\Sigma_o+\beta+\alpha+p}$, где Σ — количество видов: o — олигосапробов, β — β -мезосапробов, α — α -мезосапробов и p — полисапробов.

При исследованиях реки на разных ее участках в один и тот же период в целях сравнения воздействия органических и минеральных (токсических) веществ на донное население Рейна применялись три индекса: 1) отношение числа полисапробов и α -мезосапробов к сумме всех индикаторов загрязнения и чистой воды (1), 2) отношение плотности бентоса Δ_x на незагрязненном участке реки (Σ_n) к таковой на исследуемом участке (Σ_x) (2) и 3) индекс общего воздействия загрязнений на бентос реки (Z_x) — получают умножением первого отношения на второе) (3):

$$\frac{\Sigma_{p+\alpha}}{\Sigma_{p+\alpha+\beta+o}} \quad (1); \quad \Delta_x = \frac{\Sigma_n}{\Sigma_x} \quad (2); \quad Z_x = \frac{\Sigma_{p+\alpha}}{\Sigma_{p+\alpha+\beta+o}} \Delta_x \quad (3).$$

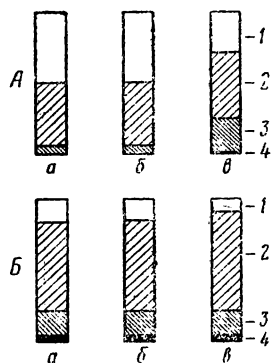


Рис. 28. Сравнение бентоса Рейна по 4 группам сапробности в 1917 г. (А) и 1955 г. (Б):

а — верхний Рейн, б — средний Рейн, в — нижний Рейн, 1 — олигосапробы, 2 — β -мезосапробы, 3 — α -мезосапробы, 4 — полисапробы

При пользовании этими формулами, а также вообще при определении места данного вида в системе сапробности следует помнить о правиле надежности Шрамека-Хушека, согласно которому «определение сапробности может быть вполне надежно,

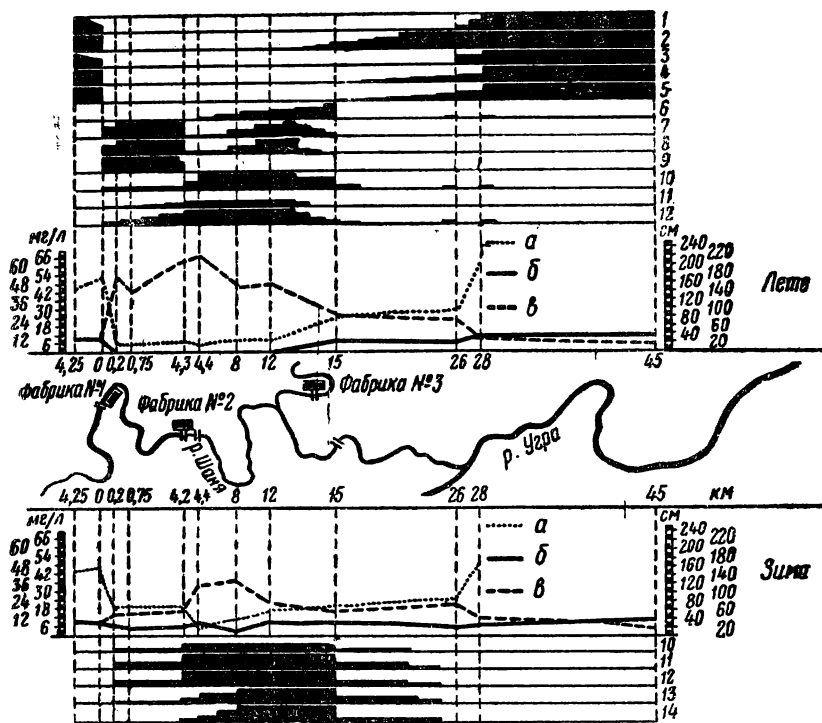


Рис. 29. Относительное развитие наиболее важных показательных организмов по течению рек Шани и Угры в 1923—1924 гг.:

a — прозрачность воды (в см по диску Секки), *б* — кислород (в мг/л), *в* — окисляемость (в мг O₂ на 1 л): 1 — *Fontinalis*, 2 — *Cladophora*, 3 — *Euspongia lacustris*, 4 — высшие водные растения, 5 — выбы. 6 — *Stigeoclonium*, 7 — *Sphaerotilus natans*, 11 — *Mucor*, 12 — *Ciliata*, 13 — *Leptomitus lacteus*, 14 — дрожжевидные организмы

когда в пробе обнаружено несколько показателей одной и той же степени сапробности в характерном для них количестве».

Очень наглядно изображение распространения показательных организмов вдоль по течению реки на загрязняемом и чистом участках в летнее и зимнее время (рис. 29). Наряду с распространением биологических индикаторов на таких графиках следует изображать также изменение прозрачности воды, ее окисляемости и содержания в ней растворенного кислорода, а также и других химических и физических характеристик воды.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССР 1955. Под общим руководством П. В. Ушакова.
- Винберг Г., Ивлев В., Платова Т. и Россолимо Л., 1934. Методика определения органического вещества и опыт calorической оценки кормовых запасов водоема. Тр. Лимнол. ст. в Косине, 18.
- Виноградов А. П., 1944. Химический элементарный состав организмов моря. Тр. Биогеохим. лабор., VI.
- Герд С. В., 1951. К вопросу о принципах биомического картирования озер. Тр. проблемн. и тематич. совещ., 1.
- Жадин В. И., 1940. Фауна рек и водохранилищ. Тр. Зоол. ин-та АН СССР, V, 3—4.
- Жизнь пресных вод СССР. Под ред. В. И. Жадина, I, 1940, II, 1949.
- Зенкевич Л. А., 1927. Количественный учет донной фауны Печорского района Баренцова моря и Белого моря. Тр. Плавуч. морск. научн. ин-та II, 4.
- Зинова А. Д., 1953. Определитель бурых водорослей северных морей СССР. Изд. АН СССР.
- Зинова А. Д., 1955. Определитель красных водорослей северных морей СССР. Изд. АН СССР.
- Зинова Е. С., 1912—1914. Водоросли Мурмана. Тр. Ленингр. общ. естеств.
- Липин А. Н., 1952. Пресные воды и их жизнь.
- Маликова Е. М., 1953. Химический состав некоторых кормовых беспозвоночных. Тр. Латв. отд. ВНИРО. 1.
- Морозова-Водяницкая Н. В., 1947. Опыт количественного учета донной растительности в Черном море. Тр. Севастоп. биол. ст., V.
- Неизвестнова-Жадина Е. С., 1937. Распределение и сезонная динамика биоценозов речного русла и методы их изучения. Изв. АН СССР, отд. математич. и естеств. наук.
- Определители, изд. Зоол. ин-том АН СССР:
- Гурьянова Е. Ф., 1932. Морские арктические равноногие.
- Дьяконов А. М., 1933. Иголокожие северных морей.
- Мартынов А. В., 1934. Ручейники, 1.
- Мончадский А. С., 1936, 1951. Личинки комаров.
- Линдберг Г. У., 1947. Личинкоядные рыбы Средней Азии.
- Берг Л. С., 1948—1950. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран.
- Черновский А. А., 1949. Определитель комаров сем. Tendipedidae.
- Киселев И. А., 1950. Панцирные жгутиконосцы (Dinoflagellatae) морей и пресных вод СССР.
- Дьяконов А. М., 1950. Морские звезды морей СССР.
- Бродский А. Л., 1950. Веслоногие рачки Calanoida дальневосточных морей СССР и полярного бассейна.
- Гурьянова Е. Ф., 1951. Бокоплавцы морей СССР и сопредельных вод.
- Кириченко А. Н., 1951. Настоящие полужесткокрылые Европейской части СССР.
- Яковлева А. М., 1952. Панцирные моллюски морей СССР.
- Жадин В. И., 1952. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР.
- Попова А. Н., 1953. Личинки стрекоз фауны СССР.
- Андряшев А. П., 1954. Рыбы северных морей СССР.
- Дьяконов А. М., 1955. Офиуры (змеехвостки) морей СССР.
- Ушаков П. В., 1955. Многощетинковые черви дальневосточных морей СССР.
- Галкин Ю. И., 1955. Брюхоногие моллюски трохиды дальневосточных и северных морей СССР.

- Короткевич В. С., 1955. Пелагические немертины дальневосточных морей СССР.
- Булычева А. И., 1956. Морские блохи морей СССР и сопредельных стран.
- Ломакина Н. Б., 1958. Кумовые раки морей СССР.
- Колтун В. М., 1958. Кремнегоровые губки северных и дальневосточных морей СССР.
- Наумов Д. В., 1960. Гидроидные полипы и медузы морских, солоноватых и пресных вод СССР.
- Определитель фауны и флоры северных морей СССР, 1948. Под ред. Н. С. Гаевской.
- Павлинова Р. М., 1928. Влияние сточных вод бумажных фабрик на реки Шаню, Суходрев и Угру. Тр. Центр. комитета водоохр., 7.
- Перцов Н. А., 1952. Массовые беспозвоночные литорали Белого моря как компоненты питания рыб и птиц и методика определения их средних размеров и весов. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., IV.
- Рычин Ю. В., 1948. Флора гидрофитов.
- Фауна СССР. Изд. Зоол. ин-та АН СССР.
- Шимкевич В. М., 1930. Многоколенчатые (Pantopoda).
- Резвой П. Д., 1936. Пресноводные губки.
- Гурьянова Е. Ф., 1936. Равноногие дальневосточных морей.
- Штакельберг А. А., 1937. Кровососущие комары.
- Жадин В. И., 1938. Моллюски (сем. Unionidae).
- Макаров В. В., 1938. Anomura.
- Рубцов И. А., 1940, 1956. Мошки (сем. Simuliidae).
- Соколов И. И., 1941, 1952. Водяные клещи, I. II.
- Рылов В. М., 1948. Cyclopoida пресных вод СССР.
- Бронштейн З. С., 1947. Ostracoda пресных вод.
- Световидов А. Н., 1948. Трескообразные.
- Бирштейн Я. А., 1951. Пресноводные ослики (Asellota).
- Боруцкий Е. В., 1952. Naupacticoida пресных вод.
- Световидов А. Н., 1952. Сельдевые.
- Зайцев Ф. А., 1953. Плавунцовые и вертячки.
- Тарасов Н. И. и Зевина Г. Б. 1957. Усоногие раки морей СССР.
- Цееб Я. Я. 1937. К методике количественного учета микрофауны пелогена в связи с ее применением на соленых озерах Крыма «Зоол. журн.», XVI.
- Bertrand H., 1928. Les larves et nymphes des Dytiscides, Hygrobiides et Haliplides. Encyclopédie entomol., X.
- Cushman J. A., 1917. A monograph of the Foraminifera of the north Pacific ocean. Bul. U. S. Nat. Mus., VI.
- Die Süßwasserfauna Deutschlands (herausg. von Brauer), 1909—1915.
- Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. 1926—1937.
- Knöpp H., 1957. Die heutige biologische Gliederungen des Rheinstroms. Deut. Gewässerkundl. Mitt., I. Jahrg., Heft 3.
- Sramek-Husek R., 1958. Die Rolle der Ciliatanalyse bei der biologischen Kontrolle von Flussverunreinigung. Verh. Limnol., XIII.

МЕТОДЫ СБОРА ПЛАНКТОНА

Обитатели толщи воды, состоящие из пассивно парящих водорослей и относительно слабо подвижных животных (планктон), в связи с различными размерами организмов и особенностями распространения их в разных водоемах, собираются для исследования различными планктонными сетками, насосами, батометрами, планктоночерпателями, камерами и пр. Одни из орудий лова дают материал для познания состава планктона (качественные орудия), а другие, кроме того, позволяют судить о количестве планктона в том или ином объеме воды (количественные орудия и методы).

ОРУДИЯ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО СБОРА

Классическим орудием сбора планктона является коническая планктонная сетка, состоящая из шелкового или нейлонового конуса (усеченного), сверху нашитая на металлическое кольцо, а снизу имеющая стаканчик, в котором и концентрируется собираемый планктон (рис. 30).

Шелк, из которого делается конус сетки, применяется также на мельницах для просеивания муки и называется мельничным ситом или газом. Такой шелк отличается большой прочностью и равномерностью распределения нитей и имеет нумерацию по количеству нитей (или соответственно отверстий), проходящих на 10 мм. Наиболее частый газ — № 77, наиболее редкий — № 7. Для улавливания микропланктона (т. е. организмов размером от 50 до 1000 μ) применяются газы № 64—77, для мезопланктона (организмов размером в несколько миллиметров) — № 38—55, для еще более крупных планктонных животных — № 23—15. Наннопланктон (организмы размером менее 50 μ) планктонными сетками не улавливается.

Шелковый конус шьется по выкройке, которая делается согласно рис. 31, а длина боковой поверхности (x) и угол раскрыя (α) вычисляются по формулам (1) и (2):

$$x = \frac{rl}{R-r} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{360 - r}{x} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{180 \cdot r}{x}, \quad (2)$$

где R — радиус металлического обода (широкое основание усеченного конуса), r — радиус стаканчика (узкое основание усеченного конуса), i — длина образующей бока усеченного конуса, x — длина части образующей боковой поверхности конуса, которая должна быть отрезана, α — угол или половина угла при вершине развернутой боковой поверхности конуса.

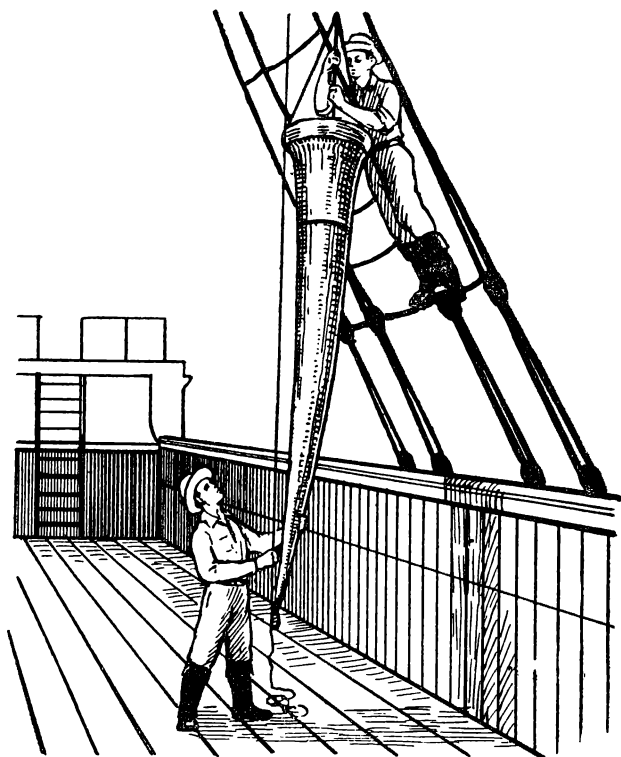


Рис. 30. Планктонная сеть Нансена

На швы на выкройке делается прибавка 1 см сверху и по длинной стороне и 3 см для нашивки на край с планктонным стаканчиком. Сетка шьется тонкой иглой и тонкими, но прочными нитками; для прикрепления к ободу и для подвешивания стаканчика нашиваются полосы из полотна. Шелк перед шитьем смачивается губкой и проглаживается негорячим утюгом.

На ободу делается уздечка из бечевки с кольцом вверху; за это кольцо сетка с помощью чекеля крепится к тросу, на котором сетка спускается в воду.

Стаканчики для планктонных сетей применяются металлические (рис. 32) и стеклянные; в зависимости от размеров сетей

они бывают различной величины и формы. Для малых сеток делают стаканчики с краном высотой 40 мм, диаметром 28 мм, для средних — высотой 80 мм и диаметром 55 мм, для больших — высотой 100 мм, диаметром 60 мм. Вместо крана на стаканчике может быть патрубок, на который насаживается резиновая трубка

соответствующего диаметра, запирающаяся зажимом Мора. Применяются также стаканчики, открытые внизу, затягивающиеся при работе куском шелка, удерживаемого кольцом на штыковом затворе.

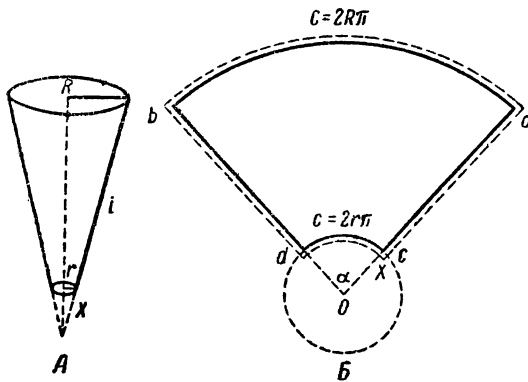


Рис. 31. Схема выкройки сетяного конуса планктонной сетки в свернутом (А) и развернутом (Б) виде:

R — радиус латунного кольца у входного отверстия сетки, r — радиус стаканчика, i — длина бока усеченного конуса (= длине бока сетки), x — длина продолжения бока усеченного конуса до пересечения его с продолжением другого бока конуса, $abcd$ — поверхность усеченного конуса, развернутого на плоскости, o — центр дуги большой окружности (C), соответствующей входному отверстию сетки, α — угол между боками развернутого конуса, odc — отрезаемая часть выкройки, пунктирная линия вокруг развернутого усеченного конуса (Б) — добавочная полоска около 1 см на швы

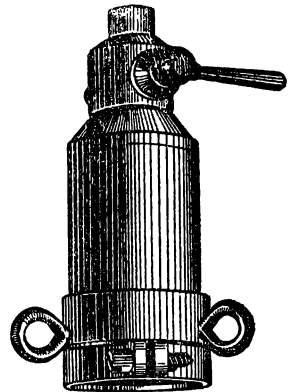


Рис. 32. Металлический планктонный стаканчик с краном

Качественные конические сетки различной величины применяются для работы с лодки или судна; их опускают в воду по возможности в вертикальном направлении. На небольших водоемах, при неподвижном положении судна сетки опускаются на веревочном line вручную или с помощью ручной лебедки. На морях и больших озерах сетки следует опускать на тонком металлическом тросе с помощью паровой или моторной лебедки.

Маленькие планктонные сетки при отсутствии лодки можно забрасывать в воду с берега и затем осторожно вытягивать их, не допуская, чтобы они черпнули грунт. Для сбора планктонного населения зарослей удобно пользоваться маленькой планктонной сеткой Берджа, снабженной впереди конической насадкой

из проволочной сетки с ячейей в 3 мм. Размеры этой сетки таковы: диаметр входного отверстия 8 см, длина образующей боковой поверхности сетяного конуса 21 см. Для такой сетки применяют маленький стаканчик, закрывающийся винтовой пробкой.

Для сбора планктона в реках и в стоячих водоемах при медленном движении судна применяются цилиндрические сетки Лангганса («Цеппелин»), состоящие из двух сшитых из шелка цилиндров и одного шелкового конуса с планктонным стаканчиком на конце. Сетка с помощью кусков полотна нашивается на три кольца из проволоки или оцинкованного железа, к переднему кольцу привязывается уздечка с кольцом для крепления к тросу. Сетка может быть разных размеров (табл. 3).

Таблица 3

Размеры цилиндрических сеток Лангганса

| Измерения (см) | Большая модель | Средняя модель | Малая модель |
|------------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Диаметр входного отверстия | 22 | 15 | 9,5 |
| Длина цилиндрического отдела сетки | 98 | 96 | 96 |
| Длина конического отдела сетки | 50 | 42 | 23 |
| Длина всей сетки | 148 | 138 | 120 |
| Диаметр стаканчика | 6,5 | 4,5 | 4,5 |

Для работы с судна, идущего на малом ходу, в Институте биологии водохранилищ с 1953 г. применяется планктоноуловитель Вовка. Прибор (рис. 33) имеет торпедообразную форму, его основу составляет коническая сетка из мельничного газа, заключенная в легкий металлический каркас, имеющий форму цилиндра, скошенного кпереди под углом 45°. Этот скос придает прибору обтекаемость и позволяет полнее вырезать слой воды, находящийся перед входным отверстием. Стенка головной части ограничена 16 тонкими металлическими стержнями, обтянутыми плотной материей. К нижним краям материи пришивается верх конической сетки из мельничного газа. С внешней стороны сетка защищена четырьмя полыми металлическими стержнями и чехлом из бязи. К задним участкам полых стержней прикрепляются направляющие лопасти из тонкого оцинкованного железа. К узкой части сетки прикрепляется латунный планктонный стаканчик с латунным же дном, в который собирается планктон.

Планктоноуловитель Вовка может быть превращен в количественное орудие. В этих целях через все сечение головной части прибора пропускается металлический стержень, на котором устанавливается гидрометрическая вертушка. Для предохранения вертушки от механических повреждений к передней части планктоноуловителя прикрепляется металлическая трубка, диаметр которой соответствует диаметру входного отверстия.

Прибор спускается в воду на тросе и может работать на разных глубинах. В зависимости от степени развития того или иного планктона, шелк прибора меняется от № 77 (весной) до № 38 (в периоды цветения воды). Прибором Вовка можно также собирать личинок рыб (окуня, судака, снетка и др.), встречающихся в открытых частях водоема.

ОРУДИЯ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СБОРА И МЕТОДЫ РАБОТЫ С НИМИ

Для количественных сборов планктона можно пользоваться вышеописанными коническими сетками, но для этих целей их верхний край выше обода сетки снабжается надставкой в виде усеченного конуса, назначение которой состоит в том, что она уменьшает потерю планктона, выносимого из сетки обратными токами воды при ее движении в воде. Надставка делается из какой-либо плотной материи. Наличие надставки все же не освобождает сетку от потери некоторой части планктона, и потому для сеток вычисляется так называемый коэффициент фильтрации. Эта величина непостоянная, зависящая от скорости движения сетки и от частоты ячеек шелкового газа и его изношенности. Для наиболее употребляемой сетки Апштейна с газом № 77 при движении со скоростью $0,5 \text{ м}^2/\text{сек}$ коэффициент фильтрации равняется 1,22 (для средней модели) и 1,39 (для малой модели).

Приводим размеры количественных сеток Апштейна (табл. 4).



Рис. 33. Торпедообразная планктонная сетка Института биологии водохранилищ

Размеры количественных сеток Апштейна

| Измерения (см) | Малая модель | Средняя модель |
|---|--------------|----------------|
| Диаметр входного отверстия (верхнего кольца) | 10,8 | 20 |
| Длина образующей боковой поверхности надставного конуса | 15 | 38—40 |
| Длина образующей боковой поверхности сетяного конуса | 40 | 100 |
| Диаметр большого кольца | 25 | 40 |
| Диаметр стаканчика | 4 | 6 |

На основе конической сетки сконструированы и замыкающиеся количественные сетки Джеди, отличающиеся от сеток Апштейна более вытянутой надставкой и относительно более узким сетяным конусом (рис. 34). Применяются сетки разных размеров (табл. 5).

Таблица 5

Размеры количественных сеток Джеди

| Измерения (см) | Малая модель | Средняя модель | Большая модель |
|---|--------------|----------------|----------------|
| Диаметр входного отверстия (верхнего кольца) | 12 | 25 | 36 |
| Длина образующей боковой поверхности надставного конуса | 40 | 80 | 120 |
| Длина образующей боковой поверхности сетяного конуса | 47—50 | 100 | 130 |
| Диаметр большого кольца | 17—22 | 35 | 50 |
| Диаметр стаканчика | 3 | 6 | 10 |

Замыкающаяся сетка приводится в рабочее положение с помощью специального замыкателя, состоящего из обоймы, внутри которой на оси свободно двигается крючок с противовесом, служащий для закрепления кольца уздечки сетки (рис. 35). Через верхнюю часть обоймы пропущен винт, за который крепится спускной трос; здесь же укреплено спускное приспособление со спиральной пружиной посередине. В головке спускного механизма имеется прорезь для пропуска спускного троса. Сетка подвешивается дополнительным шнуром, идущим от большого кольца к нижней части обоймы. Перед началом работы сетка вывешивается

вается в открытом состоянии: кольцо уздечки зажато крючком замыкателя. В таком виде сетка опускается в воду, затем поднимается до нужного горизонта, и к этому моменту по спускному тросу пускается посыльный груз, который, ударя по головке спускного механизма, освобождает кольцо уздечки—сетка закрывается и повисает на тросе, прикрепленном к большому кольцу. Закрытая сеть поднимается на поверхность.

При работах, проводимых на море, кроме вышеописанных, применяются количественная сеть Нансена, метровая сеть, рингтрал, планктониндикатор, пелагические сети большого диаметра и др.

Сеть Нансена состоит из верхнего цилиндрического отдела и нижнего — конического, которые изготавливаются из шелкового газа разных номеров. К верхнему обручу пришивается воротник из плотной парусины шириною в 20 см. Этот воротник имеет шесть разрезов и в каждом разрезе две петли и пуговицы, с помощью которых воротник пристегивается к обручу. За воротником идет цилиндрическая часть сети, изготовляемая из редкого газа (№ 34), которая своею нижней частью пришивается к парусиновому замыкательному поясу шириною в 15 см. Замыкательный пояс снаружи имеет шесть колечек, к одному из которых прочно прикрепляется замыкательная веревка (удавка). Свободный конец удавки пропускается через остальные колечки и заканчивается также кольцом, которым при спуске сети удавка присоединяется к замыкателю. К нижнему краю замыкательного пояса пришивается коническая часть, изготовляемая из частого шелкового газа (№ 60—70). Размеры сетки Нансена: диаметр входного отверстия 50 см, длина цилиндрической части 40 см, верхний диаметр конической части 50 см, нижний диаметр ее (у стаканчика) 10 см, длина конической части (по краю) 150 см, длина удавки 275 см.

Сеть опускается на тросе, к которому она подвешивается посредством кольца уздечки из трех веревок, каждая из которых закрепляется в вырезе воротника за верхний обруч и далее проходит к колечкам замыкательного пояса и оттуда к кольцу для прикрепления груза (весом около 20 кг), находящегося в 30 см ниже планктонного стакана. Закрывание сети Нансена осуществляется посредством удавки и замыкателя.

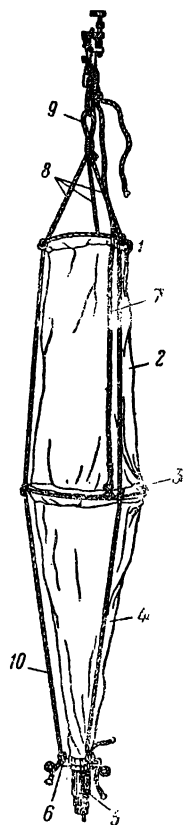


Рис. 34. Замыкающаяся сетка Джеди:
 1 — верхнее кольцо, 2 — матерчатый конус,
 3 — нижнее кольцо, 4 — шелковая сетка,
 5 — стаканчик, 6 — кольца на стаканчике,
 7 — шнур, связывающий сетку с замыкателем, 8 — шуры на верхнем кольце, 9 — петля на шнуре, 10 — шнур, удерживающий стаканчик

Метровая сеть (рис. 36) похожа на сеть Нансена, но значительно больше ее. Вместо трех веревочных растяжек здесь имеется восемь парусиновых лент, которые идут от воротника к концу сети. Ниже стакана к ним подвешивается груз в 30 кг.

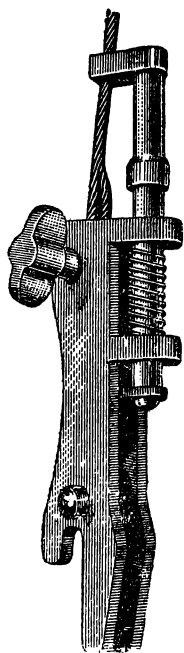


Рис. 35. Замы-
кагель для
планктонной
сетки

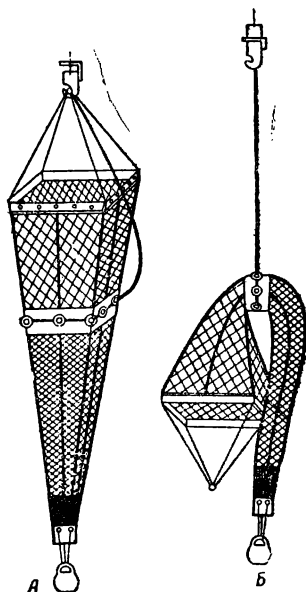


Рис. 36. Метровая планк-
тонная сеть в открытом
(А) и закрытом (Б)
виде

Сеть Нансена удобна для работы в открытом море при сборе микро- и мезопланктона, а метровая сеть хорошо улавливает макропланктон, икру и мальков рыб. Для последней цели особенно пригоден рингтрал.

Рингтрал (рис. 37) представляет собою конусовидный мешок, прикрепленный к металлическому (из нержавеющей металла) обручу. Диаметр обруча 160 см, длина мешка (по краю) 5 — 6 м. Часть мешка, нашивающаяся на обруч, делается из дели с ячеей в 8 мм, а кутовая часть из газа № 55 или соответствующего по плотности перлона. Кутовая часть мешка заканчивается планктонным стаканом или завязывается бечевкой. Вдоль мешка тянутся веревочные растяжки.

При работе рингтралы навешиваются на тот же трос, на ко-

тором спускается трал Агассица или Горбунова. Для определения глубины горизонта, по которому проходит рингтрал при движении судна, необходимо записывать угол наклона троса. Во

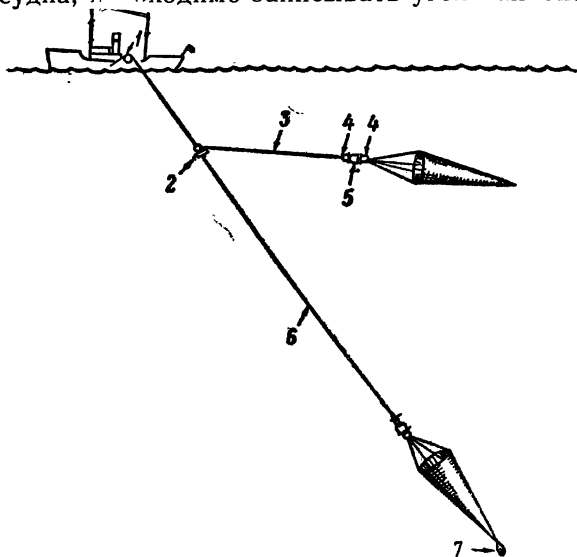


Рис. 37. Рингтралы

1 — блок на судне, 2 — зажим, 3 — трехметровая оттяжка, 4 — чекели, 5 — вертлюг, 6 — ваер, 7 — груз

избежание закручивания троса, между ваером (трос, на котором спускается трал) и рингтралом вставляется вертлюг, закрепляющийся при помощи двух чекелей. Здесь же на тросе ставится особый зажим, сверху от которого к ваеру крепится металлическая оттяжка.

Рингтрал можно снабдить удавкой (как у сети Нансена), и тогда им можно облавливать строго определенный горизонт.

При выемке всех планктонных сетей следует их несколько раз погружать в воду до горловины и, кроме того, на палубе обмывать снаружи из шланга.

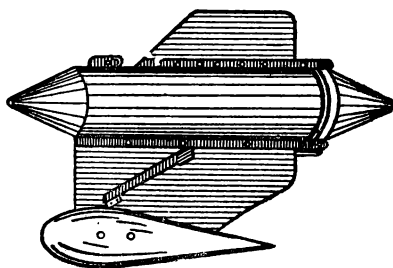


Рис. 38. Планктониндикатор

Планктонный индикатор (рис. 38) состоит из металлической трубки диаметром до 10 см, суживающейся на обоих концах до 2 см. Задний конец трубки затягивается мельничным шелком, укрепляющимся зажимным кольцом. Для обеспечения горизонтального положения в воде к трубе привариваются направляющие лопасти, а снизу приделывается груз обтекаемой формы.

Прибор опускается на тросе на желаемую глубину при движении судна. Планктон остается на шелке, затягивающем задний конец трубы; при окончании работы он смывается в банку для обработки, однако даже цвет осадка на шелке может использоваться для ориентировки в составе и количестве планктона, что имеет большое значение при промысловой разведке.

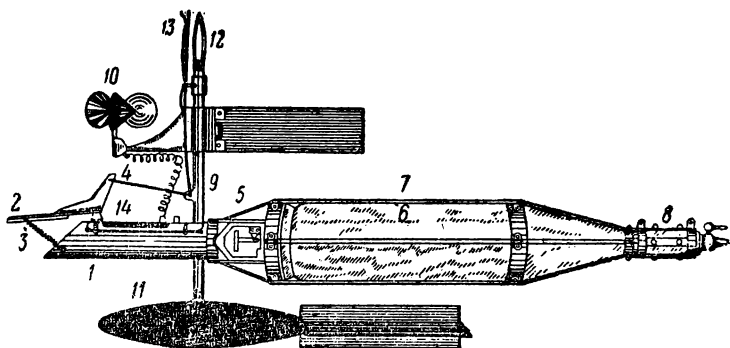


Рис. 39. Планктометр Жидкова и Кузнецовой

1 — водомерная труба с вертушкой, 2 — клапан входного отверстия трубы, 3 — пружина, 4 — тросик для открывания и закрывания клапана, 5 — конус — отражатель струй потока, 6 — планктонная сетка, 7 — каркас и ограждение сетки, 8 — планктонный стакан, 9 — монтажная штанга, 10 — гидрометрическая вертушка, 11 — груз с хвостом, 12 — трос для подвеса планктометра, 13 — провода к счетным механизмам вертушек, 14 — термометр

Имеется и более сложная модель с трубой меняющегося сечения и с гидрометрической вертушкой в хвостовой части.

Применяют несколько моделей количественных планктонных сеток, в которых количество проходящей через них воды измеряется с помощью гидрометрической вертушки (сетки Неизвестной-Жадиной, Кларка и Бумпуса, Слэка, Жидкова и Кузнецовой). Даем описание последней модели, названной авторами планктонометром (рис. 39).

Планктонометр Жидкова и Кузнецовой состоит из следующих частей: водомерной трубы, конуса из латуни, двух гидрометрических вертушек, подвесного троса, комплекта электропередающей сигнализации. Водомерная труба из латуни, 8 см в диаметре, включает в себе маленькую вертушку; трубка закрывается входным клапаном, открываемым с помощью тросика, пропущенного через ролик монтажной штанги и закрываемым двумя спиральными пружинками. Конус латунный, 14 см в диаметре, передним концом навинчивается на водомерную трубку; на заднем его конце к кольцу пришивается планктонная сетка, поддерживаемая проволочным каркасом из трех колец и пяти прутьев. К заднему кольцу каркаса прикрепляется съемный

планктонный стаканчик. Вторая гидрометрическая вертушка (большей величины) укрепляется на монтажной штанге, пропущенной через водомерную трубу и служащей как для подвески всего прибора к спускному тросу, так и для прикрепления снизу обтекаемого груза; длина монтажной штанги 30—35 см. Диаметр подвешенного троса 4—6 мм; при малых глубинах прибор можно опускать на штанге. Комплект электропередающей сигнализации состоит из двужильного провода, батареи сухих элементов, электрического звонка и переключателя с одной вертушки на другую¹. Прибор полностью разбирается и хранится в деревянном футляре.

Работа планктонометром производится следующим образом. Прибор в собранном виде подвешивается к спускному тросу, электрический переключатель ставится на вертушку в водомерной трубке и планктонометр опускается с помощью лебедки с счетчиком на заданную глубину. После этого натяжением тросика клапан, закрывающий трубу, открывается, и вода начинает идти через сетку, поворачивая лопасти внутренней вертушки. Момент открытия клапана засекается секундомером, затем производится регистрация звонков сигналов от вертушки, и на одном из звонков тросик клапана отпускается, секундомер останавливается, и прибор вынимается из воды. На палубе судна прибор ставится в вертикальное положение, сетка снаружи ополаскивается водой, планктонный стаканчик отвинчивается, и содержимое его (проба планктона) выливается в банку подходящего объема.

Планктонометром пользуются в реке во время стоянки судна на якоре или в стоячей воде при движении судна.

Горизонтальные ловы планктона на различных глубинах моря или большого озера можно производить горизонтальной планктонной сеткой Верещагина и Захваткина. Основой этой сетки служит четырехугольная металлическая рама, боковые стенки которой представляют собою круглые колонки. По этим колонкам свободно двигаются две пластины, образующие входное отверстие. К пластинам с тыловой стороны прикрепляется сетяной мешок, для чего имеются вспомогательные металлические полосы с отверстиями. К нижней пластине вспомогательная полоса привинчивается снизу, к верхней — сверху, причем она выдается вперед в виде козырька. Боковые стороны сетки прикрепляются к двум кольцам, свободно ходящим по колонкам рамы. Сетка кроится в соответствии с формой рамы в виде развернутой пирамиды. Планктонный стаканчик делается из легкого материала. Наверху рамы помещается замок с двумя самостоятельными спускными механизмами, находящимися один внутри другого и приводящимися в действие посыльными грузами

¹ Если гидробиологические исследования ведутся в комплексе с гидрологическими, вторая гидрометрическая вертушка на приборе необязательна.

разных размеров. Сетка опускается в воду в закрытом состоянии, и для открытия ее спускается по тросу малый посыльный груз, который ударяет по внутреннему спусковому механизму, освобождая нижнюю пластинку с пришитым к ней нижним краем сетки. Когда сетка протянута на расстояние, требующееся на заданной глубине, то опускается большой посыльный груз, ударяющий по наружному спусковому механизму и тем самым освобождая верхнюю пластинку с верхним краем сетки. Таким образом сеть закрывается и после этого поднимается на палубу.

Для того чтобы одновременно облавливать несколько горизонтов воды, на спускной трос можно надеть несколько сеток. При этом на вторую собачку каждого замка подвешивается соответствующей величины посыльный груз, а именно: на собачку внутреннего спускового механизма — груз меньшей величины, на собачку наружного спускового механизма — большой груз; малый посыльный груз подвешивается на длинной веревке, большой — на короткой. Этим достигается то, что одновременно с открыванием верхней сетки малый посыльный груз освобождается и открывает нижевисящую сетку вместе с опусканием верхней пластины верхней сетки; под ударом большого посыльного груза висящий ниже посыльный груз замыкает нижнюю сетку.

Горизонтальная сетка Верещагина и Захваткина крепится на тросе подвижно; для придания ей горизонтального положения применяется проволочный каркас, а сетка опускается при тихом ходе судна, чтобы она не повернулась стаканчиком вперед. Вертикальное положение достигается подвешиванием к тросу груза.

Сетка изготавливается в двух моделях, размеры которых даны в табл. 6.

Таблица 6

Размеры сеток Верещагина и Захваткина

| Измерения (см) | Малая модель | Средняя модель |
|---------------------------|--------------|----------------|
| Высота входного отверстия | 4 | 10 |
| Ширина входного отверстия | 38 | 60 |
| Длина сетяного мешка | 105 | 120 |
| Номер шелкового газа | 77 | 34 |

Для сбора придонного планктона можно пользоваться приборами, аналогичными тем, которые применяются при сборе нектоно-бентоса, только мешок их следует делать из мельничного шелка, а к конусу прикреплять планктонный стаканчик.

Количественные сборы придонного планктона рек производятся с помощью трала Гресе (рис. 40). Устройство его таково. Рама трала поставлена на широкие салазки на высоте 6 см от полозьев. Отверстие трала закрывается двумя створками. Мешок трала шелковый с планктонным стаканчиком на конце. Не-

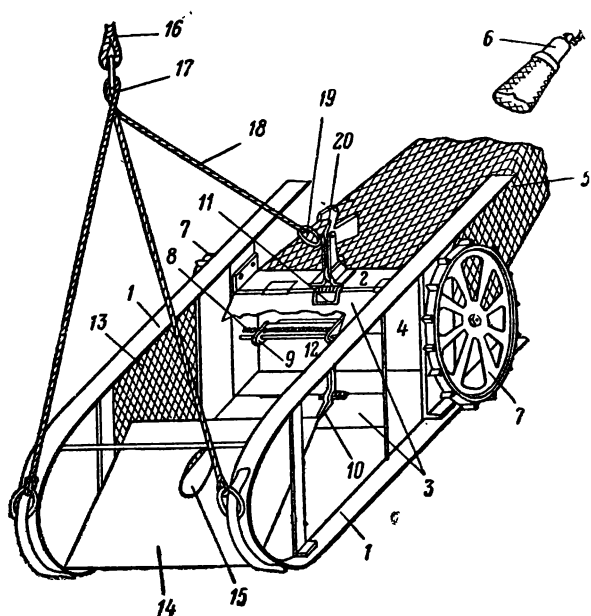


Рис. 40. Трал Гресе для сбора придонного планктона:

1 — салазки, 2 — рама с отверстием сетки, 3 — створки отверстия сети, 4 — отверстие сети, 5 — мешок из шелка, 6 — планктонный стакан, 7 — колеса с шипами, 8 — ось, 9 — задвижка, 10 — рычаги, 12 — стержень со шкалой, 13 — парусина, 14 — распорная доска, 15 — отверстие доски, 16 — трос для спуска прибора, 17 — петля для крепления троса, 18 — поводок, 19 — кольцо на конце поводка, 20 — крючок

сколько сзади рамы на оси сидят колеса с шипами, которые вращают ось. На оси имеется винтовая нарезка, по которой при вращении оси ходит задвижка, задерживающая рычаги створок, закрывающих отверстие трала с помощью пружины. Сдвинув перед началом работы задвижку вправо устанавливается требуемая длина рабочего хода трала (1—5 м) — пройдя этот путь, трал закрывается. Для того чтобы трал улавливал не только придонный планктон, но и микробентос, в передней части салазок прикрепляется распорная доска, которая, двигаясь перед отверстием трала, взмучивает песок и тонкий ил, посылая их

с населяющим бентосом в сетку. Трал опускается на тросе вертикально путем крепления за три точки. Размеры трала: высота отверстия 18 см, ширина отверстия 25 см, высота салазок 30 см, ширина салазок 26 см, длина салазок 76 см, ширина распорной доски 25 см, длина распорной доски 30 см, диаметр колес 29 см. Мешок сетки делается из мельничного газа № 49 и снизу, а также с боков салазок защищается прочной парусиной.

Планктон водоемов любых размеров — от морей до прудов — может быть собран с помощью приборов, похожих по своей конструкции на батометры, — так называемых планктоночерпателей. Уловистость этих приборов в несколько раз больше, чем планктонных сеток.

При работе на морях употребляется большой планктонособиратель Богорова, имеющийся в двух типах: одиночном и серийном.

Одиночный планктонособиратель Богорова состоит из крышки и днища, соединенных между собою шестью металлическими стержнями, и сетяного шелкового мешка из газа № 77. Мешок посредством полоски из плотного материала прикрепляется к обручу, который снаружи охватывает стержни, соединяющие крышку и днище. Нижняя часть шелкового мешка зажимным кольцом прикрепляется к краю днища. Обруч имеет две дужки, за которые закрепляется трос, направляющийся к блокам на верхней крышке, а оттуда вниз — к отверстиям планок днища и через них к грузу, укрепленному на поперечной планке. От этой планки вверх идет еще один тросик, длиной равный расстоянию планки до замка, на котором висит груз при открытом положении прибора. На наружной стороне крышки имеются защелки, поддерживающие обруч наверху прибора, когда тот закрывается. Планктонособиратель опускается на нужную глубину в открытом виде, когда груз приподнят к днищу и удерживается на спускном механизме. В этот момент по тросу спускается посыльный груз, закрывающий прибор.

Планктон отфильтровывается через шелковые боковые поверхности и спускается в планктонный стаканчик, приделанный к днищу, или непосредственно в банку через краник на днище.

Объем планктонособирателя Богорова до 25—50 л.

Серийный планктонособиратель Богорова представляет собою серию одиночных приборов, которые крепятся на одном тросе для облова сразу нескольких горизонтов. Закрытие приборов серийного планктонособирателя производится посыльными грузами по тросу, который крепится сбоку.

На малых водоемах (пруды, озера) применяется планктоночерпатель Вовка, построенный по принципу планктоночерпателя Богорова, но меньших размеров: объем его 10 л, вес 0,9 кг.

Планктоночерпатель Вовка состоит из металлического остова, представляющего собою две (нижнюю и верхнюю) крышки, соединяющиеся между собою тремя металлическими стержнями,

вдетыми во втулки на нижней и верхней крышках и закрепляющимися барашками. Внутрь этого остова вставляется цилиндр из мельничного газа № 77, который сверху нашивается на металлическое кольцо, а снизу надевается на бортик нижней крышки и зажимается обручем со стягивающим винтом. Сбоку к шелковому цилиндру пришиваются кольца, свободно поддерживающие цилиндр на металлических стержнях. Верхняя крышка слегка выпукла, на верхней ее поверхности имеется кольцо для прикрепления спускного шнура и отверстие для вывода замыкающего шнура; нижняя крышка выгнута в виде воронки, и в центре ее имеется отверстие с напаянной на него снизу трубкой, на которую надевается резиновая трубка, замыкающаяся зажимом Мора. Размеры прибора: диаметр крышек 25 см, диаметр металлического кольца для прикрепления шелкового цилиндра 23,5 см, высота шелкового цилиндра 23,1 см.

Для закрывания прибора служит шнур, который прикрепляется к металлическому кольцу верхней части шелкового цилиндра с помощью трех растяжек, соединяющихся в шнур, пропускаемый в отверстие на верхней крышке прибора. Перед употреблением планктоночерпатель раскрывают и в открытом виде спускают в водоем на спусковом шнуре. Когда прибор достигнет заданной глубины, натягивают замыкающий шнур и ослабляют спусковой — планктоночерпатель закрывается. В таком виде, держа за замыкающий шнур, прибор вынимают из воды. Здесь под выпускную трубу вынутого из воды прибора подводят маленькую планктонную сетку с газом № 77, открывают зажим и фильтруют через эту сетку не успевшую сбежать воду с планктоном.

Выемку воды из водоема и последующую ее фильтрацию через планктонную сетку или фильтры можно осуществлять любым способом. С поверхности воды — с помощью литровой кружки или вымеренного ведра, из более глубоких слоев — с помощью насоса и батометров различных систем.

Насос Долгова состоит из латунного цилиндра с глухим поршнем. В верхней и нижней частях цилиндра имеются четыре отверстия с клапанами, действующими соответственно работе поршня. Вода поступает в насос через всасывающий шланг и из насоса идет через выбрасывающий шланг в планктонную сетку, поставленную над ведром заранее известной емкости. Это дает возможность точно регистрировать количество воды, пропущенной через сетку. Для того чтобы вода поступала в насос с точно установленного горизонта, на конец всасывающего шланга надевается наконечник, представляющий собою трубку (соответствующую ширине шланга), выходящую между двумя круглыми дисками из оцинкованного железа. Эти диски соединяются тремя болтами на расстоянии 3—4 см между собою, диаметр дисков 15—20 см. Чтобы шланг опускался вертикально, на него с помощью обхватывающего троса надевается груз.

При работе в море на судне можно пользоваться машинным насосом, подставляя под него планктонную сетку с газом № 77. Количество профильтрованной воды при этом измеряется с помощью водомера (по Богорову) или вымеренным ведром, которое подставляют под сетку.

Глубина, на которой можно собирать планктон посредством насоса, не превышает 50 м. Недостаток работы насоса в том, что в него почти не попадают планктонные животные, обладающие значительной подвижностью (некоторые ракообразные).

Батометры, применяемые для выемки воды и последующей фильтрации для сбора планктона, бывают различных размеров. Планктон, вынимаемый батометрами, или отфильтровывается через мембранные фильтры в живом состоянии, или осаждается в бутылках после фиксации формалином (так называемый осадочный планктон).

Батометр Францева вырезает столб воды высотой около 1 м и достает при этом 2,5—3 л воды с планктоном. Такой батометр состоит из тонкостенной дюралюминиевой трубки диаметром 58 мм. На концы трубки навинчиваются муфты высотой 8 мм. С верхнего конца батометр замыкается чечевицеобразным грузом, а снизу он плотно закрывается пришлифованной крышкой. Крышка скреплена с нижней муфтой бронзовой петлей, имеющей некоторую слабию. Через нижнюю крышку проходит металлическая трубка для выпуска воды из батометра, на которую надевается каучуковая трубка с зажимом Мора. К этой же крышке, кроме того, приклепана пластина с петлей на изогнутом под прямым углом конце. В петле укреплен трос, который пропускается вдоль тела батометра через приклепанную к нему тонкую трубку. На верхней муфте трос впаян в спусковой крючок. Другой трос проходит внутри батометра и снизу крепится в центре внутренней поверхности нижней крышки; срединное положение троса в батометре обеспечивается тем, что он проходит через отверстие болта, пропущенного ниже верхней муфты. Чечевицеобразный груз свободно движется по этому тросу. Спускается груз для замыкания батометра с помощью спускового механизма Руттнера (см. ниже, рис. 42), в котором имеются два болта: нижний — для крепления троса батометра и верхний — для спускового троса, идущего от лебедки. Батометр опускается в воду в раскрытом состоянии; на заданной глубине по спусковому тросу пускается псыльный груз, который освобождает чечевицеобразный груз, закрывающий верхнюю часть батометра. После этого батометр повисает на петле и своей тяжестью закрывает притертой крышкой нижний край батометра. Батометром Францева можно брать и придонный слой воды, для этой цели служит треножник, прикрепленный к нижней муфте.

При работе на море пробы воды вынимаются чаще всего батометром международного образца и батометром Нансена.

Батометр Нансена состоит из металлического цилиндра, нижнее и верхнее отверстия которого суживаются, принимая форму длинной щели; отверстия запираются поворотными кранами, похожими на самоварные, и управляются соединяющим их металлическим рычагом. Батометр подвешивается на тросе (лине), для которого на верхнем ободке цилиндра имеется откидная вилка, которая с помощью штифта запирает лить после закрепления его в нижней части батометра специальным зажимом. Упомянутая вилка удерживается на месте резиновым шнуром.

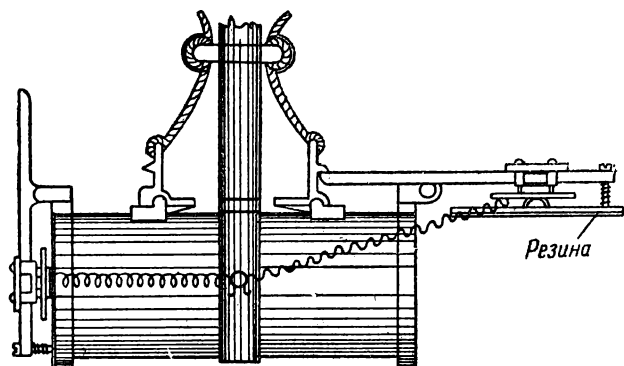


Рис. 41. Батометр Жуковского

При опускании батометра в водоем вода свободно входит в цилиндр прибора через отверстия в кранах. По достижении прибором заданной глубины, по тросу пускается посыльный груз. При ударе груза о вилку последняя отпадает в сторону и освобождает трос — батометр поворачивается зажимным концом вверх. При этом рычажная система спускается вниз и запирает краны цилиндра. В нижней части цилиндра имеется кран для выливания воды, а в верхней — винтиль для вхождения воздуха.

На цилиндре батометра установлены две оправы для опрокидывающегося термометра, приходящего в действие при опрокидывании цилиндра.

На один и тот же трос по вертикали можно подвешивать несколько батометров, для чего у зажима, которым крепится батометр, имеется крючок, запираемый пружинкой. На этот крючок подвешивается посыльный груз, предназначенный для нижнеподвешенного батометра. Пружинка освобождает крючок после удара посыльного груза о вилку батометра.

На реках применяют батометр Жуковского (рис. 41), который представляет собою горизонтально расположенный цилиндр из прочного металла (диаметр у большой модели 10 см, у малой 6—8 см, длина у большой модели 25 см, у малой 12—15 см).

С обеих сторон цилиндр закрывается крышками с резиновыми прокладками, свободно укрепленными на осях на верхнем крае цилиндра. Крышки открываются давлением на рычаги, выдающиеся над осями закрепления; закрываются они сильными спиральными пружинами, идущими от краев крышек и прикрепленными снаружи в центральной части цилиндра. Перед употреблением крышки открываются, и дистальные части рычагов закрепляются под собачками спускового механизма, уздечкой соединяющегося со спусковым тросом. В таком виде батометр опускается в воду;



Рис. 42. Батометр Руттнера

на заданном горизонте простым подергиванием троса, поднимающим собачки и тем самым освобождающим крышки, батометр закрывается и поднимается на борт судна. На большой модели поверх цилиндра привинчивается гидрометрическая вертушка, а снизу укрепляется поддон с контактом, дающим сигнал при опускании батометра на дно. Груз обтекаемой формы с рулем (при сильном течении весом до 50 кг) привешивается на тросе выше батометра. Малая модель батометра, обычно применяющаяся для гидробиологических и гидрохимических целей, у одной из крышек имеет трубку для выпуска воды, а на противоположном конце цилиндра — винтиль для вхождения воздуха при опоражнивании батометра. Такая модель опускается в воду без вертушки и без донного контакта, с малым грузом или даже без него.

При работе на озерах и прудах наиболее употребителен батометр Руттнера, имеющий вид открытого с обоих концов цилиндра (рис. 42). Стекл

ный или плексигласовый цилиндр диаметром 8 — 10 см вмонтирован в металлические или эбонитовые кольца со срезанными внутрь и отшлифованными краями, на обоих кольцах с внутренней стороны припаяны зажимы для термометра. Закрывается цилиндр двумя крышками на металлическом стержне; из них нижняя крышка имеет трубку для сливания воды и прикреплена к стержню неподвижно, верхняя крышка сплошная и ходит свободно по стержню. Стержень подвижно закреплен в прорезях двух планок, проходящих через центры верхнего и нижнего колец. Спусковой механизм батометра Руттнера находится на верхнем конце стержня. Батометр опускается в воду в открытом виде — обе крышки на некотором расстоянии от колец (это достигается закреплением верхней крышки на зубчатом выступе, соединенном пружиной со спусковым механизмом). На нужном горизонте шнур или трос, на котором опускается батометр, подергивается, стержень с зубчатым выступом освобождает верхнюю крышку, она падает на верхний край цилиндра, который при этом своей тяжестью опускается на нижнюю крышку. Герметичность закрывания достигается тща-

гельной шлифовкой крышек к кольцам. Применяется и более сложный спусковой механизм, при котором освобождение верхней крышки (с последующим закрыванием батометра) осуществляется посыльным грузом.

В мелководных водоемах (особенно в прудах) воду для изучения распределения планктона можно брать планктонной трубкой Утермеля-Вундера. Берутся отрезки стеклянной или целлулоидной трубки и соединяются с помощью резиновых трубочек. В таком виде трубка спускается в воду; при подъеме отверстие верхней трубки закрывается пальцем или специальным приспособлением из резины, и вся трубка извлекается из воды, при этом каждый отсек трубки изолируется от другого зажимами, накладываемыми на соединительные резиновые трубочки. В нерабочем состоянии прибор хранится в футляре, имеющем специальные гнезда для трубок и зажимов.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ, СОПУТСТВУЮЩИЕ ИЗУЧЕНИЮ ПЛАНКТОНА

При сборах планктона как качественными, так и количественными методами необходимо точно регистрировать глубину взятия пробы или глубину обловленного горизонта, скорость течения воды, температуру, прозрачность, мутность и цветность воды, химические показатели, влияющие на распределение и развитие планктона (кислород, соленость, углекислота, активная реакция воды, количество биогенов — азота, фосфора, железа, кремния и других, наличие микроэлементов и т. д.).

О способах и приборах измерения глубины, скорости течения и температуры говорилось во второй главе (раздел гидрологических наблюдений, сопутствующих изучению бентоса). Здесь можно лишь добавить, что измерение скорости течения можно производить вертушками при работах с планктонометром Жидкова и Кузнецовой или с батометром Жуковского, а измерение температуры термометрами на батометрах Рутнера и Нансена.

Прозрачность воды измеряется с судна с помощью белого диска Секки (диаметр 30 см), который опускается в воду со стороны, защищенной от прямых солнечных лучей, на шнуре, размеченном на сантиметры. Определяется прозрачность той глубиной (в сантиметрах или метрах), при которой белый диск исчезает из глаз наблюдателя. Более точен метод определения глубины проникновения света в воду с помощью различного рода фотоэлементов, смонтированных в водонепроницаемые футляры, или подводный пиранометр.

Прозрачность воды определяется и в лаборатории по образцам, вынутым батометром. Для этого вода наливается в высокий плоскодонный стеклянный цилиндр, под который помещает-

ся шрифт. Прозрачность воды при этом способе (способ Снеллена) характеризуется высотой столба воды (в сантиметрах), черз который отчетливо виден шрифт.

Мутность воды измеряется количеством взвешенных в воде наносов. Это количество можно определить или непосредственно, осаждая и взвешивая наносы, или косвенно — путем изучения задержки света внутри столба воды. Выемка воды для определения количества взвешенных веществ производится большими батометрами (например, большой моделью батометра Жуковского) с разных горизонтов водоема.

Принцип работы фотоэлектрического мутномера таков. Если между фотоэлементом и источником света находится среда различной степени мутности, а расстояние между ними сохраняется одно и то же, то сила светового потока, генерируемого фотоэлементом, будет меняться в зависимости от степени мутности воды. На этом принципе построены мутномеры для определения мутности воды, вынутой из водоема, а также приборы, опускаемые непосредственно в водоем. Подводный мутномер состоит из трубы, в которую вмонтированы с одного бока фотоэлемент, а с другого—осветитель, состоящий из лампочки и сферического зеркала. Мутномер снабжен грузом и может опускаться на тросе на любую глубину. Вдоль спускового троса идут два кабеля: один — с проводом от аккумулятора к лампочке и другой—от фотоэлемента к гальванометру. Мутномер предварительно тарируется в лабораторных условиях, где для получения различных степеней мутности берут те самые взвеси, которые свойственны изучаемому водоему.

Цветность воды устанавливается как непосредственно на водоеме, так и в лаборатории. В первом случае пользуются стандартной шкалой цветов Фореля-Уле, состоящей из 21 оттенка красок, от синего до коричневого цветов, налитых в виде растворов в стеклянные пробирки, хранящиеся в особом футляре. Техника определения цвета воды такова. В воду на тросе опускают белый диск, на фоне которого хорошо обозначается цвет воды; держа в руке шкалу Фореля-Уле близ поверхности воды, сравнивают цвет воды с цветом растворов в пробирках шкалы. Морская вода и вода глубоких озер (Байкал) имеет цвет первых номеров шкалы, вода дистрофных озер—цвет последних номеров шкалы.

Цветность воды в лабораторных условиях определяется по платино-кобальтовой шкале или (при отсутствии хлорплатината) по имитационной шкале, которая составляется из двух растворов. Для первого раствора берут 0,0875 г $K_2Cr_2O_7$ и 2,000 г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, которые в литровой мерной колбе растворяют в 1 мл концентрированной H_2SO_4 , и дистиллированной водой доводят раствор до метки. Второй раствор делается из 1 мл концентрированной серной кислоты, разбавляемой в литровой мерной колбе дистиллированной водой до метки. Оба раствора сме-

шиваются в определенных соотношениях, что дает различные окраски, обозначающие градусы цветности:

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Количество раствора I (мл) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| » » II (мл) | 100 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 | 94 | 92 | 90 | 88 | 86 | 84 |
| Цветность (градусы шкалы) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ НА РАЗНЫХ ВОДОЕМАХ

Совершенно аналогично тому, что мы отмечали в отношении изучения бентоса, каждый водоем, каждая глубинная зона водоема требуют при сборе планктона своего исследовательского подхода, своего набора приборов и своего перечня сопровождающих гидрологических наблюдений.

Исследование морей

Сборы планктона производятся во всех районах моря, на разных глубинах, во все времена года и в разные часы суток.

На ходу судна пользуются торпедообразными планктонными сетками и планктониндикатором. При остановке судна для работы на установленных станциях сбор планктона делается количественными сетями, планктонособираателями, батометрами и насосом.

Сеть (Нансена, Джели или какая-либо другая) прикрепляется к тросу и с помощью лебедки через блок-счетчик опускается за борт. Когда обруч сетки достигнет поверхности воды, стрелку счетчика ставят на нуль и начинают опускать сеть на заданную глубину. При небольшой глубине (которая определяется перед началом спуска сети) следят за тем, чтобы сеть не приближалась ко дну по крайней мере на 3—5 м, дабы избежать взмучивания донных отложений. Ловы планктона могут быть сплошными (тотальными), когда облавливаются вся толща воды, сериальными (фракционными) с обловом определенных горизонтов воды, ступенчатыми и горизонтальными (осуществляемыми при малой скорости на ходу судна).

Горизонты, на которых производится сбор планктона, обычно совпадают с гидрологическими горизонтами. Стандартными считаются следующие глубины: поверхность воды — 10 м, 10—25 м, 25—50 м, 50—100 м, 100—200 м, 200—300 м, 300—500 м, 500—1000 м. Однако в зависимости от задач исследования наряду с этими горизонтами облавливаются и другие. Облов, как правило, начинают с самых нижних горизонтов и заканчивают верхними. При опускании сетки на желаемую глубину обязательно учитывается угол наклона троса. Так, например, если нужно обловить горизонт 100—200 м при угле наклона троса в 20°, то сеть опускается на 213 м и замыкается при показании счетчика 106,5 м. Величина поправок на отклонение троса дается в табл. 7.

**Поправки для получения желаемой глубины погружения прибора
(по В. А. Яшнову)**

| Угол наклона троса | Глубина (м) | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 1000 | 3000 |
| 10° | — | 0,5 | 1 | 1 | 1,5 | 2,5 | 3 | 4 | 4,5 | 6 | 7,5 | 15 | 45 |
| 15° | 0,5 | 1 | 2 | 2,5 | 3,5 | 5,5 | 7 | 9 | 11 | 14 | 18 | 36 | 108 |
| 20° | 0,5 | 1,5 | 3 | 5 | 6,5 | 9,5 | 13 | 16 | 19 | 26 | 32 | 64 | 192 |
| 25° | 1 | 2,5 | 5 | 8 | 10 | 16 | 21 | 26 | 31 | 41 | 52 | 104 | 312 |
| 30° | 1,5 | 4 | 7,5 | 12 | 16 | 23 | 31 | 38 | 46 | 62 | 77 | 154 | 462 |
| 35° | 2 | 5,5 | 11 | 17 | 22 | 33 | 44 | 55 | 66 | 88 | 110 | 220 | 660 |
| 40° | 3 | 7,5 | 15 | 23 | 31 | 46 | 61 | 76 | 92 | 122 | 153 | 306 | 918 |
| 45° | 4 | 10 | 21 | 31 | 41 | 62 | 83 | 104 | 124 | 166 | 207 | 414 | 1222 |

Для замыкания сети или планктонособирателя по тросу спускают посыльный груз, учитывая то время, которое необходимо для прохождения грузом пути от судна до горизонта, где сетка должна закрыться. При подъеме сетки (непрерывном) груз следует надевать на трос в тот момент, когда счетчик показывает на 30% больше желаемой глубины, и пустить груз по тросу тогда, когда счетчик показывает цифру, на 20% превышающую необходимую глубину. Момент замыкания сети узнается по легкому сотрясению троса.

Планктонные сборы сопровождаются измерением глубины, температуры, солености воды, прозрачности — диском Секки и фотозащитным элементом.

Исследование пресных вод

В реках планктон изучается на всем протяжении — от истоков до устья, в главном русле и в заливчиках береговой полосы, в поверхностных и придонных слоях. Планктон следует изучать также в пойменных водоемах — от затона до пойменного пруда, а также в дельтовых водоемах и в эстуариях. Исследования, где возможно, проводятся круглогодично. На реке планктон собирается с моторного катера или шлюпки, в пойменных водоемах — с лодки или с берега.

Орудиями сбора в реке являются цилиндрическая планктонная сетка Лангганса, планктометр Жидкова и Кузнецовой, планктонный насос, батометр Жуковского, планктонный трал Грезе. Пользуясь планктометром и батометром, можно производить количественные сборы планктона (фито-, бактерио- и зоопланктона) на различных точках речного потока — на середине реки и близ обоих берегов, в поверхностном и придонном слоях, — которые затем используются для вычисления величины биологического стока реки за год или какой-либо сезон года.

В пойменных и дельтовых водоемах планктон собирают коническими планктонными сетками (Апштейна и Джели), закидной и защищенной проволочной решеткой сетками (среди прибрежной растительности), насосом Долгова, батометром Рутнера, планктонной трубкой Утермеля-Вундера.

Сопутствующие гидрологические наблюдения в реке производятся — прозрачности диском Секки, скорости течения и мутности — батометром Жуковского и мутномером, температуры — поверхностным термометром в оправе. В пойменных водоемах цвет воды определяется по шкале Фореля-Уле, температура — термометром в батометре Рутнера. Пробы воды для химического анализа в реке берутся батометром Жуковского, а в пойменных и дельтовых водоемах — батометром Рутнера. Глубины в реке и пойменных водоемах измеряются наметками и размеченным тросом.

В озерах планктон собирается количественными сетками Апштейна и Джели в эпилимнионе, металимнионе и гиполимнионе или, если они неразличимы, на стандартных горизонтах: поверхность — 0,5 м глубины; поверхность — 2 м; 2—5 м; 5—10 м; 10—25 м; 25—50 м; 50—100 м. Кроме того, поверхностный метр воды облавливается метровым батометром Францева, а из всех вышеуказанных горизонтов пробы воды с планктоном берутся батометром Рутнера. В прибрежной полосе озер для сбора планктона применяются малые планктонные сетки, забрасываемые с берега, и сетка Берджа. Здесь же можно пользоваться планктонной трубкой Утермеля-Вундера. Планктонные сборы сопровождаются измерением глубины вьюшками со счетчиком температуры — опрокидывающимся термометром и термометром, вмонтированным в батометр Рутнера, цвета воды — по шкале Фореля-Уле, прозрачности — диском Секки, глубины проникновения света — фотоэлементом. Вода для химического анализа со всех горизонтов берется батометром Рутнера.

В водохранилищах сбор планктона производится так же, как в озерах (по горизонтам), и теми же орудиями сбора. На ходу судна применяется планктонная торпеда (планктоноуловитель Вовка). Дополнительными пунктами наблюдений над планктоном водохранилищ следует использовать: 1) верховья водохранилища, где река постепенно переходит в водохранилище, и 2) участок реки ниже водохранилища. Таким образом, организуется изучение биологического стока, поступающего в водохранилище (в верховье водохранилища) и выносимого из водохранилища (на реке ниже водохранилища). Сопровождающие гидрологические наблюдения в водохранилище те же, что и в озерах, а при изучении биологического стока — те же, что в реках.

В прудах планктон собирают планктоночерпателем Вовка, батометром Рутнера, планктонной трубкой Утермеля-Вундера, а кроме того, с берега закидной сеткой и сеткой Берджа. Сборы делаются в середине и в приплотинной части пруда с поверхно-

сти, с середины глубины и над дном, у берегов среди различной растительности; если пруды удобряются, то пробы берут и в зоне удобрения растительностью, за ней (в направлении к берегу) и на различных расстояниях от зоны: в 1; 3 и 5 м. Сборы сопровождаются наблюдениями за температурой, прозрачностью, цветностью воды и выемкой проб воды на химический анализ (батометром Руттнера).

ЛИТЕРАТУРА

- Богоров В. Г., 1940. К методике исследования планктона в море. «Зоол. журн.», т. XIX, вып. 1.
- Богоров В. Г., 1947. Инструкция для проведения гидробиологических работ в море. Изд. Аркт. ин-та.
- Верещагин Г. и Захваткин А., 1933. Новая модель горизонтальной планктонной сети. Тр. Байк. лимнол., ст., V.
- Грезе В. Н., 1951. Придонный планктон, его роль в питании рыб и методика учета. «Зоол. журн.», т. XXX, вып. 1.
- Киселев И. А. 1950. Изучение планктона водоемов. Изд. АН СССР.
- Киселев И. А., 1956. Методы исследования планктона. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 1.
- Ляхнович В., 1955. О количественном учете зоопланктона в рыбоводных прудах. Тр. Всесоюзн. гидробиол. общ., VI.
- Рылов В. М., 1926. Краткое руководство к исследованию пресноводного планктона. Изд. Волжск. биол. ст., Саратов.
- Яшнов В. А., 1934. Инструкция по сбору и обработке планктона. Изд. ВНИРО.
- Шиклеев С. М. и Жидков Л. Ф., 1954. Планктонометр — снаряд для сбора количественных проб планктона в потоках. Тр. пробл. и темат. совещ., 2.
- Clarke G. and Bumpus D., 1940. The Plankton Sampler (an instrument for quantitative plankton investigations). Amer. Limn. Soc. Spec. Publ., 5.
- Elster H. J., 1956. Zur Methodik der Planktonforschung. Publ. Staz. Zool. Napoli, 28.
- Hardy A. C., 1939. Ecological investigations with the continuous plankton recorder. Hull Bul. mar. ecol., I, 1.
-

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПЛАНКТОНА

КОНСЕРВИРОВАНИЕ И ЭТИКЕТИРОВКА ПЛАНКТОННЫХ ПРОБ

Каждая проба планктона, если она не обрабатывается в живом состоянии, должна быть зафиксирована. Пробы, взятые качественными и количественными сетками или планктоночерпачком и планктонометром, т. е. орудиями, имеющими планктонные стаканчики, после сливания в стеклянные банки тотчас же фиксируются формалином. Для этого в банку вливается столько продажного 40-процентного формалина, чтобы там получился 2-процентный (для зимних проб) или 4-процентный раствор (при работе летом), т. е. вливается соответственно $1/20$ или $1/10$ объема формалина (по отношению к объему воды, поступившей из планктонного стаканчика). Если работа производится зимой или в полярных условиях, когда нельзя обеспечить хранение планктона в гермом месте, то пробы фиксируются спиртом. С этой целью объем воды в пробе доводится до возможного минимума, и в банку наливается 96-градусный этиловый спирт с таким расчетом, чтобы там образовался 70-градусный спирт.

Пробы воды, предназначенные для получения так называемого осадочного планктона (вынутые батометрами разных систем), наливаются в бутылки на 0,1; 0,5 или 1,0 л и фиксируются формалином до концентрации 4%. Затем бутылки ставятся на 2—3 недели в такое место, где они не будут потревожены. За это время планктон осядет на дно, и лишь синезеленые водоросли всплывут на поверхность. Тогда с помощью сифона (резиновой трубки, затянутой снизу мельничным газом № 77) фиксатор сливается, а планктон, доведенный до небольшого объема (около 50 мл), переливается в банку для дальнейшего хранения.

Вода с планктоном, собранная планктонной трубкой Утермеля-Вундера, выпускается из каждого отсека поочередно (путем открытия зажима) в 6 приготовленных мерных сосудов из плексигласа или стекла и там или обрабатывается в живом виде, или фиксируется раствором йода в йодистом кали. Зафиксированные пробы отстаиваются и затем изучаются под перевернутым микроскопом (по способу Утермеля).

Каждая планктонная проба должна быть на месте записана

в специальный планктонный журнал, а затем для суммирования результатов обработки переписана на карточку. Приводим формы журнальной и карточной записи.

Журнальная запись

Учреждение

Ст. №

Местоположение

Дата

Время от

до

Общая глубина

| № пробы | Система сетки | № газа | Время взятия пробы | Горизонт | Гидрологические элементы (гидрол. ст. №) | | | | Визуальная оценка улова | Цвет улова | Примечания |
|---------|---------------|--------|--------------------|----------|---|----|----|----------------|-------------------------|------------|------------|
| | | | | | горизонты | t° | S‰ | O ₂ | | | |
| | | | | | | | | | | | |

(На обороте предварительная характеристика улова).

Карточная запись

Учреждение

. Экспедиция

П л а н к т о н

Отряд

Район

Разрез

Судно

Станция №

Широта

Грунт

Дата

Работа №

Долгота

Орудие лова

Время

Прозрачность

Глубина

| Горизонт | t° | S‰ | O ₂ | P ₂ O ₅ | Alk | $\frac{Alk}{S} \cdot 10^4$ | Nitr | pH |
|----------|----|----|----------------|-------------------------------|-----|----------------------------|------|----|
| | | | | | | | | |

Примечания

Вес

Объем

| Наименование организмов | Число особей | Наименование организмов | Число особей |
|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| | | | |

(На обороте также наименования организмов и число особей)

Все планктонные пробы должны снабжаться этикетками, в сокращенном виде повторяющими запись, сделанную в планктонном журнале, который ведется на судне (или в других условиях) при выемке проб. В этикетке, которая пишется несмываемой тушью или простым карандашом, обязательно даются следующие сведения: номер пробы, номер станции, дата, название водоема, координаты, глубина или горизонт взятия пробы, орудие лова, фамилия сборщика, название экспедиции. В банки с сетными пробами этикетка вкладывается внутрь. К банкам с пробами осадочного планктона этикетка привязывается снаружи, а на пробке банки пишется номер пробы химическим карандашом. К пробам, собранным планктонной трубкой, этикетки подкладываются под мерные сосуды.

Пробки банок, с зафиксированным планктоном и этикетками заливаются парафином или смесью воска и парафина. Банки хранятся в порядке сборов и записей в защищенном от прямого света помещении. При пересылке банки с планктоном доливаются 2—4% -ным раствором формалина до горлышка и тщательно упаковываются. Зимой сборы, зафиксированные формалином, пересылать не следует.

КАЧЕСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА И РАЗБОР ПРОБ

Планктонные пробы можно обрабатывать как в живом, так и в фиксированном состоянии. Живые пробы обрабатываются по возможности немедленно после сбора. Если время не позволяет сделать это, то пробы сохраняются до обработки в прохладном месте, защищенном от солнца, причем банки плотно не закрываются. Для концентрации материала пробы могут центрифугироваться, и планктон из центрифужной пробирки достается с помощью тонко оттянутой пипетки. Взятая пипеткой из центрифугата (со дна пробирки или из толщи воды) капля переносится на предметное стекло и накрывается покровным стеклом. В первую очередь определяют в живом виде те группы и виды планктонных организмов, которые до неузнаваемости меняются после фиксации; таковы многие простейшие, беспанцирные коловратки и некоторые другие. Для обездвиживания объектов под покровное стекло пускают каплю наркотизирующего вещества — хлоралгидрата, кокаина, хлороформа и т. п.

В сельдевых поисковых экспедициях планктонолог должен произвести быструю ориентировочную обработку планктона тотчас после его сбора. При этом особое внимание должно быть обращено на те виды планктонных организмов, которые служат пищей сельди (каланус, эвфузии-черноглазки).

Качественные пробы в фиксированном виде просматриваются сначала под биноклем, и из них (при изучении морского планктона) выбираются крупные формы (*Euphausiacea*, *Amphipoda*,

Coelenterata, Sagitta и др.), определение которых до вида не может быть сделано лицом, разбирающим пробу. Затем планктон пипеткой по каплям переносится на предметное стекло и под покровным стеклом подвергается микроскопированию под разными увеличениями. Все виды фито- и зоопланктонных организмов выделяются и названия их записываются в протоколы-карточки (стр. 99). В пробирки с отобранными группами планктона вкладываются копии этикеток.

При обработке качественных проб можно производить учет относительной численности и частоты встречаемости тех или других форм. Для этого пользуются шкалами, которые цифрами или словесными обозначениями дают представление о порядке величин. По шкале Вислоуха массовое нахождение организма обозначается значком ∞ (бесконечность), очень частое — цифрой 5, частое — 4, нередкое — 3, редкое — 2 и очень редкое — 1. В шкале Шеффера и Робинсона применяются слова: «масса» — для организмов, встреченных в 60—100% полей зрения, «много» — для 30—60% встреч, «порядочно» — для 5—30%, «мало» — 1—5% и «редко» — для менее чем 1%.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА — СЧЕТ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА, ВЗВЕШИВАНИЕ, ХЛОРОФИЛЛОВЫЙ МЕТОД

Счет представляет собою самый старый и трудоемкий метод, но в то же время пока еще самый точный. Наиболее крупные планктонные организмы подсчитываются целиком из всей пробы,

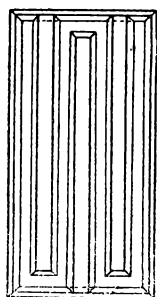
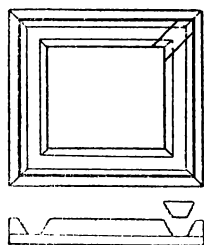


Рис. 43. Камера Богорова для обработки зоопланктона

при этом удобнее всего пользоваться камерой Богорова (рис. 43). Она представляет собою пластинку из толстого стекла, с бортиками по краям, разделенную призматическими стеклянными перегородками на 4 сообщающиеся канавки. Размер камеры 6×10 см, но могут быть камеры и другой величины.

В большинстве случаев для счета берут не всю пробу, а только определенную часть. В этих целях пользуются поршневой пипеткой (рис. 44), состоящей из толстостенной стеклянной трубки, в которой ходит поршень с пистоном. Нижний конец пистона заканчивается металлическим придатком, имеющим форму катушки, края которой плотно шлифуются к внутренней поверхности трубки. Прида-ток, втягиваясь в трубку, захватывает объем воды, определяемый размером того пространства, которое находится между поверхностью придатка и внутренней поверхностью

стеклянной трубки. Поршневые пипетки бывают на 0,1; 0,5; 1,0 и 5,0 мл. Для взятия пробы поршень пипетки давлением на ручку выдвигается настолько, что его металлический придаток выходит наружу; затем поршень втягивается внутрь — проба взята.

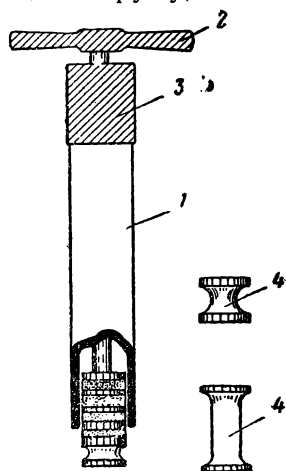


Рис. 44. Поршневая пипетка.

Нижний край отбит, чтобы показать piston, состоящий из слоев пробки и металла:

1 — стеклянная трубка из толстого стекла, 2 — ручка, 3 — передняя металлическая обойма, 4 — металлические придатки с выемкой разного размера

Пробу планктона перед взятием счетной порции доводят до определенной концентрации и затем определяют ее объем. Перед опусканием пипетки пробу взбалтывают в широкогорлой банке. Вынутую из пробы пипетку вытирают и содержимое ее выпускают на счетную пластинку или (если она мала) на предметное стекло для подсчета под биноклем или микроскопом.

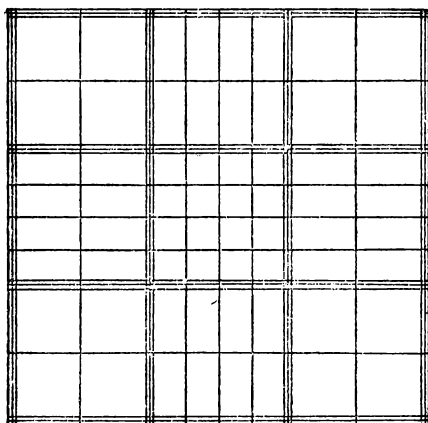


Рис. 45. Счетная камера «Учинская» № 1

Для подсчета планктона пользуются также различными счетными камерами определенного объема: камерой Кольквитца объемом в 1 мл, камерами «Учинская» № 1—3 (рис. 45), объемом 0,9; 10 и 50 мм³. Камера Кольквитца делается из толстого стекла, в котором вырезается круглое отверстие; снизу это стекло наклеивается канадским бальзамом на другое стекло, а сверху при работе оно закрывается стеклянной крышкой. Вся камера с крышкой вставляется в металлическую обойму. Камеры «Учинская» представляют собою стеклянные пластинки с низкими бортиками, дно их разграфлено применительно к размерам подсчитываемого планктона.

Счету подлежит и планктон, остающийся на фильтре при фильтрации определенного объема воды. Фильтрование осуществляется с помощью фильтровальных приборов со стеклян-

ной или металлической воронками. Прибор (рис. 46) состоит из двух частей—верхней (стеклянной воронки или металлического цилиндра) и нижней (металлической воронки). Верхняя часть

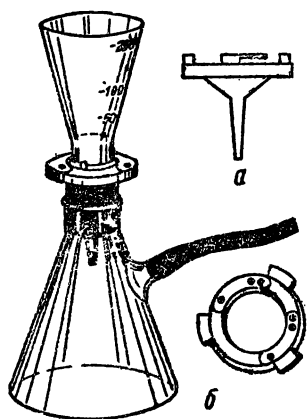


Рис. 46. Фильтровальный прибор Зейца со стеклянной воронкой:

a — нижняя (металлическая) воронка, *б* — кольцо для укрепления верхней (стеклянной) воронки с керамическим вкладышем для мембранного фильтра

оканчивается широким плоским диском, плотно пригнанным к нижней части, которая, в свою очередь, закрывается сверху керамическим вкладышем или проволочной сеткой (а при фильтрации бактериопланктона—пластинкой пористого стеклянного фильтра). Перед началом работы на керамический вкладыш, сетку или стеклянный фильтр кладут два кружка фильтровальной бумаги соответственного диаметра, а поверх кружков — мембранный фильтр требуемого номера. Мембранные фильтры перед употреблением кипятятся и промываются горячей водой, воронка стерилизуется. При изучении наннопланктона применяются фильтры марки «предварительный» с размерами пор 3—5 μ , а при изучении бактериопланктона—фильтры № 1 и 2 со средним размером пор 0,35—0,50 μ . Мембранный фильтр прижимается верхней частью прибора, которая привинчивается к нижней. Прибор при посред-

стве резиновой пробки плотно вставляется в горло колбы с оттянутым сбоку отводом для соединения с насосом для выкачивания воздуха. Фильтрация нужных объемов воды (2—25 мл для бактериопланктона и 100—200 мл и более для фитопланктона) производится в условиях вакуума.

При изучении бактериопланктона мембранный фильтр, после того как вода профильтрована, вынимают из прибора и высушивают, а затем подвергают окрашиванию 5-процентным эозином в 5-процентной карболовой воде. Для этого мембранные фильтры кладут вверх осадком в чашку Петри, заполненную стопочками нарезанной фильтровальной бумаги, пропитанной красителем указанного выше состава. Окрашивание мембранных фильтров продолжается 1—2 часа, после чего излишки красителя отмываются дистиллированной водой.

При исследовании фитопланктона предварительный фильтр после окончания фильтрации вынимается из прибора и кладется в банку, где с него кисточкой счищается по возможности весь осевший планктон. В таком виде проба фиксируется формалином, а затем подвергается количественной обработке в одной из счетных камер.

Сконцентрированный тем или другим способом планктон на предметном стекле или на специальных счетных пластинках или камерах подвергается счету под большим или меньшим увеличением микроскопа (бактериопланктон просчитывается при иммерсии с увеличением до 1350 раз на просветленных фильтрах, фитопланктон считают при увеличении до 600 раз, зоопланктон при увеличении до 100 раз).

Значительное облегчение счета достигается применением сетчатого окуляр-микрометра или счетнополосчатых окуляров с параллельно натянутыми в поле зрения двумя нитями, расстояние между которыми подбирается в зависимости от количества подсчитываемых организмов. Счет производится на крестообразном столике микроскопа, который двигается попеременно в направлении, параллельном нитям, до конца капли, а потом точно на ширину одной полосы вбок и снова в направлении, параллельном нитям, и т. д. Точность счета зависит от числа просчитанных полей. В некоторых случаях, чтобы избавить глаза от излишнего напряжения, можно фотографировать необходимое количество полей зрения и просчитывать организмы по сильно увеличенным фотографиям. При однообразном планктоне счет можно осуществить с помощью фотоэлемента, как это делается при счете числа кровяных шариков.

Для этих целей следует протарировать показания гальванометра, пропуская свет (падающий на фотоэлемент) через стеклянную камеру с различным количеством планктонных организмов (100 экз., 1000 экз./мл и т. д.).

Для получения сравнимых данных результаты счета выражаются в количестве особей (или клеток) в одном и том же объеме: для бактерий — на 1 мл, для водорослей — на 1 л, для животных — на 1 м³.

При просчете планктонных проб, содержащих крупные организмы (пробы морского планктона), поступают следующим образом. Пробу концентрируют, взбалтывают и выливают в кристаллизатор, снимая со стенок банки и с пробки прилипшие организмы. Крупных животных выбирают пинцетом или иглой и сосчитывают, при этом ракообразных считают по стадиям развития. Остальной планктон подсчитывается в камере Богорова, причем счет облегчается многоклавишным счетчиком, применяемым в бактериологии; на счетчике и отстукиваются все найденные того или другого вида.

При просмотре части пробы, содержащей больше 1000 организмов, вначале поступают так же, как и в предыдущем опыте, т. е. отбирают и сосчитывают крупные организмы, а затем пробу фильтруют через шелковый газ, и осадок на шелке обсушивают фильтровальной бумагой, после чего он кладется вместе с шелком в чашку Петри и взвешивается с точностью до 0,1 г. Взяв затем при помощи шпателя часть пробы и взвесив ее, определяют про-

цент взятой части по отношению ко всей пробе. Сосчитав в этой части количество организмов, пересчитывают его на всю пробу и затем на единицу объема воды в водоеме.

При наличии в пробе массового количества одного или нескольких видов животных и растительных организмов можно воспользоваться методом счета, применяемым в микробиологии. Для этого берется культура дрожжей и разбалтувается в небольшом произвольном количестве воды. В болтушке определяется количество клеток дрожжей, приходящееся на 1 мл; болтушка фиксируется формалином. Для подсчета планктона определенный объем болтушки вливается в определенный же объем пробы и хорошо взбалтывается. Из полученной смеси небольшую каплю пипеткой наносят на предметное стекло и под микроскопом определяют, какое количество того или другого вида планктонных организмов приходится на одну клетку дрожжей. Так как количество дрожжей в пробе известно, а количество планктонных организмов получается простым умножением, то это позволяет сделать пересчет на всю пробу.

Этот принцип счета применяется и при изучении морского планктона. Роль дрожжей при этом возлагают на крупные планктонные организмы, которые полностью просчитываются в пробе, а количество остальных планктонных организмов сосчитывается по тому, сколько их приходится на один крупный организм. Вся операция счета планктона производится следующим образом (по Бродскому). Пипеткой, нижний конец которой затянут кусочком шелкового газа, из пробы отсасывают лишнюю жидкость. Затем всю пробу выливают в чашку Петри. При осмотре пробы выбирается какой-либо крупный вид (например, *Calanus tonsus*), и его количество сосчитывается невооруженным глазом во всей пробе. В случае, если количество данного руководящего вида слишком велико, под чашку Петри подкладывают кружок белой бумаги, разделенный на сектора, и просчитывают число особей вида в одном секторе, умножая затем это число на количество секторов. Для определения численности остальных видов просматривают под биноклем произвольно выбранный, но характерный для пробы участок и просчитывают в нем количество каждого вида, причем отдельно каждую стадию. Общая сумма всех организмов не должна быть меньше 100, в противном случае просчет делается еще в 1—2 полях и вычисляется среднее. Пересчет на всю пробу и на желательный объем можно сделать обычным путем, но можно пользоваться и таблицами (номограммы) ¹.

Результаты счетной обработки количественных проб записываются на карточки, в которых также производится пересчет числа организмов или групп организмов на единицу объема. При-

¹ См. К. А. Бродский и Г. А. Баскакова в списке литературы.

водим форму карточки, используемой при изучении морского планктона.

| | | | |
|---|---------|-------------------|------------------------|
| Планктон | | Институт | |
| Море | Судно | | Год |
| Ст. № | Долгота | Широта | Место |
| Проба № . . | Дата | Время | Горизонт |
| Гидрол. данные (ст. № . . . ^{то}) | |) S ^{0'} | O ₂ Глубина |
| Орудия лова | | № газа | |
| Сборщик | | Обработал | |
| Сырой вес пробы | | | |

| Название организмов | Стадия, пол | Кол-во в пробе | Кол-во в 1 м ³ | Вес в 1 м ³ | Примечания |
|---------------------|-------------|----------------|---------------------------|------------------------|------------|
| | | | | | |

Подобные же карточки применяются и при изучении пресноводного планктона: меняется лишь форма и содержание записи условий сбора планктона. Что касается пересчета планктонных организмов на единицу объема, то в пресных водах он, как говорилось выше, для фитопланктона делается обычно на 1 л, а для зоопланктона — на 1 м³.

В карточки можно ввести дополнительные графы, в которые записываются все этапы счетной работы — от числа особей в камере (или поле зрения) до количества их в разбавленной или целевой пробе, принятого для расчета веса и вычисленного на единицу объема количества и веса.

Количество планктона можно определить и более простыми способами — измерением объема и веса всей пробы, но этот способ очень груб и не точен, так как в навеску включается не только планктон, но и все прочие взвешенные вещества (триптон), попадающие в орудия сбора. Вес и объем планктона можно также установить, определив объемы и веса отдельных видов планктонных организмов и зная количество особей каждого вида в планктонных пробах (т. е. произведя предварительно счет планктона).

Этот метод, конечно, отличается большей точностью, но более трудоемок, чем простой счет.

Для приблизительного определения сырого объема планктонной пробы ее содержимое выливается в мерный сосуд и в течение некоторого времени осаждается. По делениям мерного сосуда

определяется сырой объем. В случае, если отдельные организмы всплыли, их объем определяется отсчетом делений в поверхностном слое пробы.

Более точен метод плотного объема, при котором отфильтрованная через шелковый газ и несколько подсушенная проба переносится в стеклянный сосуд с водой, из которого она и вытесняет известное количество воды, соответствующее объему планктона. Определение объема производится при помощи волюминметра Усачева (рис. 47), который состоит из следующих частей: небольшой шарообразной воронки с трубкой, микробюретки и связывающей их через стеклянный тройник резиновой трубки. На шейке воронки нанесена черта, по которой устанавливается уровень воды. Определяемый объем планктона вносится в воронку, отчего уровень воды поднимается. Тогда, сместив положение микробюретки, добиваются, чтобы уровень воды в приемной воронке снова установился бы до специальной черты на шейке воронки. Вследствие этого уровень воды в микробюретке повышается и служит показателем объема внесенного планктона.

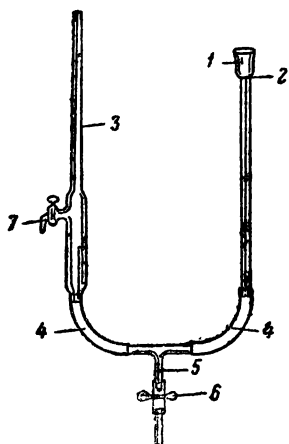


Рис. 47. Микроволюминметр Усачева для определения объема планктона:

1 — приемная воронка, 2 — черточка для установления уровня, 3 — микробюретка, 4 — резиновые трубки, 5 — стеклянный тройник, 6 — зажим, 7 — кран для спуска воды при установке уровней

Зная объем планктона и приняв его удельный вес за единицу, получаем сырой вес планктона. Однако более точный показатель — сухой вес. Он получается путем взвешивания на аналитических весах планктонной пробы, отфильтрованной и высушенной до постоянного веса в сушильном шкафу при 80°.

В сыром виде взвешиваются и особи одного вида; для этого отобранные из пробы 100—200 особей какого-либо вида планктонного организма подсушиваются на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрого пятна и затем взвешиваются на торсионных или аналитических весах. Если взвешиваются организмы, зафиксированные формалином, то следует вводить поправку на изменение веса фиксатором, получаемую эмпирически. При взвешивании обязательно определять размеры объектов, так как вес, естественно, находится в связи с величиной животного или растения.

Можно пользоваться таблицами весов, опубликованными различными авторами, но при этом обязательно обращать внимание на размеры организмов, указанные в таблицах.

Для более точного определения веса пользуются взвешивани-

ем организмов, погружаемых для этого в растворы некоторых веществ известной концентрации (например, глюкозы или парафинового масла). По методу Гаевской взвешиваемые животные после кратковременного нахождения в дистиллированной воде переносятся в пикнометр с дистиллированной водой и взвешиваются на аналитических весах. Затем животные последовательно помещаются в 3—4 небольших сосудах с насыщенным раствором тростникового сахара, вследствие чего вода, смачивающая их тело, заменяется концентрированным раствором сахара. Затем животных снова переносят в пикнометр, доливают его таким же насыщенным раствором сахара и взвешивают. Вес животного определяется по формулам (1) и (2):

$$P = p_1 - V_x \cdot d_B \quad (1)$$

$$V_x = \frac{p_2 - p_1}{d_{сах} - d_B} \quad (2)$$

В этих формулах P — искомый вес животного, p_1 — вес животного и воды в пикнометре, p_2 — вес животного в растворе сахара в пикнометре, V — объем пикнометра, V_x — объем жидкости в пикнометре, в который уже помещены животные $d_{сах}$ и d_B — соответственно удельные веса сахара и воды, находимые по таблицам удельных весов.

При работе с организмами, размеры которых настолько малы, что взвешивание их невозможно или очень трудно (бактерии, водоросли, мелкие животные и стадии их развития), применяется вычисление веса по объемам. Для этого подбирают геометрическое тело, объем которого соответствует объему интересующего исследователя организма. Объемы бактерий, например, кокков, вычисляются по формуле объема шара (по А. Г. Родиной), палочек — по формуле цилиндра, объем дрожжевых клеток — по формуле эллипсоида. Объем водорослей (по Ломану) определяется по моделям, изготовляемым из пластилина на проволочных осях, длина которых пропорциональна размерам водорослей, измеряемым под микроскопом. Объем планктонных животных вычисляется следующим образом (по Зинovieву). Животное зарисовывается с помощью рисовального аппарата на миллиметровую бумагу в двух положениях — боковом и тыльном, и по рисунку вычисляется площадь в плане и средняя толщина. Из этих данных вычисляется объем животного по формуле:

$$V = Q \frac{h_1 + h_2}{2},$$

где Q — площадь животного в плане, $\frac{h_1 + h_2}{2}$ — средняя толщина животного по двум измерениям, V — искомый объем.

Вычисление объема планктонных животных совершенно обязательно для всех размерных групп, так как вес меняется с

ростом по математическим зависимостям. Так, например, размер тела *Calanus finmarchicus* (по М. М. Камшилову) связан с кубическим корнем веса простой линейной зависимостью. Имеются уравнения (А. П. Щербакова), связывающие веса и длину тела у пресноводных веслоногих (1), босмин (2), дафний (3):

$$y = 0,34 x - 0,03 \quad (1)$$

$$y = 0,56 x + 0,01 \quad (2)$$

$$y = 0,32 x + 0,08, \quad (3)$$

где y — корень кубический из веса (в мг), x — длина тела (в мм).

С некоторой степенью условности количество фитопланктона (его биомассу) можно определить с помощью хлорофиллового метода (по Г. Г. Винбергу). Вода фильтруется через мембранный фильтр марки «предварительный», покрытый в целях обеспечения полного смыывания осадка растертым в порошок стеклом. Затем, после высушивания фильтра в темноте, хлорофилл из него экстрагируется метиловым спиртом. Перед фильтрованием стеклянный порошок с осадком из водорослей переносится в центрифужную пробирку и заливается 3 мл спирта. Для ускорения экстракции пробирка несколько раз погружается в горячую воду, но держать ее там не следует более 1 мин. Затем пробирку охлаждают и в течение 15 мин. центрифугируют со скоростью 6000 об/мин. Затем центрифужный экстракт осторожно сливается, к осадку вновь добавляют 3 мл метилового спирта и производят вторичное подогревание, охлаждение и центрифугирование. Хлорофилл в экстракте определяется в горизонтальном фотометре Пульфриха.

В период массового развития того или иного планктонного организма в море или в пресной воде можно с помощью планктонной сетки сделать массовые сборы отдельных видов и при наличии биохимической лаборатории подвергнуть их химическому анализу. Обычно определяют калорийность, зола, белок, жиры, пентозаны, углеводы, безазотистые экстрагированные вещества; в золе анализируются железо, алюминий, фосфор, кальций, магний. Весьма желательно определять некоторые аминокислоты (тирозин, триптофан, аргинин, гистидин, цистин, метионин) и витамины.

В водах, загрязненных радиоактивными веществами, определяется радиоактивность планктонных организмов и содержание в них радиоактивных изотопов стронция, йода и др.

ОБРАБОТКА ЗАПИСЕЙ И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате произведенной обработки материала — видового определения планктона, подсчета количества и веса (биомассы) тех или других групп и видов бактерио-, фито- и зоопланкто-

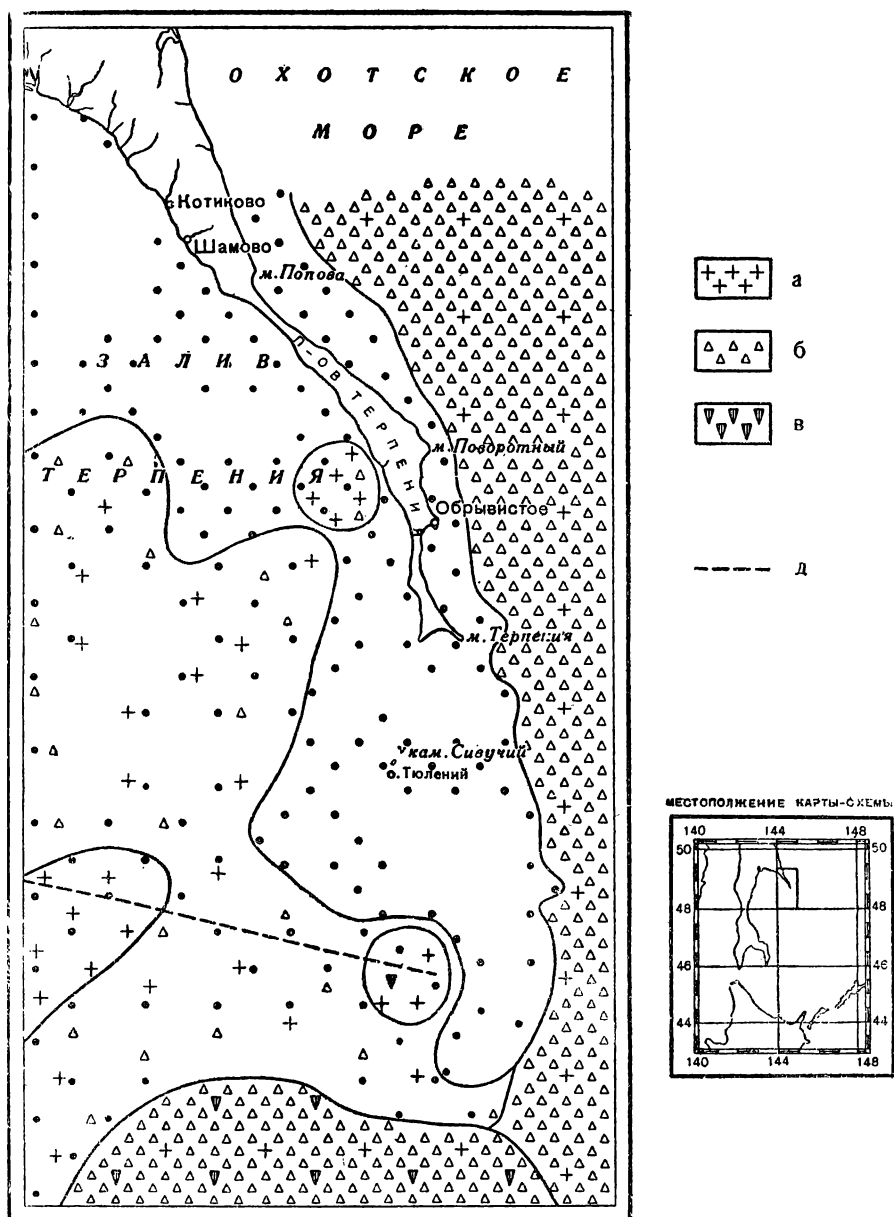


Рис. 48. Карта-схема распределения группировок зоопланктона:
 а — в — группировки: а — холодноводная (калянус северный, псевдокалянус удлиненный), б — охотоморская (метридия охотоморская), в — оксаническая (калянус дальневосточный, метридия тихоокеанская), г — неритическая фауна, д — линия разреза. Различная густота значков показывает массовое и умеренное количество основных видов группировки

на, химического анализа руководящих форм и пр.— у исследователя скапливается большое количество материала, оформленного в форме журнальных и картонных записей. Эти записи дальше обрабатываются статистически и на их основе строятся графики, схемы, карты и т. д., согласно задачам исследования.

Планктонные данные могут картироваться для рыбопоисковых целей. Зоологический институт Академии наук СССР издал карты распределения планктона Курило-Сахалинского района, в которых отражены состав и количество планктона в осенние месяцы. На приведенной карте (рис. 48) видно, что в районе п-ова

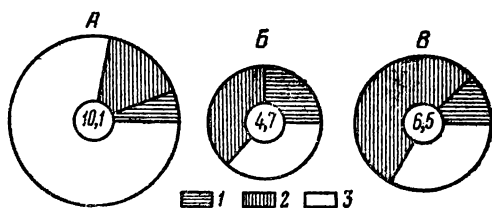


Рис. 49. Циклограмма биомассы зоопланктона (в г/м³) в пруду. А — в мае; В — в июле; В — в августе:
1 — коловратки, 2 — веслоногие раки, 3 — ветвистоусые раки

Терпения распространена богатая (количественно) охотоморская группировка планктона. Характерный вид группировки — охотоморская метридия — является важным объектом питания сельди. В южной части района к этой группировке примешивается дальневосточный каланус, свидетельствующий, по-видимому, о проникновении сюда более теплых вод Японского моря. Мелководный (неретический) планктон разнообразен и богат — он состоит из личинок моллюсков, раков и других организмов. Восточная и юго-восточная части этого района богаты объектами питания сельди — обилие метридии.

Такого же рода карты распределения планктона в одном районе составляются для всего года (по сезонам или месяцам) и для разных лет.

При морских и пресноводных исследованиях составляются циклограммы группового или видового состава планктона в разных частях водоема в разные времена года (рис. 49), вычерчиваются графики вертикального распределения планктона целиком или отдельных его составляющих (например, распределения бактериопланктона, сине-зеленого или диатомового планктона, ракообразных, коловраток и т. д.). Большой интерес представляют графики вертикального распределения зоопланктона и нектопланктона в разные часы суток. Большое практическое значе-

ние имеют карты распределения планктонных организмов, аккумуляровавших в себе радиоактивные вещества.

Ввиду того, что численность планктона очень часто достигает громадных величин, графики строятся по различного рода схемам, в которых большие числа количественных определений приводятся к более легко сравнимым логарифмам чисел. При этом применяются не только линейные, но и более экономные по размерам круговые и шаровые графики (рис. 50).

Количественные данные, которые кладутся в основу графиков, могут отражать не только численность и вес планктона (сырой или сухой), но и содержание в нем азота, углеводов, тех или иных аминокислот, витаминов и пр.

Если планктонные исследования входят в комплекс санитарно-биологического изучения водоема, то количественные данные наносятся на карты изученного участка, на которых обозначаются пункты выемки проб и наносятся физико-химические характеристики загрязнения (рис. 29). Желательно приводить результаты определения и подсчета осадочного, камерного и сетного планктона в отдельности. При

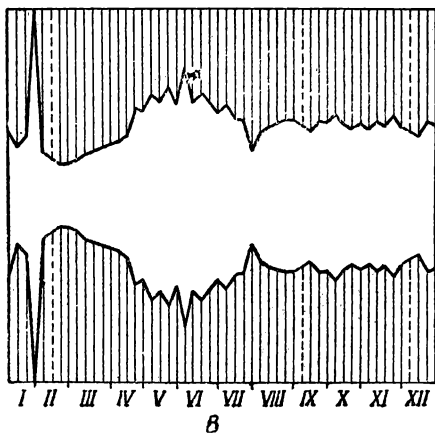
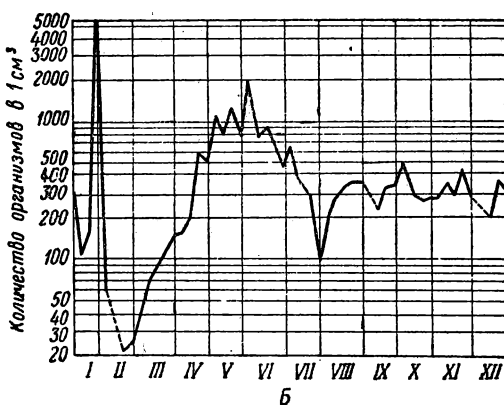
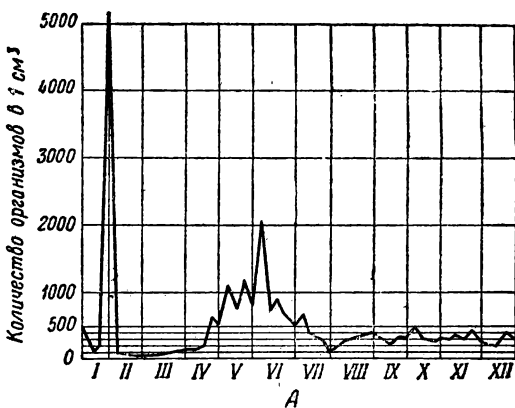


Рис. 50. График количественных изменений планктона по месяцам года. А — арифметическая шкала; Б — полулогарифмическая шкала; В — объемная шкала

Выделении видов-индикаторов сапробности необходимо соблюдать правило надежности.

При изучении биологического стока рек можно подсчитать и изобразить в виде графиков сезонное и годовое количество и вес (биомассу) бактериопланктона, различных групп фитопланктона, ракообразных и коловраток в зоопланктоне, количество и вес донных организмов, поднятых в поток, а также величины, показывающие содержание в планктоне минеральных и органических веществ. Графики биологического стока должны сопровождаться кривыми годового распределения жидкого и твердого стока реки.

ЛИТЕРАТУРА

- Аренштейн А. и Разумов А., 1950. Проект инструкции по учету микронаселения в водопроводной воде. Изд. ВОДГЕО.
- Белдеску С., Негреа С. и Лукреция Е., 1956. Определение среднего веса некоторых видов зоопланктона Черного моря новым методом взвешивания. Bulet. Institut. de cercetari piscicole. An. XV, 1 (на румынском языке).
- Бенинг А. Л., 1941. Кладоцеры Кавказа. Тбилиси.
- Богоров В. Г., 1927. К методике определения планктона, «Русск. гидробиол. журн.», VI, 8—10.
- Богоров В. Г., 1933. Вес и экологические особенности микропланктеров Баренцова моря. Тр. ВНИРО. IV.
- Богоров В. Г., 1934. Биомасса планктеров. Бюлл. ВНИРО, I.
- Богоров В. Г. и Преображенская Е. Н., 1934. Весовая характеристика планктеров Баренцова моря, ч. II. Copepoda. Бюлл. ВНИРО, II.
- Богоров В. Г., 1951. К методике обработки планктона в экспедиционных условиях. Тр. Ин-та океанол., 5.
- Бродский К. А. и Баскакова Г. А., 1954. Ускоренный счетный метод обработки зоопланктона. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., III.
- Винберг Г. и Сивко Т. 1953. Определение содержания хлорофилла в планктоне. Изв. АН БССР, 3.
- Гаевская Н. С., 1938. Определение точного веса мелких водных животных в живом состоянии. «Зоол. журн.» XVII, I.
- Еленкин А. А., 1938—1946. Синезеленые водоросли СССР. Изд. АН СССР
- Енэччану В., 1956. Дополнения к работам о количественном определении планктона. Bulet. Institut. de cercetari piscicole. An. XV, 1 (на румынском языке).
- Жузе А., Забелина М., Киселев И., Поженский В., Прошкина-Лавренко А., Шешукова В., 1950. Диатомовый анализ, I—III. Изд. геолог. литер.
- Камшилов М. М., 1951. Определение веса *Calanus finmarchicus* Gunner на основании измерения длины гела. ДАН СССР, т. LXXVI, № 6.
- Коршиков А. А., 1938. Volvocineae, Визн. прісн. водорост. УРСР, IV.
- Коршиков А. А., 1953. Protococcineae. Визн. прісн. водорост. УРСР, V.
- Мордухай-Болтовской Ф. Д., 1954. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона. Тр. проблемн. и тематич. совещ., 2.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Под ред. М. М. Голлербах, В. И. Полянского, В. П. Савича. Изд. «Советская наука»:
- Голлербах М. М. и Полянский В. И., 1951. Общая часть.
- Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И., 1953. Синезеленые водоросли.
- Матвеевко А. М., 1954. Золотистые водоросли.
- Забелина М. М., Киселев И. А., Прошкина-Лавренко А. И.,

- Шешукова В. С., 1951. Диатомовые водоросли.
Киселев И. А., 1954. Пирофитовые водоросли.
Попова Т. Г., 1955. Эвгленовые водоросли.
Дедусенко-Щеголева Н. Т., Матвиенко А. М., Шко-
рбатов Л. А., 1959. Зеленые водоросли, Класс вольвоксовые.
Родина А. Г., 1950. Микробиологические исследования водоемов. Изд.
АН СССР.
Рылов В. М., 1922. Свободноживущие веслоногие ракообразные. М.
Рылов В. М., 1930. Пресноводные Calanoida СССР. Л. (Рылов В. М.,
1935) — W. Rylow. 1935. Zooplankton der Binnengewässer. Die Binnengewässer, XV.
Свиренко Д. О., 1938. Eugleninae. Визн. прісн. водорост. УРСР, II.
Уломский С. Н., 1951. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер. Тр. проблемн. и тематич. совещ., I.
Усачев П. И., 1939. Описание и методика применения новых приборов (волюминометров) для определения объема планктона в экспедиционной обстановке. Сборн., посв. Н. М. Книповичу.
Штин Э., 1945. Флора водорослей среднего течения р. Вятки. Уч. зап. Моск. госуд. универ., 82.
Чугунов Н. Л., 1921. К изучению планктона северной части Каспийского моря. Раб. Волжск. биол. ст., VI, 3.
Яшинов В. А., 1939. Планктическая продуктивность северных морей СССР. Изд. Моск. об-ва испыт. природы.
Lund J. W. G., Kipling C. and Legren E. D., 1958. The inverted microscope method of estimating algae and the statistical basis of estimations by counting. Hydrobiologia, XI, № 2.
Lund J. W. G. and Talling J. F., 1957. Physical limnological methods with special reference to the algae. The Botanical Review XXIII, № 8—9.
Huber-Pestalozzi G., 1938—1955. Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer, XVI.
Pascher's, 1913—1936 Süßwasserflora Deutschlands.
Rabenhorst's. Kryptogamen — Flora:
Gemeinhardt K., 1930. Silicoflagellatae.
Hustedt F., 1928—1936. Die Kieselalgen.
Schiller J., 1931—1937. Dinoflagellatae.
Razumov A. S., 1957. Problems of the biological control of the quality of drinkingwater Journ. hygiene, epidem., microb., and immun., 1—2.
Utermöhl H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Limnolog. Mitteilungen, 9.
-

МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОПУЛЯЦИИ

Для познания закономерностей биологической продуктивности водоемов очень важно изучить вопросы темпа и масштабов воспроизводства бактерий, водорослей, высших растений и животных.

СКОРОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ БАКТЕРИЙ И ВОДОРΟΣЛЕЙ

Скорость размножения бактерий изучается методом пластинок обрастания и учетом роста численности бактерий в склянках.

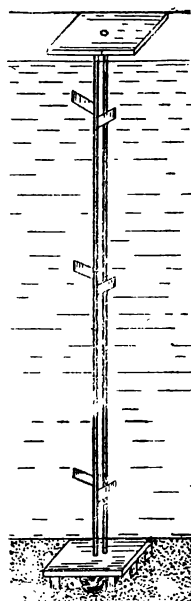


Рис. 51. Схема установки обрастания на различных глубинах

Метод пластинок обрастания состоит в том, что чистые, тщательно обезжиренные и простерилизованные предметные стекла прикрепляют к тросу и опускают на разные глубины водоема. В морях Черном и Каспийском такого рода стекла ставились на глубинах от поверхности до 700 м (Каспий) и 1450 м (в Черном море) и выдерживались там от 5 до 24 час. (по А. Е. Криссу). При работе в неглубоких пресных водоемах стекла могут прикрепляться к резиновым трубкам (вставлены в надрезы, сделанные попарно через каждые 0,5—1 м) (по А. Г. Родиной, рис. 51). Срок экспозиции стекол здесь от 1 до 3 суток.

Стекла, извлекаемые из воды после окончания опыта, высушиваются на воздухе, хранятся в коробках с ватой, намоченной формалином, и окрашиваются 1-процентным эритрозином в 5-процентной карболовой кислоте. Фиксацию можно производить также абсолютным спиртом, а окрашивание 5-процентным эритрозином в 5-процентной карболовой кислоте в течение 30—40 мин. После прополаскивания дистиллированной водой и высушивания стекла просматриваются при иммерсии под микроскопом.

При микроскопировании подсчитывается число микроколоний, число бактериальных клеток, составляющих каждую микро-

колонию, а также число отдельных микробных клеток по каждой морфологической группе отдельно; для подсчета рекомендуется площадь в 8 см².

Средняя скорость размножения бактерий ($C_{\text{ср}}$) вычисляется по формуле Иерусалимского:

$$C_{\text{ср}} = \frac{4 \sum \lg m}{Nt},$$

где m — количество клеток (биомасса) микробов в каждой колонии в конце наблюдения, N — общее число клеток, осевших на стекло и давших начало колониям или оставшихся одиночными, t — время экспозиции.

Метод учета численности бактерий в склянках состоит в следующем. Из определенного горизонта водоема в стерильную посуду берется проба воды и в ней методом прямого счета (на мембранном фильтре № 2) определяется число микробов на 1 мл пробы. Затем из воды удаляется крупный зоопланктон, так как он уничтожает бактерий, а склянка закрывается пробкой и опускается на ту самую глубину водоема, откуда была взята вода. После суточной экспозиции склянка вынимается из воды и в ней тем же методом сосчитывается число бактерий на 1 мл.

Скорость размножения бактерий (время одной генерации) вычисляется по формуле Разумова:

$$G = \frac{t \lg 2}{\lg b - \lg B},$$

где G — время генерации, B — начальное количество бактерий в 1 мл, b — число бактерий в 1 мл по истечении времени экспозиции t .

Последний метод применяется и для учета числа генераций у планктонных водорослей. Пробу воды, взятую для этой цели из определенного горизонта, сначала освобождают от крупного зоопланктона, могущего уничтожить водоросли, затем просчитывают в пробе количество клеток изучаемой водоросли в 1 мл (или в большем объеме). После этого проба воды делится на две половины, и каждая из них наливается в склянку из хорошего стекла (до 2/3 объема склянки). Склянки затем закрываются притертыми пробками, переворачиваются вверх дном и устанавливаются в особую подставку (рис. 52), на которой они опускаются на ту самую глубину водоема, откуда была взята вода.

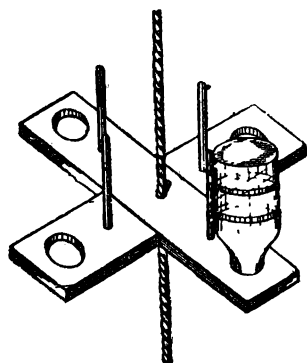


Рис. 52. Деревянная подставка для опускания склянок в водоем

Через 2—3 дня склянки вынимаются, и из каждой из них производится подсчет того же вида водоросли, который был сосчитан в начале опыта. Среднее из результатов подсчетов (в начале работы и после экспозиции банок) используется для вычисления числа генераций водоросли аналогично тому, как это делается в отношении бактерии.

СЕЗОННЫЕ ЦИКЛЫ РАЗВИТИЯ ВОДРОСЛЕЙ

Наибольший интерес при изучении сезонных изменений представляет биология морских литоральных водорослей, живущих в сложных условиях приливо-отливной зоны. Для примера остановимся на работе в полярных условиях. Основными вопросами, подлежащими решению в этих работах, являются следующие: происходит ли рост водоросли в течение всего года, когда рост идет в максимальном темпе, растут ли водоросли во время полярной ночи, когда происходит заложение рецептакул (т. е. органов, содержащих скafdиды с оогониями и антеридиями) и как долго длится их созревание. Чтобы ответить на эти вопросы, следует производить наблюдения в течение года не менее одного раза в месяц. Если предметом изучения выбраны фукоиды (*Fucus*, *Ascophyllum*), то при каждом наблюдении следует производить измерения длины всей водоросли и ее отдельных частей: светлых концов слоевища, окончания слоевища (от последнего воздушного пузыря), вегетативных окончаний слоевища, окончания слоевища с рецептакулами и сами рецептакулы. Одновременно записываются сведения о состоянии рецептакул, об окраске водорослей, состоянии водоема и погоды. Приведем образец записи наблюдений такого рода (по З. П. Тиховской):

Fucus vesiculosus

| № п/п | Месяцы и годы | Длина | | | | | рецепта- кулы (мм) |
|----------|------------------|---------------------------|---------------------------------------|--|---|--|--------------------------|
| | | всего растения (см) | светлых концов слоевища (см) | окончания слоевища от послед- него воз- душного пузыря (см) | вегета- тивных оконча- ний сло- евища (мм) | оконча- ния сло- евища с рецепта- кулами (мм) | |
| 1 | VIII 1940 | 29,8 | | 4,4 | 4,7 | — | — |
| 2 | IX | 29,6 | 9,4 | | | — | — |
| 3 | X | 34,0 | 10—12 | — | — | — | — |
| 4 | XI | 35,1 | — | | | — | — |
| 5 | XII | 29,0 | | — | | — | — |
| 6 | I 1941 | 33,6 | — | 3,0 | — | — | — |

| № п/п | Месяцы и годы | Длина | | | | | рецепта- кулы (мм) |
|----------|------------------|---------------------------|--|--|---|--|--------------------------|
| | | всего растения (см) | светлых коньков слоевища (см) | участия слоевища от послед- него воз- душного пузыря (см) | вегета- тивных оконча- ний сло- евища (мм) | оконча- ния сло- евища с рецепта- кулами (мм) | |
| 7 | II 1941 | 32,8 | — | 3,2 | — | — | — |
| 8 | III | 29,0 | — | 3,2 | 1—2 | — | — |
| 9 | IV | 30,5 | — | 3,2 | 2—7 | 5 | 4,4—7,9 |
| 10 | V | 33,7 | — | 3,7 | 13—20 | 14—29 | 4,4—7,9 |
| 11 | VI | 32,8 | — | 3,7 | 38 | 34 | 16,0 |
| 12 | VII | 38,3 | — | 4,2 | 39 | 29 | 14,0 |

Примечания (по порядковым номерам записей в таблице):

1. Зрелые и опадающие рецептакулы. Окраска водорослей темная с ясно выделяющимися светлыми окончаниями.

2. Длинные светлые окончания. Сброс рецептакул.

3. Кое-где остатки плодоношений. Окончание роста во второй половине октября. Утолщение слоевища водорослей.

4. Рост прекращен. Окраска равномерная, темная. Отдельные редкие рецептакулы на редких растениях.

5. Кое-где остатки нервов от плодоношения. Рецептакул нет. Расщепление 1—2—3 раза от последнего пузыря. Окраска очень темная.

6. В начале месяца только вегетативные ветви. 13/1 маленькие утолщения на концах побегов — заложение рецептакул.

7. Утолщения на концах веточек явно обозначились как новые рецептакулы. Новые расщепления. Длина всех ветвей одинакова.

8. Рост приостановлен или незначительный.

9. В первых числах месяца растения оледеневали при отливах. В конце месяца явный рост.

10. —

11. Рост рецептакул в июне закончен.

12. —

Данные по изменению тех или других частей водорослей, усредненные в результате ряда наблюдений, изображаются графически (рис. 53), подопытные растения зарисовываются. Результаты изучения стадий развития по месяцам изображаются в виде фенологических циклограмм (рис. 54).

Простым, но весьма показательным приемом документации наблюдений над жизненным циклом водорослей-макрофитов

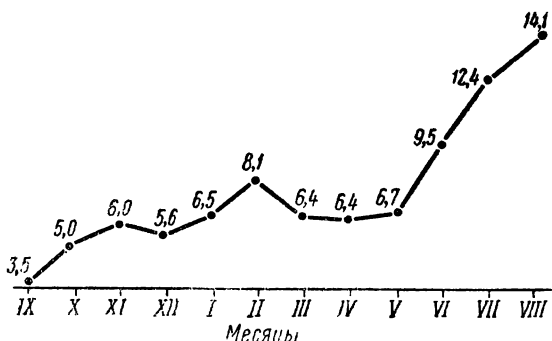


Рис. 53. Изменение длины рецептакул *Ascophyllum nodosum* (в мм)

является обведение контуров растений (рис. 55) на бумаге (по В. В. Кузнецову). Сопоставление таких зарисовок дает пред-

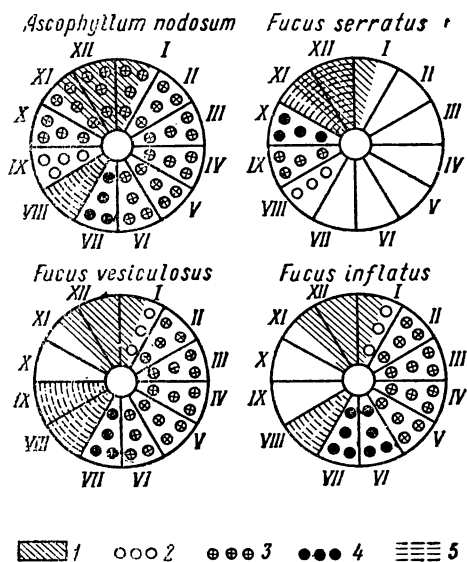


Рис. 54. Стадии развития органов размножения фукоидов по месяцам:

1 — период полярной ночи, 2 — заложение рецептакул, 3 — рост рецептакул, 4 — зрелые рецептакулы, 5 — сброс рецептакул

ставление о скорости роста, размерах слоевища, биомассе и ее изменении во времени, продолжительности жизни и времени размножения.

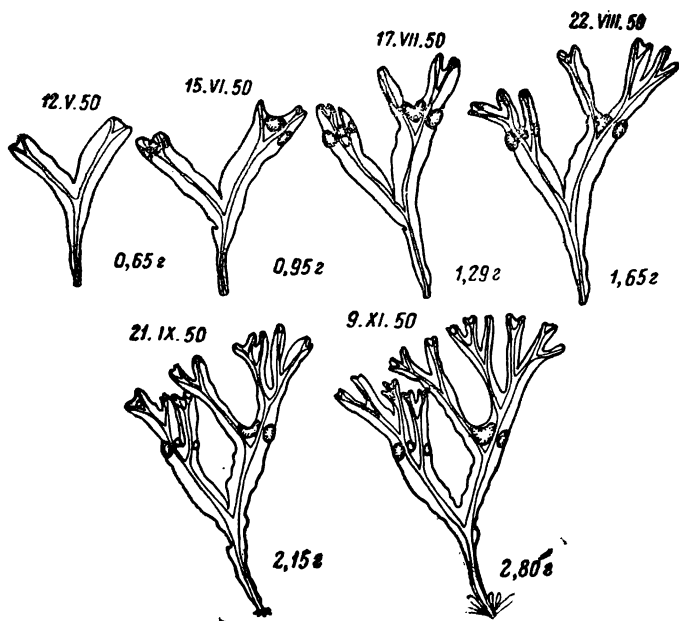


Рис. 55. Рост *Fucus vesiculosus* на втором году жизни (период с мая по ноябрь). Цифры внизу — вес

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НАД ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Фенологические наблюдения над растительностью в водоеме ведутся на учетных площадках величиной в 100 м^2 , которые помечаются по углам кольями или буйками. Наблюдения ведутся в течение круглого года — с весны до весенней оттепели следующего года. Площадки осматриваются весной и летом через 2—3 дня, осенью — через 4—5 дней, зимой — по мере возможности, но не реже 1 раза в месяц (по В. М. Катанской).

В дневнике наблюдений делается описание каждой площадки с указанием распределения растений одного вида по отношению к другому, численности стеблей на 1 м^2 , высоты отдельных растений (по мере их роста). Описания повторяют несколько раз весной, летом и осенью. В указанные выше сроки производятся наблюдения над фазами развития растений: началом вегетации, появлением первых бутонов, распусканьем последних бутонов, началом цветения, концом цветения, началом и концом плодоношения, началом отмирания, концом отмирания, способами перезимовывания. Одновременно отмечаются такие явления, как разворачивание первых листьев,* появление растения на поверхности водоема, изменение окраски и формы листьев. Параллельно фенологическим наблюдениям

производятся измерения температуры, изменения горизонта (уровня) воды, записывается состояние погоды и т. д.

Все фенологические наблюдения записываются в разграфленные дневники или карточки, причем применяются буквенные условные обозначения, которые можно ставить по одному (если все растения одного вида находятся в одинаковом состоянии, например, вегетируют) или по несколько (когда растения одного вида находятся в разных фазах развития, например, имеют бутоны, цветут и вегетируют).

Для обозначения фенологических фаз принято употреблять буквы:

- | | |
|--|---|
| <i>в</i> — растение только вегетирует, | <i>п</i> — наличие зрелых плодов и семян, |
| <i>б</i> — наличие бутонов. | <i>вв</i> — вегетация после плодоношения. |
| <i>ц</i> — наличие цветов, | <i>о</i> — отмирание, |
| <i>с</i> — созревание плодов, | <i>зп</i> — зимующие почки. |

Все сведения, полученные при фенологических наблюдениях, сводятся в дневники (карточки). Приведем образец такой записи:

Название водоема и его географическое положение № карточки

Год наблюдений

Название группировки растений

Местонахождение группировки

Условия местообитания: глубина грунт

прибойность

Подпись наблюдателя

| Вид | 15 V | 18 V | 23 V и т. д. | 6 IX и т. д. |
|---------------------------|----------|----------|--------------|----------------|
| <i>Nymphaea candida</i> | <i>в</i> | <i>в</i> | <i>в</i> | <i>б, ц, в</i> |
| <i>Potamogeton lucens</i> | <i>в</i> | <i>в</i> | <i>в</i> | <i>ц, в</i> |

По завершению фенологических наблюдений за годовым циклом последние сводятся в фенологические спектры, в которых отражаются сведения о начале и окончании той или иной фазы (вегетативной, бутонов, цветения, созревания плодов, отмирания и пр.).

При построении спектров соблюдают вертикальную очередность расположения видов группировок по срокам цветения: в верхнем этаже располагают сведения о видах, зацветающих рано, ниже — о позднецветущих и еще ниже — о видах, только ве-

гетерирующих. Степень обилия видов в группировке отмечается шириной полосы в спектре (рис. 56).

Такого рода спектры можно составлять для какой-либо одной группировки, для одного вида в разных местообитаниях и для растительности целого водоема. По последнему спектру устанавливаются стадии сезонного развития растительности: предвесенняя, начало весны, середина весны, конец весны, лето, конец лета, начало осени, осень, зима.

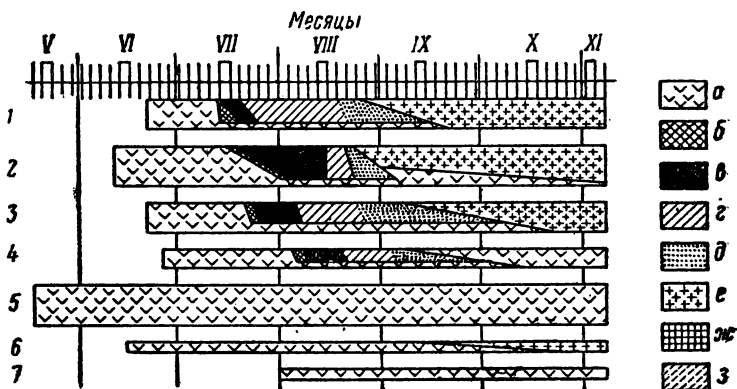


Рис. 56. Фитологический спектр группировки земноводной гречи с погруженными растениями.

1 — *Potamogeton perfoliatus*, 2 — *Polygonum amphibium*, 3 — *Potamogeton lucens*, 4 — *Potamogeton heterophyllus*, 5 — *Elodea canadensis*, 6 — *Equisetum heterochaeris*, 7 — *Myriophyllum alterniflorum*;

а — вегетативная фаза, б — фаза бутонов, в — фаза цветения, г — фаза созревания плодов и семян, д — фаза разбрасывания плодов и семян, е — фаза отмирания, ж — фаза созревания спор, з — фаза рассеивания спор

Для того чтобы была ясна связь фаз развития растений и стражающих их спектров с условиями среды, внизу спектров помещаются кривые колебания температуры воды и воздуха, колебания уровня и др.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ МОРСКИХ И ПРЭСНОВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Производя круглогодичные количественные сборы планктона и бентоса в разных участках и зонах водоемов и на различных глубинах, можно собрать большой материал по годовой динамике численности того или другого вида беспозвоночного, по его миграциям и жизненному циклу. Для выяснения отдельных моментов биологии те же виды изучаются в условиях

садков, устанавливаемых на участках водоемов, соответствующих естественным обитаниям.

При изучении биологического цикла морских моллюсков принимается следующая схема опыта (по В. В. Кузнецову): 1) в один и тот же период (например в июле) в разных участках водоема делаются количественные сборы исследуемого вида (пусть это будет *Lacuna pallidula*), сведения о которых сопоставляются в виде табличных записей; 2) в одном из выбранных участков производятся периодические количественные

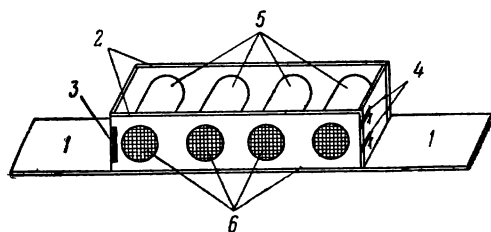


Рис. 57. Рама для четырех донных литоральных садков:

1 — концы рамы для загрузки их камнями, 2 — передняя и задняя стенки рамы, 3 — шарнир, 4 — крючки, 5 — стеклянные цилиндры-садки, 6 — горлышки садков, затянутые мельничным газом

сборы того же вида по разным глубинным зонам (среди зарослей ламинарии на глубине 0,3 и 10 м); данные также сводятся в таблицу; 3) собранный в том и другом случаях материал анализируется по следующим показателям: а) наличие и число кладок, б) количество яиц в кладках и состояние зародышей в кладках (стадии дробления, велигер; сформировавшаяся моллюдь), в) размерный состав моллюсков (количество и биомасса на 1 м² особей размером 2 мм, 2—2,5 мм и т. д. до 8,5—9,0 мм; за единицу разницы принимается 0,5 мм).

Все материалы этих наблюдений, сведенные в таблицы и графики, служат основой для определения количества популяций, обитающих в водоеме, а также судьбы каждой отдельной популяции (поколения). Этот же материал используется для вычисления годовой продукции вида.

Одновременно с наблюдением и сборами материала в природных условиях на литорали устанавливаются садки, куда помещаются моллюски того же вида.

Садки бывают двух видов: одни устанавливаются на дне, другие подвешиваются на сваях или причальных сооружениях.

Донный садок Кузнецова (рис. 57) состоит из рамы, на которой лежит доска длиной до 1 м, а сверху прикреплена че-

треугольная открытая коробка с открывающейся передней стенкой. В круглые прорезы этой стенки вставляются цилиндрические сосуды (собственно садки), затянутые мельничным газом или нержавеющей металлической сеткой. Садок удерживается на дне камнями, нагружаемыми на свободные края нижней доски.

Подвесной садок Кузнецова (рис. 58) имеет вид куба с деревянным дном, одной затянутой сеткой и тремя застекленными стенками и стеклянной крышкой. По углам садка подвешены тяжелые грузы; весь корпус садка охвачен тросом, переходящим наверху в уздечку для соединения с подвесным тросом.

Для подопытных животных, находящихся в садках, необходимы условия, сходные с естественными — обильная пища, водообмен. Данные наблюдений за садками обрабатываются и иллюстрируются так же, как и результаты наблюдений, проводимых в условиях природы.

Сочетание результатов наблюдений, проведенных в условиях природы (море) и в садках, позволяет подойти к вычислению прироста органического вещества

в результате жизнедеятельности того или другого вида животного. Это делается по следующей формуле В. В. Кузнецова:

$$P = S \cdot \frac{a_2 - a_1}{2} + a_1,$$

где P — искомый прирост, a_1 — средний вес одного экземпляра моллюска в начале периода наблюдения, a_2 — средний вес одного экземпляра в конце периода наблюдения, S — количество экземпляров, погибших за время наблюдения.

Если одновременно с изучением жизненного цикла моллюска изучается питание бентосоядных рыб, обитающих в данном море или данном участке моря, то, оценивая количественно роль данного вида моллюска в пищевом комке рыб, можно установить, какая доля прироста органического вещества моллюска пошла рыбам в пищу, а отнеся эту величину к величине биомассы моллюска в период исследования, можно вычислить коэффициент использования данного вида моллюска рыбами.

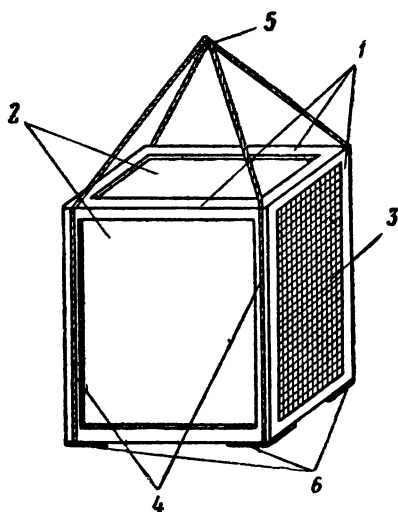


Рис. 58. Подвесной садок для сублиторали:

1 — деревянный остов, 2 — застекленные стенки, 3 — сетка, закрывающая боковую стенку, 4 — трос, охватывающий садок, 5 — уздечка для подвески садка, 6 — грузы для утяжеления садка

Биологические циклы пресноводных моллюсков изучаются примерно по той же схеме. Материал собирается количественными методами в разных водоемах или в разных станциях одного и того же водоема в течение круглого года. Из него берется 100 экземпляров для измерения, взвешивания, установления пола, степени зрелости половых продуктов, подсчета яиц у са-

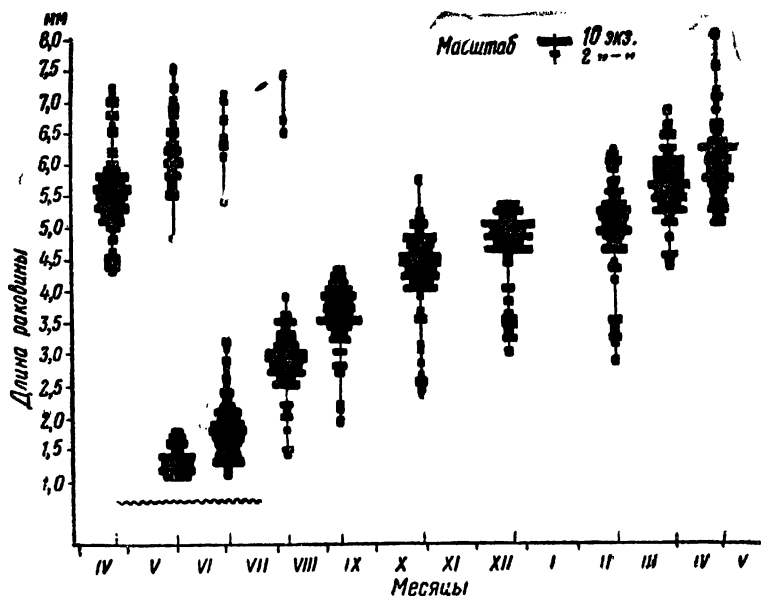


Рис. 59. Гистограмма размерного состава популяции речной чашечки в одной реке в течение года. По оси ординат — частота (см. масштаб). Волнистая линия — период откладки яиц

мок, числа зародышей у живородящих видов. С помощью подвесных садков (для легочных моллюсков садок должен частично подниматься над поверхностью воды) изучается характер и время оплодотворения, продолжительность вынашивания оплодотворенных яиц в теле самки, время и повторяемость выметывания кладок. Изучается форма и размеры кладок, число яиц в кладке в условиях природы и садка. При работе с легочными моллюсками отмечается возраст и время года, когда моллюск переходит от водного к воздушному дыханию. При вскрытии моллюсков отмечаются факты поражения гонад паразитами. В садках и на учетных площадках в водоемах подсчитывают количество и определяют размеры погибших моллюсков.

Результаты наблюдений и расчетов записываются в журналы и на карточки, а также изображаются в виде различных гистограмм и графиков (рис. 59).

Для установления связи жизненных циклов моллюсков с условиями их обитания делаются сопоставления графиков жизненного цикла и кривых изменения температуры воды и других факторов.

Солоноватоводные двустворчатые моллюски изучаются тем же путем. Для примера рассмотрим митиластер (*Mytilaster lineatus*) из Азовского моря (по В. П. Воробьеву). Сбор моллюсков для исследования производится два раза в год — весной и осенью. Собранные на каждой станции моллюски (числом не менее 100) подвергаются измерению и взвешиванию. На основании этих данных строятся вариационные ряды, расчисляющиеся на весь улов и на 1 м². Из данных всех сборов выводится среднее процентное соотношение моллюсков определенного размера и вычисляются вариационные ряды средних линейных размеров для весны и осени. Путем непосредственного взвешивания находится средний вес одной особи, а путем умножения его на соответствующие количества особей получается вариационный ряд веса (биомассы) моллюсков для весны и осени. Вариационные кривые получаются многовершинные; по величинам размеров и веса, характеризующим отдельные вершины, устанавливается количество возрастных групп, имеющих в популяции в момент наблюдения. Затем сопоставляются количества особей каждой возрастной группы для весны и осени и из этого сопоставления высчитывается, какая убыль произошла за лето среди той или другой возрастной группы. Умножая средний вес одного моллюска данной возрастной группы на его численность, получаем весовое выражение убыли. Эти же данные позволяют установить количество и вес моллюсков, съеденных рыбой. Цифры будут достаточно точны только в том случае, если одновременно с учетом живых моллюсков производится подсчет отмерших и если в то же время ведется изучение содержимого кишечника бентосоядных рыб количественным методом. Наконец, большую точность результатов можно ожидать при более частых (5 и более раз за лето) наблюдениях за количеством, размерами и весом моллюсков.

Метод биологического анализа популяций применим также при изучении ракообразных. Креветки, мизиды, бокоплавцы, равноногие и другие ракообразные собираются количественными методами и фиксируются формалином или спиртом. После точного видового определения особи изучаемого вида отбираются, и у них определяется пол, измеряется длина тела производится взвешивание (на торзионных весах после двухминутного обсушивания на фильтровальной бумаге). Яйца и зародыши у самок просчитываются весовым методом. Для этого подсчитывают количество яиц в определенной навеске, а затем, зная вес всей яичевой массы, по пропорции можно определить все количество яиц (или соответственно зародышей). На осно-

вании полученных данных составляются отдельные для самцов и самок характеристики размеров и весов, подобно тому как это делается для моллюсков. Затем (по В. Н. Гресе) составляется размерная гистограмма, по которой выясняется число поколений, периоды рождения молоди, отмирания старших групп, т. е. основные этапы жизненного цикла рачка.

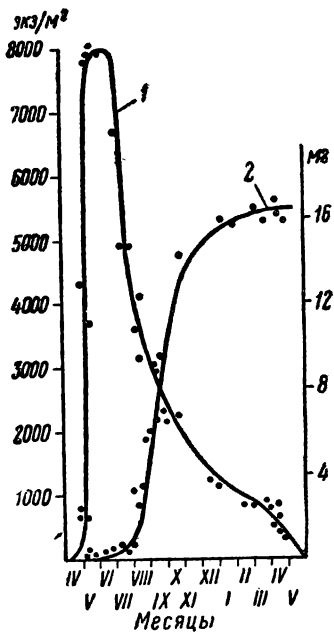


Рис. 60. Изменение численности одного поколения понтопорей и ее весового роста в реке:

1 — численность, 2 — вес

На основе имеющегося материала вычерчиваются графики: 1) изменения численности определенного поколения рачков от момента рождения до полного исчезновения и 2) темпа весового роста рачков (рис. 60). Данные этих двух графиков, вычерчиваемых в крупном масштабе на миллиметровой бумаге, используются для расчетов динамики численности и биомассы. Последние расчеты состоят из определения ежемесячных величин биомассы рачков на 1 м^2 и потерь биомассы в связи с численностью и индивидуальными весами рачков.

Работа по исчислению динамики численности и биомассы выполняется в следующей последовательности. По записям и гистограмме, анализируя размерный состав популяции, устанавливают продолжительность жизненного цикла рачка. Затем, по наличию в пробах небольшого числа крупных особей и множества мелочи, отмечают периоды размножения и прослеживают рост рачков.

По двум построеным раньше графикам вычисляют сезонные изменения биомассы поколения рачков в изучаемом водоеме. По первой кривой получают среднюю численность поколения рачка на 1 м^2 на 15-е число и записывают ее в графу 3-ю таблицы, форма которой дается ниже.

| № | Название рачка | Годы наблюдений |
|---|----------------|------------------------|
| Название водоема и его географическое положение | | |
| Условия обитания: глубина | | грунт |
| течение | | химические особенности |
| воды | | |

Подпись наблюдателя

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|-------|--|---|--|---|--|--|
| Год | Месяц | Средняя плотность дан-ного поколения на 15-е число . мес. (экз./м ²) | Средний вес одного экземпляра на 15-е число мес. (мг) | Средняя биомасса дан-ного поколения на 15-е число . мес. (мг./м ²) | Количество экземпляров, исчезнувших с 15-го числа . мес. по 15-е число . мес. | Средний вес одного экземпляра на 1-е число мес. (мг) | Потеря биомассы дан-ного поколения с 15-го числа . мес. по 15-е число мес. (мг./м ²) |
| | | | | | | | |

Зная величину биомассы популяции какого-либо вида по месяцам и величину его годовой производительности, можно вычислить на каждый месяц отношение продукции к биомассе (коэффициент П/Б). Для сравнения этой величины одного вида из разных водоемов или разных видов следует брать ее за какой-либо один месяц (например, за август).

Изучение биологических циклов планктонных ракообразных ведется в общем по той же схеме, но имеет некоторые отличия. Сборы материала для этой цели производятся количественной сетью с газом № 55 и обрабатываются счетным методом. При этом у дафний учитываются пол, самки с яйцами и без яиц, молодь средних и мелких размеров; у веслоногих рачков половозрелые особи делятся по полу, самки — по наличию или отсутствию яиц, молодь — по стадиям метаморфоза у каждого вида (по Т. М. Мешковой). Определение биомассы производится отдельно по видам, полам и стадиям развития путем умножения индивидуальных весов на число особей. Параллельно изучению материала, собираемого в озере или другом водоеме, следует вести наблюдения за размножением и развитием ракообразных в лабораторных условиях. Подопытных животных можно содержать в кристаллизаторах или аквариумах и кормить водорослями из культур или дрожжами. Для хищных ракообразных (например, циклопов) необходима также животная пища.

При изучении биологических циклов планктонных ракообразных можно придерживаться следующей терминологии:

годовой цикл — качественные и количественные изменения у изучаемого вида в течение года;

годовой максимум — наличие в планктоне наибольшего числа половозрелых особей данного вида;

цикличность — смена поколений;

генерация — потомство одного помета;

поколение — совокупность особей одного какого-либо вида, родившихся от определенной возрастной группы.

Результаты работы можно выразить или в абсолютных величинах — численность того или другого вида и его стадий в 1 м^3 , — или

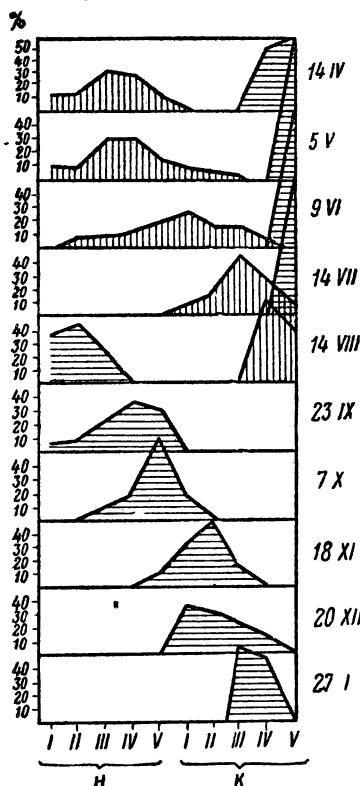


Рис. 61. Соотношение различных стадий метаморфоза у *Acanthodiaptomus denticornis* по месяцам

н — науплиусы, к — копепо-
дитные стадии

в процентах по отношению численности данной стадии вида к численности всей его популяции и изображать графически (рис. 61). Приведенные графики и цифровые данные показывают, что метаморфозу *Acanthodiaptomus denticornis* в оз. Севан протекает в виде двух обособленных волн; одна начинается в середине апреля и заканчивается к октябрю, вторая волна начинается с середины августа и кончается в конце июля следующего года. Науплиальные стадии всеми особями популяции первой волны проходят с середины апреля до конца июня, т. е. за 2,5 мес., а копеподитные — с начала мая по сентябрь, т. е. за 5 мес. Науплиальные стадии всеми особями популяции второй волны проходятся за 3,5 мес. и заканчиваются к началу декабря, а копеподитные протекают 10 мес. Большая продолжительность метаморфоза популяции этого вида объясняется наличием нескольких генераций, появляющихся в разное время на протяжении периода размножения.

Графически можно изобразить и темп роста вида от яйца через науплиальную и копеподитные стадии до окончания формирования самца или

самки (рис. 62). Впрочем, такого же рода данные можно представить и в виде рисунков.

Материалы по биологии и количественному учету зоопланктона используются для подсчета продукции руководящих видов за год. Для этого (по Т. М. Мешковой) берутся количественные данные о планктоне за каждый месяц исследования, причем принимается во внимание, что годовая продукция планктона создается несколькими возрастными группами одного вида. У веслоногих раков продукция вычисляется отдельно для родительского и дочернего поколений. Годовая продукция вида получается суммированием продукции отдельных возрастных

групп. Для каждого поколения ежемесячно учитывается: количество особей, средний вес особи, биомасса (получающаяся в результате перемножения двух последних величин), увеличение

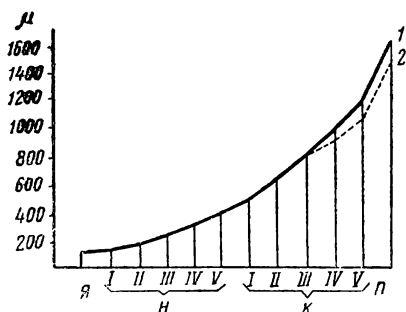


Рис. 62. Темп роста *Acanthodiptomus denticornis* во время метаморфоза: я — яйцо, н — науплиусы, к — копеподитные стадии, п — половозрелые (1 — самка, 2 — самец)

биомассы от увеличения количества и размеров особей и убыль. Порядок работы в этом случае тот же, что и описанный выше для бентонных и нектоно-бентонных ракообразных.

Изучение жизненных циклов водных насекомых осложняется тем, что большинство их ведет гетеротопный (водно-воздушный) образ жизни. В этих случаях исследования ведутся также в условиях водоема и контролируются наблюдениями в садках и аквариумах. В последнем случае подопытным насекомым дается пища, сходная с той, которую данный вид поедает в природе: водоросли — растениемядным, животные — хищным, кровь и сахарный сироп — сосущим.

Для изучения насекомых текучих вод применяется садок Лепневой, нижняя сторона которого открыта, а боковые и верхняя — обиты металлической сеткой (рис. 63). Такого рода садок удерживается на дне камнями, которые кладутся на две планки, идущие в сторону от основания. Употребляются также садки, подвешиваемые к кустам или сваям (их делают из металлической нержавеющей проволоки и мельничного шелка). В некоторых случаях над водоемом ставятся садки в виде шатра; такие же шатры с дверью сооружаются над искусственными водоемами — бочками или бетонными бассейнами. Внутри садков-шатров ставят кусты растения в горшках — приют для окрыленных насекомых. При работе с кровососущи-



Рис. 63. Сетка-садок для водных насекомых

ми насекомыми внутрь шатра-палатки помещают временами клетки с остриженными кроликами.

При проведении наблюдений в природе и в садках необходимо отмечать: время вылета насекомых с зимовок (если они зимуют не в водоемах), появление яиц и яйцевых кладок в различных водоемах, вылет насекомых из зимовавших в воде куколок, откладка ими яиц, выведение личинок, рост личинок, окукливание, вылет и т. д., опять в той же последовательности.

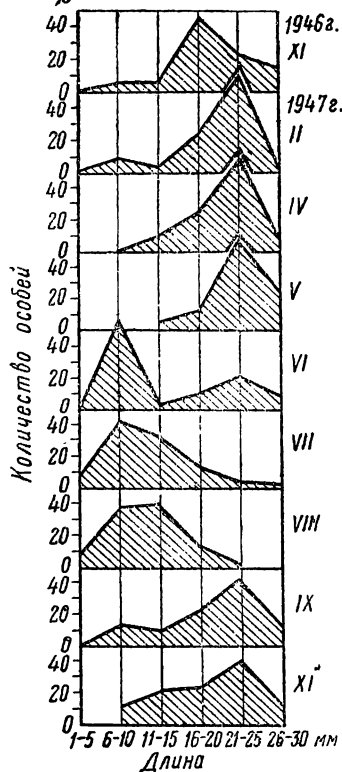


Рис. 64. Графики линейных размеров мотыля в оз. Севан

Используя этот метод или же устанавливая на водоемах насекомоуловители, можно решить весьма важный для биологической продуктивности водоемов вопрос, именно, каково количество генераций того или другого вида насекомого в течение года и какова продолжительность личиночного периода их жизни.

Вопрос о количестве генераций тендипедид (а, вероятно, и других насекомых) можно решать биометрическим анализом размеров личинок в популяции (по И. В. Шаронову). Для этих целей производятся измерения длины личинок и ежемесячное взвешивание их из каждого изучаемого водоема. Результаты промеров и взвешиваний изображаются в виде графиков, дающих представление как о количестве генераций, так и об их продолжительности (рис. 64).

Работники медицинской и ветеринарной энтомологии и гидробиологи рыбохозяйственного направления под продуктивностью водных насекомых понимают не одно и то же. Первые (маляриологи) под продукцией комаров понимают то количество насекомых, которое вылетает из водоема. Вторые же продукцией считают то количество личинок и куколок, которое может быть потреблено в водоеме рыбой.

Поэтому деятели медицинской и ветеринарной энтомологии конструируют всякие ловушки и учетные полога или колокола, которыми они ловят насекомых или при вылете из водоема, или собирают их среди травы и кустарников, или, наконец, учитывают насекомых, нападающих на человека и домашних животных. Гидробиологи же стараются найти способы изучения

динамики биомассы насекомых непосредственно в водоеме¹.

Остановимся на способе изучения годовой динамики (в во-

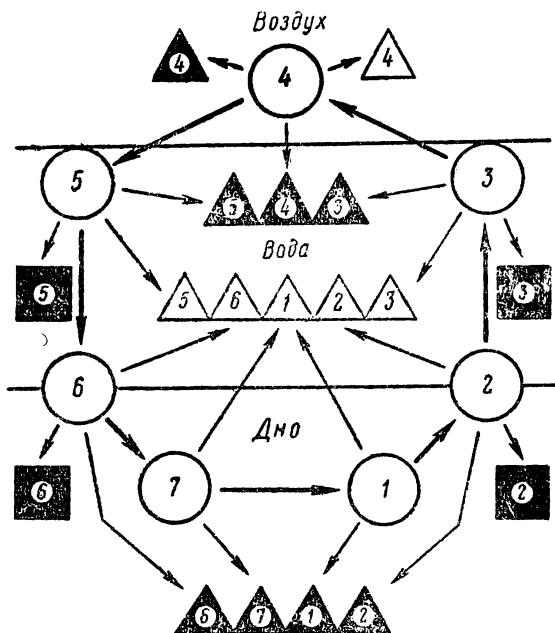


Рис. 65. Схема динамики мотыля в озере. Кружки со стрелками — ход годового цикла развития

1 — биомасса личинок перед окукливанием, 2 — куколки в грунте, 3 — куколки перед вылетом, поднявшиеся к поверхности воды, 4 — имаго, 5 — кладки, 6 — молодое поколение, 7 — взрослые насекомые. Черные треугольники — биомасса отмерших организмов. Белые треугольники — биомасса организмов, съеденных водными и наземными животными. Черные квадраты — вещество, поступающее обратно в водоем при метаморфозе

доеме) наиболее обычного представителя тендипедид *Tendipes plumosus* (по Е. В. Борущкому).

1. Собранный живой материал разбирается, личинки сосчитываются, измеряются и взвешиваются. Из полученных данных составляют ряды (возрастные группы) с интервалом в 5 мг. По ходу работы учитываются кладки, личинки (их рост), окукливающиеся личинки, куколки и мертвые экземпляры (рис. 65).

2. Для учета вылетающих насекомых на различных глубинах водоема и под поверхностью ставятся куколкуловители.

3. В прибрежной части водоема устанавливаются приспособления (учетные площадки) для сбора кладок.

4. Систематически просматривается содержание кишечника бентосоядных рыб.

5. Приблизительно учитывается количество вылетающих из водоема комаров, которые поедаются птицами и летучими мышами.

¹ Периодические сборы бентоса дночерпателем: летом — раз в десять дней, весной и осенью — два раза в месяц, зимой — один-два раза в месяц.

Все цифровые данные, полученные при проведении работ, вносятся в рабочую схему. Если каких-либо сведений оказывается недостаточно, следует воспользоваться данными из литературных источников.

ЛИТЕРАТУРА

- Беклемишев В. Н., 1944. Экология малярийного комара. М.
- Боруцкий Е. В., 1939. Динамика биомассы *Ch. plumosus* профундали Белого озера. Тр. Лимнол. ст. в Косине, 22.
- Боруцкий Е. В., 1955. Новая ловушка для количественного учета вылетов хирономид. Тр. Всесоюзн. гидробиол. общ., VI.
- Воробьев В. П., 1949. Бентос Азовского моря. Тр. Аз.-Черном. н.-и. ин-та морск. рыбн. хоз. и океаногр., 13.
- Голлербах М. М., Полянский В. И., 1951. Пресноводные водоросли. Изд. «Сов. наука».
- Грезе В. Н., 1951. Продукция *Pontoporeia affinis* и метод ее определения. Тр. Всесоюзн. гидробиол. общ. III.
- Иерусалимский Н. Д., 1954. Вычисление скорости роста водных микроорганизмов на стеклах обрастания. «Микробиология», XXIII.
- Киреева М. С. и Т. Ф. Щапова, 1938. Темп роста, возраст и спороношение *Laminaria saccharina* и *L. digitata* Кольского залива. Тр. ВНИРО, VII.
- Кресс А. Е. и Е. М. Маркианович, 1954. Наблюдения за скоростью размножения микроорганизмов в морских водоемах. «Микробиология», XXIII, 5.
- Кресс А. Е. и Е. А. Рукина, 1952. Биомасса микроорганизмов и скорость их размножения в океанских глубинах. «Журн. общ. биол.», 13.
- Кузнецов В. В., 1946. Некоторые новые способы изучения морских беспозвоночных. «Природа», 7.
- Кузнецов В. В., 1948. Биология и биологический цикл *Lacuna pallidula* Da Costa в Баренцовом море. «Памяти акад. С. А. Зернова». Изд. АН СССР.
- Кузнецов В. В., 1948. Биоэкологическая характеристика массовых видов морских беспозвоночных. Изв. АН СССР, 5.
- Кузнецов С. И., 1954. Основные подходы к изучению соотношений между первичной продукцией органического вещества в водоеме и биомассой бактерий. Тр. проблемн. и тематич. совещ., II.
- Лепьева С. Г., 1927. Сетки-садки для изучения метаморфоза водных насекомых. «Русск. гидробиол. журн.», VI.
- Мешкова Т. М., 1953. Зоопланктон озера Севан. Тр. Севанск. гидробиол. ст. АН АрмССР, XIII.
- Родина А. Г., 1956. Методы микробиологического исследования водоемов. Жизнь пресн. вод СССР, IV, I.
- Тиховская Э. П., 1948. Сезонные циклы развития фукоидов на Восточном Мурмане. «Памяти акад. С. А. Зернова.» Изд. АН СССР.
- Clelend D. M., 1954. A study of the habits of *Valvata piscinalis* (Müller) and the structure and function of the alimentary canal and reproductive system. Proc. Malacol. Soc. London, 30.
- Geldiay R., 1956. Studies on local populations of the freshwater limpet *Ancylus fluviatilis* Müller. Journ. Anim. Ecol., 25.
- Hunter W. R., 1953. On migrations of *Lymnaea peregra* (Müller) on the shores of Loch Lomond. Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 65, 1.
- Hunter W. R., 1953. On the growth of the freshwater limpet, *Ancylus fluviatilis* Müller. Proc. Zool. Soc. London, 123, 3.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ПИЩИ РЫБ

При изучении состава пищи рыб исследователь ставит перед собой задачу установить связь между количеством и распределением рыбы, с одной стороны, и количеством и особенностями распределения беспозвоночных животных и растительных организмов — с другой. Поэтому исследование питания рыб производится так же, как все другие гидробиологические исследования, в водоеме, круглогодично и в самых различных участках водоема. Изучению подлежат все биологические группы рыб: питающиеся растительной пищей, планктоном, бентосом, хищные; обитающие круглый год в одном и том же водоеме (туводные, или жилые), мигрирующие из морей в реки и обратно (проходные), перемещающиеся в солонатоводные пространства морей и возвращающиеся в дельтовые водоемы рек (полупроходные).

СБОР МАТЕРИАЛА

Молодь рыб (личинки, мальки) собираются специальными исследовательскими орудиями лова: мальковым тралом, мальковой сеткой, мальковой волокушей (рис. 66). Молодь рыб может, как и мелкие промысловые рыбы (килька, хамса и др.), собираться промысловыми орудиями, например, хамсеросовыми сетями из частой дели.

Мальковый трал Расса отличается от уже описанного (гл. 2) трала Агассица тем, что вместо стержня (внизу у боковых дуг) он снабжен вращающимся цилиндром, который свободно катится по дну, не взмучивая ила. Мешок трала делается из редкого мельничного газа или частой капроновой дели. Размеры трала Расса таковы: длина рамы (с цилиндром) 95 см, высота 30 см. Трал опускается на ваере на малом ходу судна и протягивается по дну 5—10 мин.

Мальковая сетка состоит из металлического обруча, диаметром до 1 м, к которому пришивается мешок из шелка № 15—30 или соответствующей капроновой ткани, а также из

частой сети. Такого рода сетки приносят богатый улов в период ската молоди полупроходных и проходных рыб.

На морях для той же цели пользуются икряной сетью, обруч которой в диаметре равняется 80—110 см, а длина сетяного мешка достигает 3—5 м. На конце сетки имеется металлический стакан планктонного типа. От обруча вдоль мешка идут

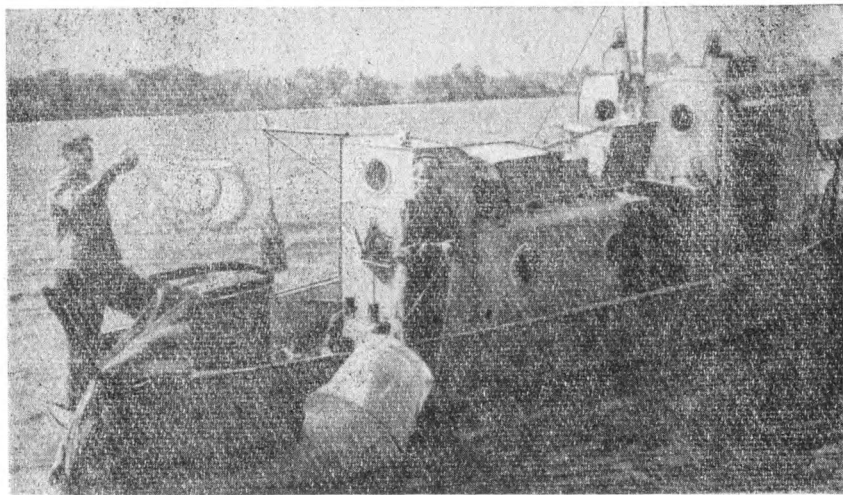


Рис. 66. Сбор личинок и мальков рыб сетками и тралом

веревочные оттяжки, проходящие через ушки стакана и заканчивающиеся ниже его петлей для прикрепления груза весом до 10 кг. Поверх обруча оттяжки соединяются в уздечку с кольцом подвески к тросу. Подъем сети на борт должен производиться медленно, чтобы улов не вылился из сетки через обруч. Работа с икряной сеткой производится во время стоянок судна.

Марлевая волокуша для лова молоди рыб в прибрежье рек и озер изготавливается по образцу обычных промысловых волокуш, только мотня ее делается из марли. Размеры обычных мальковых марлевых волокуш от 2 до 3,5 м, высота мотни 0,5—1 м.

Крупных рыб для изучения состава съеденной ими пищи ловят промысловыми орудиями лова отцеживающего характера. Не рекомендуется пользоваться уловами из ставных сетей, так как за время пребывания в сети у многих рыб пища в желудке успевает перевариться. Из ставных сетей, применяемых в пресных водах, исключение можно сделать лишь для ботальных, из которых рыбу следует вынимать непосредственно после

одноразового ботанья. Нежелательно пользоваться рыбой, добытой крючковыми снастями.

Для того чтобы установить связь между составом пищи в пищеварительном тракте рыбы и наличием или степенью количественного развития в водоеме организмов, служащих ей пищей, одновременно со сбором рыбы в тех же местах следует производить количественные сборы бентоса, планктона и мелких рыб. Например, при лове сельди тралом следует вести сбор планктона горизонтальной планктонной сеткой или планктониндикатором на тех самых горизонтах, по которым идет трал. При лове трески в районе ее добычи изучается бентос, делаются количественные ловы нектоно-бентоса и изучается непромысловая ихтиофауна. При сборе хищных рыб следует производить лов всех рыб и, если эта работа ведется в районе рыбопитомников нерестово-выростных хозяйств, собираются сведения о выпуске выращиваемой молодежи.

Чтобы получить представление о возрастной и сезонной смене питания, одни и те же виды рыб должны собираться в разном возрасте и в период интенсивного питания каждые 5-10 дней в различные часы суток.

Как и при прочих гидробиологических исследованиях, сборы рыб должны сопровождаться гидрологическими наблюдениями над температурой воды, мутностью, скоростью течения, химическими ингредиентами (соленостью, активной реакцией, кислородом и пр.).

Собранные для изучения мелкие рыбы на месте фиксируются 4% формалином с добавлением буры или соды (см. гл. 3). В банки кладутся этикетки, содержащие сведения о водоеме, месте сбора, времени, орудии лова, скрепленные подписью сборщика. Все эти сведения вносятся в журнал под порядковыми номерами.

Крупные рыбы на месте взвешиваются и измеряются — длина до основания хвостового плавника и общая длина от начала рыла до конца хвостового плавника. Затем вырезается весь пищеварительный тракт, причем у рыб, имеющих обособленный желудок, сохраняют только последний, а у рыб с необособленным желудком следует сохранять весь пищеварительный тракт. Чтобы не допустить вываливания пищи, пищевод перед желудком и кишка перевязываются тонкой бечевкой. В это же время определяется пол рыбы, стадия половозрелости и упитанность, берется чешуя или кости для определения возраста.

Желудки или кишечные тракты перевязывают бечевкой, заворачивают в кусочки марли, куда кладется также свернутая вчетверо этикетка, и укладываются в банки с 4-процентным формалином в смеси с бурой или содой. Чешуя (за определенным номером) хранится в чешуйной книжке.

Все сведения о рыбе и условиях ее нахождения заносятся под порядковым номером (соответствует номеру чешуи) в журнал, который ведется по следующей форме:

Учреждение

| № сбора | Экспедиция | | | | Водоем | | Пол и стадия зрелости | Возраст | Количество | Способ хранения | Орудия сбора | Примечания | Коллектор |
|---------|------------|------|-------|---------------|--------|-----|-----------------------|---------|------------|-----------------|--------------|------------|-----------|
| | Место лова | Дата | Время | Название рыбы | Длина | Вес | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛА

Обработка материала по питанию рыб с надлежащей точностью производится обычно по фиксированному материалу, но в некоторых случаях практикуются полевые анализы питания (по В. И. Зацепину и Н. С. Петровой). С этой целью из улова, произведенного промысловым орудием, берется 25—50 экземпляров рыбы исследуемого вида. Каждый экземпляр взвешивается, измеряется, а затем вскрывается. Невооруженным глазом просматривается содержимое желудка, причем преимущественное внимание обращается на основные пищевые организмы, которые составляют главную массу содержимого желудка. По возможности отмечаются процентные соотношения количеств главнейших пищевых организмов. Результаты полевого анализа записываются на бланк, в котором для каждой рыбы отмечается: длина, вес, состав основной пищи и степень наполнения желудка. Последняя оценивается по шкале: 0 — пусто, 1 — слабо, 2 — полно (желудок наполнен пищей, но на его стенках имеются еще складки), 3 — желудок растянут (пища растягивает стенки желудка, складок нет).

Для характеристики наполнения предлагается и другая шкала (по Н. В. Пчелкиной): 00 — пусто в желудке и кишечнике, 0 — в кишечнике остатки пищи, в желудке пусто, 1 — желудок слабо наполнен, 2 — желудок средне наполнен, 3 — желудок наполнен, 4 — желудок растянут.

Количественно-весовой анализ содержимого кишечного тракта производится (по Л. А. Зенкевичу и В. А. Броцкой) в следующем порядке. Сперва содержимое желудка взвешивается. Затем

начинается отбор и определение хорошо сохранившихся животных и растений или их частей. Полихет и головоногих моллюсков определяют по челюстям, эхиурид — по щетинкам, ракообразных — по глазам; из пресноводных животных олигохет — по щетинкам, личинок тендипедид — по головам. Остатки рыб определяются по отолитам и костям. Если имеется возможность в дальнейшем произвести более точное определение найденных остатков, то фрагменты отбираются и хранятся отдельно по систематическим группам, подобно тому как это делается при изучении бентоса и некоторых групп планктона (см. гл. 3 и 5).

После разборки содержимого желудка (или кишечника) на систематические группы производится подсчет организмов, причем во избежание повторного счета он делается по таким частям тела, которые имеются у животных в одном числе — по верхушкам раковин, по головам и т. п. Каждую просчитанную группу следует взвесить на торзионных или аналитических весах. Следует также реконструировать веса, пользуясь таблицей весов морских и пресноводных организмов (по данным В. А. Яшнова, В. Г. Богорова — для морского планктона, П. И. Усачева, С. Н. Уломского, Ф. Д. Мордухай-Болтовского, Э. Штин и других — для пресноводного планктона, Н. А. Березиной и А. С. Константинова — для тендипедид, Н. Л. Перцова — для беспозвоночных морской литорали).

Остающуюся после выборки оформленных организмов массу органического вещества в пищевом комке просматривают под большим увеличением микроскопа для определения относительного значения в ней бактерий. После этого производят простую реакцию с хлорцинкйодом и устанавливают, какая часть пищевого комка состоит из растительных веществ (известно, что хлорцинкйод окрашивает клетчатку и лигнин в фиолетовый и желтый цвета соответственно).

При изучении растениеядных и хищных рыб применяются и некоторые другие приемы исследования.

Изучение, например, планктонофага — амурского толстолобика — производилось (по Е. В. Боруцкому) следующим образом. Очищенный от жира, пленок и прочих посторонних частей кишечник промерялся и разрезался на метровые куски. После этого каждый кусок кишки взвешивался вместе с пищей и вторично — пустой, — откуда и определялся вес пищи. Сложением получался вес пищи во всем кишечнике. Содержимое кишечника просматривалось под микроскопом: навеска в 1 г пищевой массы тщательно размешивалась в банке в определенном объеме воды. Отсюда с помощью поршневой пипетки бралось два образца по 5 см³, которые выливались в чашку Петри. Содержимое чашки просматривалось в 20 полях зрения, кроме того, учитывались организмы, не попавшие ни в одно из полей зрения. Эти данные позволили учесть относительную роль той или другой группы планктона в питании толстолобика. По таким дан-

ным также легко вычислить и вес отдельных компонентов пищи (по таблицам весов планктона).

Исследования пищевого комка хищных рыб можно производить на свежем, не фиксированном формалином материале, пользуясь методом мацерации (по К. Р. Фортунатовой). При этом содержимое каждого раздела кишечника, после предварительного взвешивания, закладывается в пробирку, снабжается этикеткой и заливается водой. В таком виде пробу оставляют до полного разложения органического вещества (на 1—2 недели). После окончания процесса гниения содержимое каждой пробирки переносят в чашку Петри, отмывают, после чего содержащиеся в пробе кости определяются, сосчитываются и измеряются под бинокуляром.

Все результаты изучения пищевого комка заносятся на карточку следующей формы.

| Учреждение | Экспедиция | № по журналу | | | | | | | |
|--------------------|---|----------------------------|--------|------------|----------------------|------------|-----|--------|------------|
| Водоем | Район | Станция, координаты | | | | | | | |
| Время лова | Время фиксации | Дата обработки | | | | | | | |
| Глубина места | Глубина лова | Орудия лова | | | | | | | |
| Грунт | Температура воды у поверхн. и на дне | Соленость воды | | | | | | | |
| Биомасса бентоса | . | Биомасса планктона | | | | | | | |
| Вес рыбы | Пол и зрелость | Степень наполнения желудка | | | | | | | |
| Длина рыбы | Возраст | Вес пищевого комка | | | | | | | |
| | | Содержание кишечника | | | | | | | |
| | | Вес пищи в кишечнике . | | | | | | | |
| Содержимое желудка | Количество | Вес | Размер | Примечания | Содержимое кишечника | Количество | Вес | Размер | Примечания |
| | | | | | | | | | |

*Подпись лица,
производившего работу*

Данные, записанные в карточку, можно (в графе «Примечания») дополнить вычисленными весами реконструированных организмов. Однако при этом надо иметь в виду, что сумма реконструированных весов будет больше веса пищевого комка; поэтому для установления соотношения весов отдельных компонентов

в пищевом комке веса отдельных частей комка пропорционально уменьшаются в такой степени, чтобы их сумма совпадала с весом всего комка.

Если при исследовании питания рыб собран очень большой материал, обработку его производят не по каждому экземпляру рыбы, а соединяя в одну пробу по 10—20 экземпляров из одного улова, получая при этом усредненные результаты.

Понятно, что нельзя соединять в одну пробу материалы, собранные в разное время или в разных частях водоема. Совершенно недопустимо соединение в одну пробу содержимого желудков различных видов рыб, хотя и живущих в одном и том же био-топе.

ОБРАБОТКА ЗАПИСЕЙ И ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании записанных в карточку сведений вычисляются общий и частичный индексы наполнения. Общий индекс наполнения, или отношение веса пищевого комка к весу рыбы, вычисляются в процедиимиллях. Частным индексом наполнения называют отношение веса той или иной части пищевого комка к весу рыбы. Вес неоформленной кашицы в пищевом комке делится между весами групп пропорционально их величине.

При изучении питания таких многоядных рыб, как треска, частные индексы наполнения вычисляются для следующих групп, входящих в пищевую комок:

1. Планктонные организмы (гребневики, медузы, аппендикулярии и др.).
2. Капшак (Euphausiidae, Hyperiididae).
3. Креветки (Pandalus, Crangonidae, Hippolytidae).
4. Донные ракообразные (Hyas, Eupagurus, Amphipoda, Isopoda, Cumacea).
5. Прочие донные животные.
6. Сельдь.
7. Мойва.
8. Молодь трески и пикши.
9. Сайка.
10. Прочие рыбы.

Если изучается питание пресноводных рыб, то частные индексы наполнения могут вычисляться для моллюсков, ракообразных бентоса, личинок насекомых, зоопланктона, фитопланктона и высших растений, того или другого вида рыбы.

Для характеристики значения какого-либо вида или группы организмов в питании рыб вычисляется частота (процент) встречаемости — отношение количества желудков рыб, в которых данный вид (группа) найден, ко всему количеству исследованных желудков.

Пример такого вычисления (по П. Л. Пирожникову): вскрыто 120 экземпляров язя, у 20 рыб желудки оказались пустыми,

у всех остальных хорошо наполнены, причем личинки тендипедид оказались у всех 100 рыб, личинки ручейников — у 85, нимфы поденок — у 48, остракоды — у 7; отсюда встречаемости личинок тендипедид 100%, ручейников 85%, поденок 48%, остракод 7%.

Индексы наполнения, вычисленные для отдельных экземпляров или отдельных проб рыб, в дальнейшем используются для вычисления средних общих и частных индексов для отдельных районов, месяцев, годов и различных возрастных групп рыб. Для этого соответствующие индексы наполнения для отдельных рыб, относящихся к данной пробе, району, году или месяцу или к той или другой возрастной группе, суммируются, а полученная сумма делится на число рыб, найденных с наполненными желудками. Впрочем, ряд авторов принимает при этом в расчет все количество проанализированных рыб, включая и тех, которые были собраны с пустыми желудками.

Результаты вычисления индексов наполнения заносятся в особые (видовые) карточки:

| | |
|--|------------------|
| Учреждение | Экспедиция |
| Вид рыбы | Водоем |
| Число исследованных экземпляров желудками | из них с пустыми |

Условия нахождения: глубина , температура, соленость

| Длина рыбы (или воз- раст) | Колл- че- ство | Желудок | | | | Кишечник | |
|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | сумма индексов наполне- ния | средний индекс наполне- ния | сумма весов со- держимо- го | средний вес со- держимо- го | сумма индексов наполне- ния | средний индекс наполне- ния |
| | | | | | | | |

*Подпись лица,
производившего вычисления.*

Данные, занесенные в видовые карточки, используются для составления круговых диаграмм спектров питания. Каждый из кругов изображает средний пищевой спектр для данной рыбы или для всего водоема, или для отдельного его участка (района), или для рыб определенной возраста. Площадь круга соответствует среднему индексу наполнения, а площади отдельных секторов — процентному соотношению различных компонентов пищи. Если при работе принимаются во внимание желудки, най-

денные пустыми, то во внутреннем круге выделяется белый сектор, обозначающий процент пустых желудков (рис. 67).

С возрастом состав пищи рыб меняется, что можно иллюстрировать специальными кривыми, показывающими замену одного вида пищи другим, но при составлении такого рода кривых в большинстве случаев пользуются линейными размерами рыб, что только в известной степени соответствует возрастным изменениям (рис. 68).

Анализу и графическому изображению подвергаются также данные, относящиеся к сезонному изменению состава пищи и интенсивности питания отдельных видов или целых групп рыб (бентофагов, планктонофагов, хищников).

Для рыбопромысловых целей очень важны карты питания (пастбищ) рыб. Сопоставление их с рыбопоисковыми картами, на которых изображаются количественные характеристики планктона и бентоса по сезонам, может и должно служить материалом для составления прогнозов сезонного размещения стад промысловых рыб (рис. 69).

Карты общего питания (по А. А. Шорыгину) составляются следующим образом. На карту наносятся величины общих индексов наполнения, и на основе их проводятся линии равных индексов (равной накормленности). Эти изолинии очерчивают, следовательно, площади, на которых наблюдалась сходная степень единовременной накормленности рыб.

Используя частные индексы наполнения, составляются карты питания рыб определенными организмами.

Карты питания составляются для определенных сезонов, в течение которых температура воды держится более или менее на одном уровне, а следовательно, такие карты позволяют судить не только о степени одинаковой накормленности, но и о локальных изменениях интенсивности питания.

Помимо указанных выше карт, можно составлять карты преимущественного питания, на которых очерчиваются площади, где в питании исследуемой рыбы преобладает тот или другой определенный организм. По таким картам определяют качественные изменения характера питания рыб в различных частях водоема.

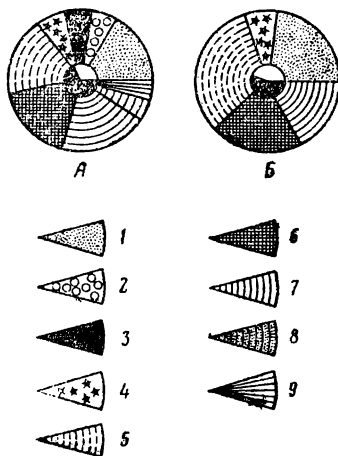


Рис. 67. Состав пищи трески в южной части Баренцова моря. А — по данным количественно-вещного анализа; Б — по данным записей на траулерах (в % к общему числу указаний):

- 1 — капшак, 2 — креветки, 3 — донные ракообразные, 4 — прочие донные животные, 5 — сельдь, 6 — мойва, 7 — молодь трески и пикши, 8 — сайка, 9 — прочие рыбы

Исследованный и занесенный на карточки материал позволяет судить об избирательной способности рыб, понимая под этим способность рыб питаться своими кормовыми организмами

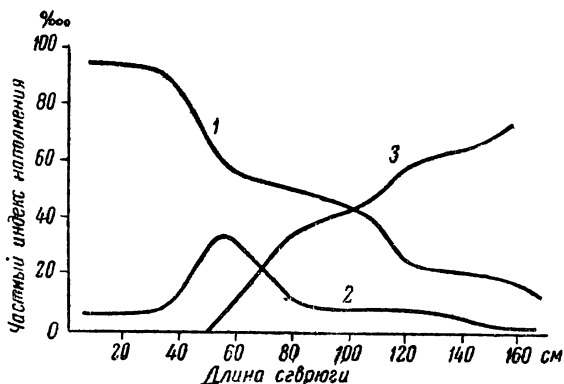


Рис. 68. Изменения состава пищи севрюги с ростом:

1 — ракообразные, 2 — тендипедиды, 3 — рыбы

в иной пропорции, чем они представлены в водоеме. Для этого вычисляется индекс избирательной способности рыб (по А. А. Шорыгину). Числителем при этом берется относительное значе-

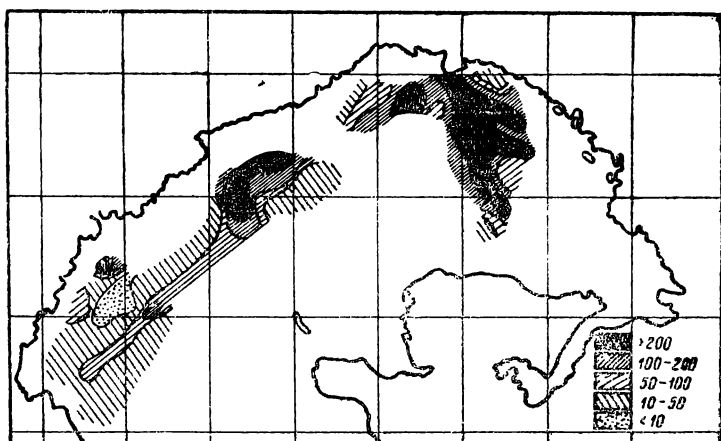


Рис. 69. Весенние пастбища воблы в северном Каспии. Штриховкой и заливкой показано наполнение желудков (в % от веса рыбы)

ние организма в пище, а знаменателем — его относительное значение в планктоне или бентосе. Если индекс избирательной способности оказывается равным единице, то это значит, что рыба

поедает любую пищу. Индексы больше единицы показывают, что рыба предпочитает поедать только данный, определенный организм. Индексы меньше единицы показывают, что рыба избегает поедать представителей этого вида.

Изучение питания рыб разных возрастных групп в разные сезоны и в различных участках одного и того же водоема позволяет подойти к вопросу о пищевых отношениях между рыбами.

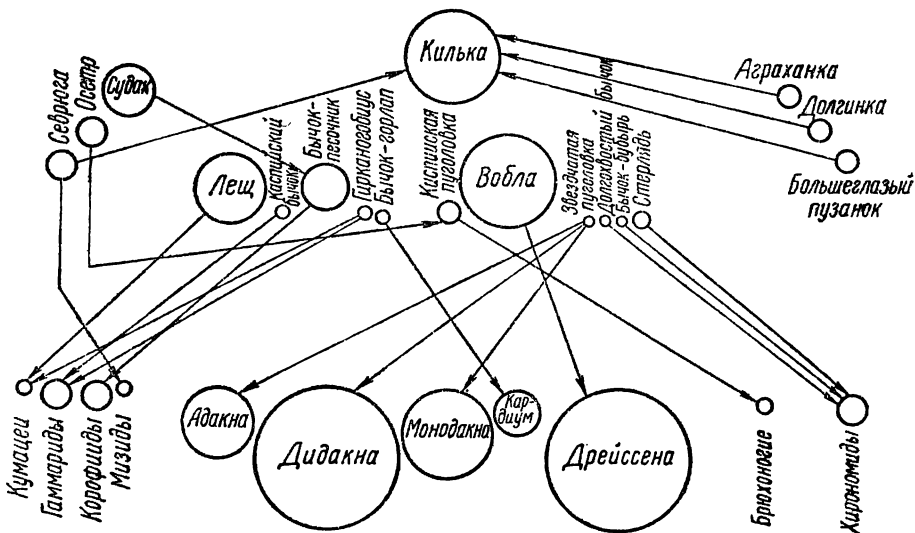


Рис. 70. Схема пищевых отношений рыб в северном Каспии. На схеме изображены группы, составляющие не менее 25% пищи какого-либо вида рыб. Стрелки направлены от хищника к жертве

При этом можно, во-первых, установить общую картину пищевых отношений, т. е. определить, между какими видами рыб, где, когда и в отношении каких видов пищи наблюдается совпадение потребностей и как следствие его — пищевая конкуренция. Во-вторых, можно подойти к исчислению суммарного воздействия рыб на кормовую базу (см. гл. 6).

Сложные отношения между рыбами и пищевыми организмами изображаются в виде схем, где линиями со стрелками показываются, какие рыбы какую пищу поедают. Величина кругов отображает размеры биомассы того или другого вида рыб и ее пищи — беспозвоночных (рис. 70).

Совпадение пищи двух рыб можно изобразить графически (рис. 71). Сезонные изменения пищевых отношений между рыбами даются также в виде кривых.

При изучении вопросов конкуренции или совпадения в питании не следует забывать о существовании так называемой пи-

щевой пластичности рыб, под которой понимается способность рыбы менять характер своего питания под влиянием различных факторов.

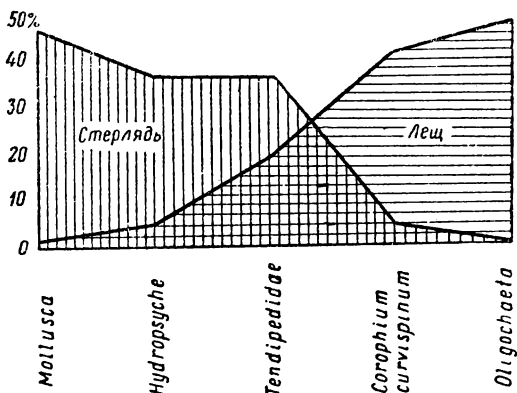


Рис. 71. Процентное соотношение пищевых организмов в кишечнике стерляди и леща (по сырому весу)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СУТОЧНОГО РАЦИОНА РЫБ

Без определения величины суточного рациона нельзя подсчитать общее количество пищи, поедаемой рыбой за год, и трудно найти количественные связи между биомассой планктона и бентоса, с одной стороны, и численностью рыб — с другой.

Наиболее точным методом определения величины суточного рациона рыб до настоящего времени является экспериментальный физиологический метод, но он весьма трудоемок, и к тому же, работая по этой методике, не всегда удается соблюдать условия естественной среды, влияющие на «аппетит» рыбы.

Применяется и упрощенный физиологический метод, основанный на том, что азотистый обмен у рыб не подвергается сколько-нибудь заметным изменениям в связи с механическим раздражением рыб. Этот метод (по Г. С. Карзинкину и М. К. Кривобок) позволяет подойти, после установления баланса азота, к определению суточной величины потребления корма рыбами в естественных условиях. Проводим его описание так, как оно дано у авторов¹.

Схема балансовых опытов сводится к следующему. Через определенные промежутки времени определяется средний вес изучаемых рыб и среднее содержание в них азота. Для этого

¹ Г. С. Карзинкин и М. Н. Кривобок — см. список литературы.

навески в 1—5 г сырой ткани рыбы сжигается в 5 мл крепкой серной кислоты. После сжигания проба разбавляется в определенном объеме дистиллированной безаммиачной воды и некоторая ее часть отгоняется в аппарате Кьельдаля. Выделенный при отгонке аммиак улавливается 0,01 н. раствором H_2SO_4 , который затем оттитровывается 0.01 н. раствором щелочи. По разности между количеством кислоты, взятой в приемник, и количеством щелочи, пошедшей на нейтрализацию, определяют количество связанной кислоты. Известно, что поскольку 1 мл 0,01 н. кислоты связывает 0,14 мг азота, можно определить количество связанного азота. Зная объем воды, в которой была разведена вся сожженная проба, и объем части, взятой для отгонки, можно подсчитать содержание азота во всей взятой для анализа навеске. Зная средний вес рыбы и процентное содержание азота, легко определить количество азота, содержащегося в рыбе.

Это дает возможность определить как величину весового прироста, так и накопление в теле азота. В тех случаях, когда работы ведутся на молодых ранних стадий развития, рост которой весьма интенсивен, наблюдения проводятся каждые 5—7 суток. В дальнейшем эти интервалы можно увеличить до 2-х недель. Более длительные перерывы между наблюдениями в летнее время не рекомендуются. Осенью, при понижении температуры воды, а также зимой, когда рост протекает очень слабо, наблюдения можно проводить еще реже. Как в начале, так и в конце сроков наблюдений ставятся одновременные опыты для определения азота, выделяемого с продуктами обмена в экскрементах. Для этого приблизительно равные количества только что пойманных рыб сажают в 2 стеклянных сосуда с отфильтрованной водой, а третий сосуд с таким же количеством воды оставляют (без рыб) в качестве контроля. Количество рыб и объем воды в сосудах следует брать с таким расчетом, чтобы рыбы во время опыта не испытывали недостатка в кислороде. Только что перешедшую на активное питание молодь берут из расчета 30—50 штук на 0,3—0,5 л воды. Подросшую молодь, весом в несколько граммов, следует брать меньше — 2—5 штук на 1—2 л воды. Очень разреженная посадка рыбы в сосуды не рекомендуется.

Продолжительность опыта с крупными рыбами, у которых пища проходит через кишечник относительно медленно, обычно ограничивается 3 час., а с молодью на ранних стадиях развития — 1,5—2 час.

При постановке этих опытов необходимо следить за тем, чтобы температура воды в аквариумах соответствовала температуре воды в водоеме, из которого взяты рыбы.

Окончив опыт, рыб из каждого сосуда взвешивают, а воду сливают в отдельные бутылки и фиксируют 1 мл крепкой серной кислоты. Анализ этой воды производится по микрометоду Кьельдаля. Для этого из каждого сосуда в две кьельдальевские кол-

бы берут пробы по 50 мл воды и сжигают с прибавлением 1 мл крепкой серной кислоты. После сжигания пробы отгоняют в аппарате Кьельдаля и дальнейшее определение азота проводят так же, как и в сыром веществе тела рыбы. Разность в содержании азота в пробах из сосудов, в которых находились рыбы, и из контрольных, перечисленная на весь объем воды, имевшейся в опытных сосудах, показывает количество азота, выделенное рыбами за время опыта. Зная общий вес рыб и продолжительность опытов, подсчитывают количество азота, выделенного одной рыбой в единицу времени в различные часы суток. Это дает возможность определить среднесуточное выделение азота. Для учета непереваренного азота пищи по экскрементам служат те же подопытные рыбы. Определение этого элемента у молоди рыб на ранних стадиях развития очень затруднительно. Выделяемые рыбами экскременты выбираются пипеткой из опытных сосудов и складываются в один бюкс. Собранные экскременты высушивают (до постоянного веса) или фиксируют крепкой серной кислотой, а затем сжигают в серной кислоте. Содержание в них азота определяют по микрометоду Кьельдаля. Зная общий вес опытных рыб и продолжительность опыта, подсчитывают количество азота, выделенного с экскрементами одной рыбой за сутки. На основании этих опытов вычисляется баланс азота, который соответствует азоту, потребленному рыбой с пищей.

Остановимся на определении веса пищи, съеденной одной рыбой. На основании анализа содержимого кишечника за определенные сроки наблюдения вычисляют соотношение кормовых организмов в пище рыбы сначала по весу, а потом по содержанию в них азота. Затем величину азотистого рациона распределяют пропорционально процентному соотношению кормовых групп по содержанию в них азота. Определив таким способом количество азота, съеденного рыбой с каждой из кормовых групп, и зная содержание азота в сыром веществе этих организмов, переходят к определению веса съеденной пищи. Для всех этих расчетов необходимо знать средние сырые веса и содержание азота в кормовых организмах, которыми питалась рыба в данном водоеме.

Более простым способом определения суточного рациона можно считать тот, который применялся на северном Каспии Н. С. Новиковой. Исходным положением этого метода является представление о существовании в водоемах элементарных популяций рыб (по Н. В. Лебедеву). Сбор материала для такого рода работ производится в районах элементарных популяций (или группировок), оконтуривание которых было сделано в результате многократных обследований тралами, и биологического анализа рыб. Показателями группировок служили: характер вариационной кривой, составленной на основании массового промера выловленных рыб, коэффициент упитанности по Фультону, процент самцов, процентное соотношение возрастных групп и темп роста.

Все эти данные получают методами, принятыми при биологическом анализе популяций (см. гл. 6).

Пробы берутся в этих районах через равные промежутки времени, причем одновременно со сбором рыб для изучения питания производится количественное изучение донной фауны с помощью дночерпателя, сопровождаемое измерением температуры воды, глубины места сбора и анализом солености воды. Кишечники рыб для изучения питания вычлняются от глотки и до анального отверстия, заворачиваются в марлю, снабжаются этикеткой и для хранения фиксируются 10-процентным формалином. При обработке кишечника очищаются от жира, а затем разделяются на три отдела (в одном и том же месте сгиба петель). Каждый из отделов вскрывается, содержимое просушивается на фильтровальной бумаге и по отдельности взвешивается с точностью до 0,01 г. Под лупой и микроскопом производится определение остатков животных до вида, рода или семейства. Затем реконструируются веса найденных организмов и вычисляются индексы наполнения для каждого отдела кишечника. Для вычисления средних индексов пробы составляются вариационные ряды и методом вариационной статистики вычисляются M , σ и ошибки к ним. Общий индекс получается суммированием индексов всех трех отделов кишечника.

В связи с тем, что внутри группировок ритм питания у рыб сходен, считается возможным рассматривать элементарную популяцию как одну рыбу. Вычисление суточного рациона ведется по записям результатов анализа содержимого кишечника и вычисленных индексов.

Приведем один из примеров расчисления. Объектом наблюдения является вобла Каспийского моря. Из журнальной записи устанавливается, что вобла в 21 час. 45 мин. прекращает питание (в пользу этого говорит процент пустых первых отделов и наименьший индекс первого отдела, в отличие от предыдущего наблюдения). В 7 час. 45 мин., т. е. через 10 час., констатируется падение величины общего индекса наполнения с 104,5 до 5,8. Беря разность этих величин, исследователь получает (104,5—5,8) индекс 98,7 или 0,99%, что представляет собою количество пищи, выраженной в процентах от веса рыбы, прошедшей через кишечник за 10 час. Отсюда вычисляется, сколько пищи проходит через кишечник за 1 час (0,099%) и за одни сутки (2,38%). В разбираемом случае, где средний вес рыбы в этой группировке равен 173,5 г, получается, что 2,38% составляет 4,13 г пищи, поглощенной рыбой за сутки.

В полевых условиях работа упрощается — индексы наполнения определяются по результатам взвешивания содержимого отделов кишечника всех рыб пробы вместе, и при том, только за два раза — в момент начала спада питания и в момент опорожнения первых и вторых отделов кишечника. Эти моменты устанавливаются визуальным путем.

ЛИТЕРАТУРА

- Богоров В. Г., 1934. Исследования питания планктоноядных рыб. Бюлл. ВНИРО, 1.
- Богоров В. Г., 1939. Инструкция по сбору материала для исследования питания планктоноядных рыб. М.—Л.
- Бокова Е. Н., 1955. Методика изучения питания рыб в естественных условиях на разных этапах развития. Тр. совещ. по метод. изуч. кормовой базы и питания рыб.
- Боруцкий Е. В., 1950. Материалы о питании амурского толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.), Тр. Амурск. ихтиол. экспед., 1.
- Боруцкий Е. В., 1955. Методика изучения питания растительноядных рыб. Тр. совещ. по метод. изуч. кормовой базы и питания рыб.
- Желтенкова М. В., 1955. Критическая оценка современных методов изучения питания рыб в естественных условиях. Тр. совещ. по метод. изуч. кормовой базы и питания рыб.
- Зацепин В. И. и Н. С. Петрова, 1939. Питание промысловых косяков трески в южной части Баренцова моря. Тр. Полярн. ин-та морск. рыбн. хоз. и океаногр., 5.
- Зенкевич Л. А. (ред.), 1931. Материалы по питанию рыб Баренцова моря. II. Докл. первой сессии Гос. океаногр. ин-та, 4.
- Карзинкин Г. С., 1952. Основы биологической продуктивности водоемов. Пищепромиздат.
- Карзинкин Г. С. и М. Н. Кривобок, 1955. Методика изучения физиологии питания и потребности рыб в кормах. Тр. совещ. по метод. изуч. кормовой базы и питания рыб.
- Карпевич А. Ф., 1955. Методика прогнозирования состояния кормовой базы и условия питания рыб при изменении режима водоемов. Тр. совещ. по метод. изуч. кормовой базы и питания рыб.
- Константинов А. С., 1954—1956. О количественном учете хирономид в пище рыб. Тр. Саратовского отд. ВНИРО, 3—4.
- Лебедев Н. В., 1955. О методах учета выедания рыбами бентоса. Тр. совещ. по метод. изуч. кормовой базы и питания рыб.
- Мантейфель Б. П., 1939. Связь между планктоном и сельдью. Биология и промысел мурманской сельди. Изд. ПИНРО.
- Новикова Н. С., 1949. О возможности определения суточного рациона рыб в естественных условиях «Вестн. МГУ», 9.
- Панкратова В. Я., 1948. Материалы по питанию волжских рыб. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. VIII.
- Пирожников П. Л., 1953. Инструкция по сбору и обработке материалов по питанию рыб. Всесоюзн. н.-и. ин-т озерн. и речн. рыбч. хоз. Л.
- Пчелкина Н. В., 1939. Распределение сельди в связи с составом зоопланктона. Тр. Полярн. ин-та морск. рыбн. хоз. и океаногр., 4.
- Расс Т. С., 1939. Инструкция по сбору икринок и мальков рыб. Пищепромиздат.
- Суетов С. В., 1951. Потребление рыбами личинок хирономид в аквариумных условиях. Тр. Всесоюзн. гидробиол. общ., III.
- Фортунатова К. Р., 1951. Методика изучения питания хищных рыб. «Зоол. журн.», т. XXX, вып. 6.
- Фортунатова К. Р., 1955. Методика изучения питания хищных рыб. Тр. совещ. по метод. изуч. кормовой базы и питания рыб.
- Шапошникова Г. Х., 1950. Изучение ихтиофауны водоемов. Изд. АН СССР.
- Шорыгин А. А., 1952. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. Пищепромизд.
- Wundsch H. H., 1927. Die Arbeitsmethoden der Fischereibiologie. Abderhalden's Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden, I, X, 2.

ПОЛЕВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования проводятся как в полевых условиях — на борту судна, в море, в озере, водохранилище, пруде, так и в лаборатории — в аквариумах под открытым небом и в помещениях, в кристаллизаторах и т. п. Часто опыт, начатый в водоеме, на каком-то этапе переносится в условия лаборатории.

Следует сказать, что многие методы исследования, описанные в предшествующих главах, также можно назвать экспериментальными, пригодными для работы как в полевой, так и в лабораторной обстановке.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА

Интенсивность фотосинтеза фитопланктона и зеленых бактерий в водоемах может быть изучена несколькими методами: самым новым и в то же время наиболее точным методом радиоактивного углерода, кислородным (по количеству кислорода, выделяющегося в процессе фотосинтеза) и другими химическими методами (по убыли углекислоты, изменению активной реакции и др.).

Мы даем здесь описание двух методов — углеродного и кислородного.

Метод радиоактивного углерода C^{14}

Как известно, применение радиоактивных изотопов основано на том, что, отличаясь по химическим свойствам от стабильных изотопов того же элемента, они легко распознаются в процессе радиоактивного распада с помощью специальной аппаратуры. В настоящее время имеются такие регистрирующие радиоактивность приборы, которые могут быть использованы на экспедиционных судах.

Для учета радиоактивности β -излучателей применяются счетные трубки Гейгера-Мюллера разных систем — алюминии-

вые (рис. 72), стеклянные, торцовые (рис. 73). Прибор (в схеме) состоит из тонкостенной трубки, по оси которой натянута тонкая вольфрамовая нить, хорошо изолированная от корпуса счетчика. Вместо воздуха — в трубке смесь аргона и паров спирта. К вольфрамовой нити подключается строго специализированное напряжение порядка 700—1000 в, которое определяется для каждого счетчика эмпирически. Между нитью и стенкой счетчика тем самым создается большая разность потенциалов: нить является анодом, стенка счетчика — катодом. β -частица, проникающая через стенку счетчика, вызывает ионизацию газов и как результат — электрический импульс. Этот импульс усиливается усилителем, соединенным с нитью счетчика, и регистрируется нумератором, отмечающим или каждый импульс или же каждый 4, 16, 64.

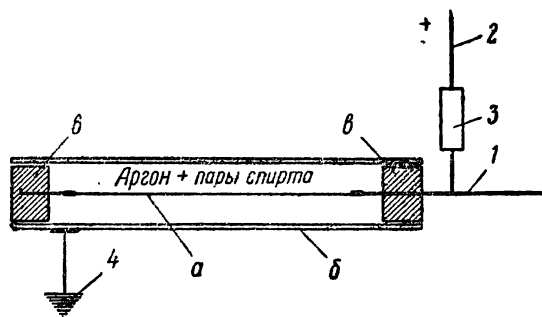


Рис. 72. Схема цилиндрического счетчика:
а — тонкая вольфрамовая нить, *б* — трубка из алюминия, *в* — изоляторы, *1* — к усилителю, *2* — к высокому напряжению. *3* — сопротивление, *4* — земля

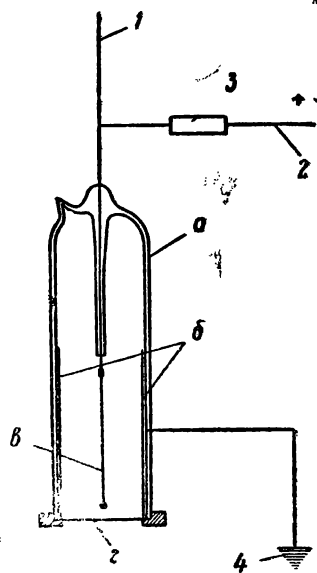


Рис. 73. Схема торцового счетчика:

а — стеклянный колпак, *б* — металлический цилиндр, *в* — вольфрамовая нить, *з* — людяное окошко. *1* — к усилителю, *2* — к высокому напряжению, *3* — сопротивление, *4* — земля

Установки типа Б и Б₂, служащие для регистрации импульсов, состоят из счетчика, входного блока, высоковольтного выпрямителя, нумератора, пересчетного устройства и секундомера (рис. 74 и 75).

Со временем радиоактивность вещества уменьшается, вследствие распада части изотопов и превращения их в стабильные изотопы. Периоды полураспада радиоактивных изотопов, включая и тех, которые применяются в гидробиологии, различны и колеблются от многих тысяч лет до нескольких дней¹.

¹ Периоды полураспада: углерода (C¹⁴) — 5600 лет, фосфора (P³²) — 14,3 дня, серы (S³⁵) — 87,1 дня, кальция (Ca⁴⁵) — 152 дня, стронция (Sr⁹⁰) — 25 лет.

С помощью радиоактивного изотопа углерода можно определить чистую продукцию фотосинтеза фитопланктона за вычетом дыхания самого фитопланктона.

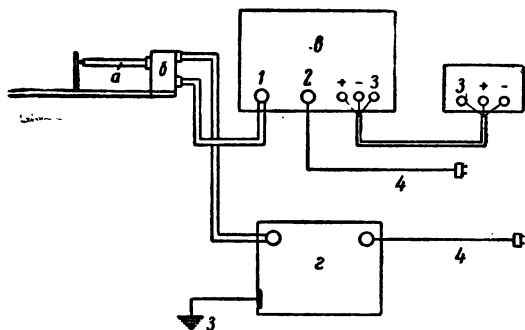


Рис. 74. Схема установки типа Б:
а — счетная трубка, *б* — входной блок типа БГС, *в* — пересчетный прибор ПС, *г* — высоковольтный выпрямитель типа ВСЭ; 1 — БГС, 2 — сеть, 3 — земля, 4 — к сети переменного тока (50 гц)

Работа производится следующим образом (по Э. Стиману-Нильсену, С. И. Кузнецову и Ю. И. Сорокину).

В светлую склянку с водой, содержащей фитопланктон, до-

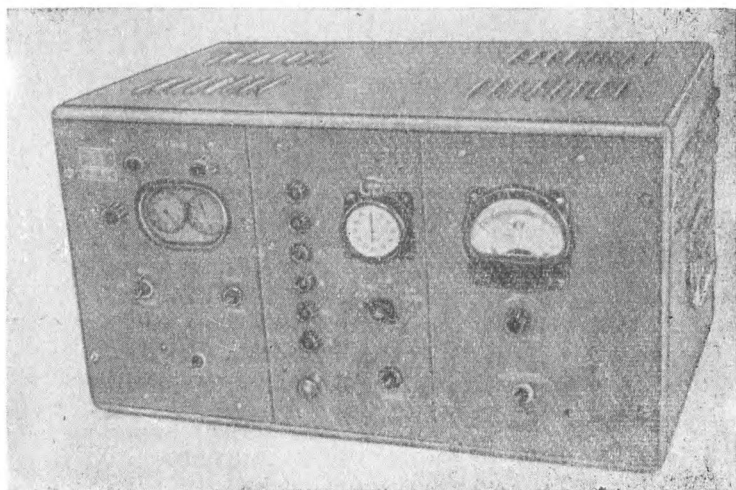


Рис. 75. Установка типа Б-2. Общий вид блока типа ВСП

бавляется 0,5—1 мл раствора, содержащего определенное количество радиоактивного натрия карбоната ($\text{Na}_2\text{C}^{14}\text{O}_2$). Допустим, что общая радиоактивность воды (R) после добавления в

нее раствора $\text{Na}_2\text{C}^{14}\text{O}_2$ составила примерно 10000 *имп/мин. л.* Если при этом параллельно определить в той же воде содержание углерода углекислоты и карбонатов и разделить количество карбонатов (допустим, что оно равно 10 *мг/л*) на общую радиоактивность воды, то получим количественное соотношение меченого и немеченого углерода в карбонатах и углекислоты, растворенных в воде. Оно будет равно в нашем примере:

$$\frac{C_{\text{карб.}}}{R} = \frac{10}{10000} = 0,001 \text{ мг/имп.}$$

Это и будет «цена» 1 импульса, выраженная в миллиграммах *C* на литр.

После добавления в склянку с водой, взятой из намеченного горизонта водоема, радиоактивного изотопа склянку опускают в водоем или выставляют на свет. Через определенный срок воду из склянки фильтруют через мембранный фильтр, задерживающий фитопланктон, и на фильтре посредством счетчика определяют радиоактивность органического вещества фитопланктона (*r*), новообразованного из углекислоты в процессе фотосинтеза. Допустим, что *r* равно в нашем опыте 3000 *имп/мин.* Учитывая, что обычный углерод C^{12} и радиоактивный углерод C^{14} усваиваются клеткой при фотосинтезе примерно с одинаковой скоростью, мы, зная соотношение $\text{C}^{12}:\text{C}^{14}$ («цену» импульса), можем перейти от найденной нами активности органического вещества фитопланктона к количеству органического вещества, созданного в процессе фотосинтеза. В нашем примере величина фотосинтеза ($C_{\text{ф}}$) будет равна $0,001 \times 3000 = 3$ *мг* углерода на литр.

Таким образом, зная общую радиоактивность воды после добавления в нее радиоактивного карбоната, радиоактивность фитопланктона в конце опыта и суммарное содержание в воде углерода карбонатов и углекислоты, можно рассчитать количество органического вещества, которое было синтезировано в течение опыта из углерода углекислоты и карбонатов в процессе фотосинтеза, по следующей формуле:

$$C_{\text{ф}} = \frac{r \cdot C_{\text{карб.}}}{R}$$

Пробы воды отбираются из водоема батометром и наливаются в склянки емкостью 250—500 *мл.* Сейчас же в них добавляется 0,5—2 *мл* раствора, содержащего радиоактивный карбонат, из такого расчета, чтобы общая активность воды после добавления изотопа соответствовала 10^4 — 10^6 *имп/мин. л.* Величину исходной активности воды выбирают в зависимости от обилия в воде фитопланктона и продолжительности опыта. Летом при работе на пресных водах применяют раствор с активностью порядка $0,5$ — $1 \cdot 10^5$ *имп/мин. л.*, зимой и весной — порядка 1 — $2 \cdot 10^6$ *имп/мин. л.* Одновременно берутся пробы во-

ды для анализа на содержание карбонатов и свободной углекислоты.

Склянки с добавленными в них изотопами опускают в водоем на тот горизонт, откуда взята вода. По истечении 12—24 час. или полного светового дня склянки вынимают из водоема и содержимое их фиксируют 2—3 мл 20-процентного формалина, приготовленного на растворе 0,1 н. щелочи. Затем из воды, имеющейся в склянках, фитопланктон отфильтровывают через «предварительный» мембранный фильтр, причем необходимо следить, чтобы слой фитопланктона на фильтре не был слишком толстым (во избежание ошибок, связанных с самопоглощением радиоактивного излучения в толще осадка). Фильтры высушиваются, а затем смачиваются 0,1 н. соляной кислотой для удаления остатков радиоактивного карбоната. После повторного высушивания фильтры просчитываются под торцовым счетчиком — при этом определяется величина r , — фильтрат после «предварительного» фильтра пропускают через мембранный фильтр № 2 или 3, последний обрабатывается указанным выше способом, а затем используется для определения величины фотосинтеза, осуществленного зелеными бактериями и другими представителями планктона, прошедшими через поры «предварительного» фильтра.

Общая радиоактивность воды R определяется в каждом опыте. Для этого в пробирки наливают 3—4 мл 0,1 н. раствора КОН, не содержащего углекислоты, и подогревают на кипящей водяной бане. Затем в пробирку добавляется 0,5—1 мл анализируемой воды, 1 мл 1 М раствора $BaCl_2$ и 0,1 мл 1-процентного раствора соды. Образовавшийся осадок $BaCO_3$ после повторного нагревания на водяной бане при 80° в течение 10—15 мин. отфильтровывается через предварительно взвешенный мембранный фильтр № 2 с такой же фильтрующей площадью, что и при фильтровании планктона. Фильтр с осадком высушивают до постоянного веса, взвешивают и по разности весов (до фильтрации и после) определяют вес осадка $BaCO_3$. После внесения поправки на самопоглощение получают величину исходной радиоактивности R (в импульсах).

Общее количество карбонатов в воде определяется путем отгонки углекислоты из подкисленной пробы воды и поглощения 0,1 м. раствором щелочи. Избыток щелочи оттитровывается 0,05 н. раствором HCl в присутствии $BaCl_2$.

Для учета поглощения радиоактивного углерода, не связанного с фотосинтезом (бактериальный хемосинтез, темновая фиксация углерода фитопланктоном), параллельно ставятся опыты в склянках, помещенных в черные мешочки. Ход анализа при этом тот же, что и при изучении фотосинтеза.

Чтобы определить общую продукцию фитопланктона в водной толще без специальной остановки судна для опускания склянок в водоем, Ю. И. Сорокин считает достаточным опреде-

лить величину фотосинтеза в поверхностной пробе и рассчитать продукцию на всю толщу воды, используя для этого поправки на убывание скорости фотосинтеза, вследствие поглощения света водой и неравномерного распределения фитопланктона в толще воды. В экспедиционных условиях эту работу проводят сле-

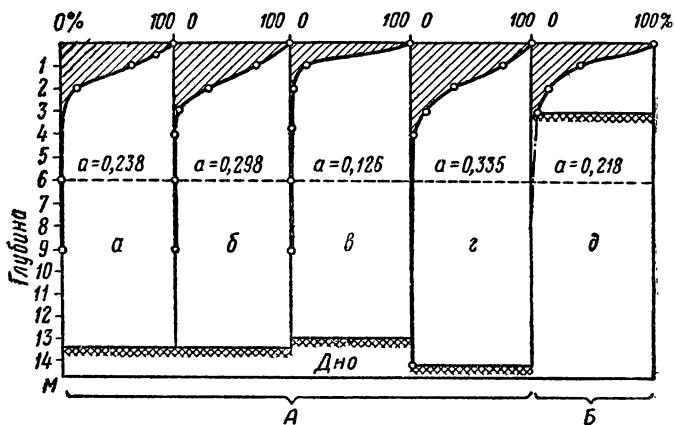


Рис. 76. Толщина фотосинтезирующего слоя в Волжском отроге Рыбинского водохранилища (А) и в р. Волге (выше г. Ставрополя) (Б)

Интенсивность фотосинтеза в поверхностном слое воды принимается за 100%. Кривые показывают уменьшение интенсивности фотосинтеза по мере увеличения глубины воды. Штриховка показывает слой воды, в котором процесс фотосинтеза протекает, не заштрихована толща воды, где фотосинтеза не происходит; a — коэффициент зависимости интенсивности фотосинтеза фитопланктона от светопрозрачности воды (получается путем деления величины заштрихованной площади на общую площадь графика — до глубины 6 м).

А: а — 3 VI, «цветение» диатомовыми, цветность 50°, прозрачность 1,1 м; б — 28 VI, отмирание диатомовых, цветность 45°, прозрачность 1,2 м; в — 22 VII, «цветение» синезелеными, цветность 50°, прозрачность 1,05 м; г — 27 X, отмирание синезеленых, цветность 30°, прозрачность 1,6 м.

Б: д — 2 IX, цветность 40°, прозрачность 0,55 м

дующим образом. На станции при остановке судна берут пробы (по горизонтам) для анализа вертикального распределения фитопланктона. Для определения фотосинтеза в поверхностном слое воду наливают в две склянки, одну из которых затемняют. Затем в склянки добавляют изотоп, и склянки инкубируют на палубе в аквариуме, где поддерживают температуру, равную температуре поверхностного слоя воды в водоеме. Определение фотосинтеза производится так, как описано выше.

Для вычисления поправок на зависимость фотосинтеза от света и распределения планктона на одной станции проводят

2—4-часовой опыт со склянками, опущенными на разные глубины. Результаты всех анализов вносят в расчетную таблицу, в которой на основании полученных данных рассчитывают поправочные коэффициенты. Потом перемножением этих коэффициентов находят величины общих поправочных коэффициентов для разных глубин и по этим величинам строят общую поправочную кривую, учитывающую влияние обоих факторов на фотосинтез (подробнее см. у Ю. И. Сорокина).

Вычисление полной продукции фитопланктона, находящегося под 1 м^2 поверхности водоема, можно производить по следующей формуле (по Ю. И. Сорокину):

$$C_s = C_{\phi} K l,$$

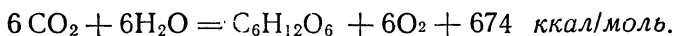
где C_s — общая продукция в r органического углерода C_{ϕ} — суточная продукция фитопланктона в 1 м^3 поверхностной воды, l — глубина слоя, K — поправочный коэффициент.

С помощью радиоактивного углерода можно решить и целый ряд более частных вопросов — как, например, определить в разных водоемах толщину слоя, в котором наблюдается фотосинтез (рис. 76), установить степень светового голодания фитопланктона, проанализировать вертикальное распределение фитопланктона и его миграции и др. Результаты этих работ можно изображать различными графиками.

Наряду с достоинствами этот метод имеет и недостатки, из которых следует отметить искажение условий питания фитопланктона в склянках по сравнению с природными условиями, а также нарушение нормальных условий освещения, особенно когда склянки выставляются на палубу.

Кислородный метод

В основу кислородного метода определения продукции фитопланктона кладется суммарное уравнение фотосинтеза:



Из уравнения видно, что количество выделяемого в процессе фотосинтеза кислорода может быть показателем интенсивности этого процесса. Однако в водоемах одновременно протекают два противоположных процесса: построение органического вещества в ходе фото-и хемосинтеза и разрушение органического вещества животными, растениями и бактериями, которые окисляют его до углекислоты. Это обстоятельство значительно усложняет использование кислорода как индикатора интенсивности фотосинтеза. Все же этот метод возможно использовать на том основании, что фотосинтез—потребление углекислоты и выделение кислорода в темноте — прекращается, в то время как потребление кислорода и выделение углекислоты происходит в темноте с той же интенсивностью, как и на свету.

Задачу измерения величин фотосинтеза и противоположного

ей процесса деструкции органического вещества с некоторой степенью точности можно решить путем применения метода светлых и затемненных склянок (модификация Г. Г. Винберга).

Склянки из белого стекла с притертыми пробками, емкости 120—160 мл заполняются водой, взятой на определенной глубине, из одного батометра. Из того же батометра берется вода и для определения кислорода по методу Винклера. Обе склянки опускаются в водоем на ту же глубину, с которой взята проба, причем одну из них для затемнения завертывают в два слоя темной ткани или клеенки и закрепляют с помощью резиновых колец. В водоеме склянки попарно подвешиваются к воткнутому в дно шесту или опускаются на тросе, удерживающемся у поверхности поплавком, а у дна — якорем. Склянки ставятся в водоем обычно на сутки.

По истечении срока экспозиции склянки вынимаются, и в них, так же как и в третьей склянке перед опытом, определяется количество кислорода. Обычно в светлой склянке кислорода содержится больше (в связи с большим количеством продуктов фотосинтеза, чем в затемненной). При этом различие в содержании кислорода должно быть пропорционально интенсивности фотосинтеза планктона.

Если количество кислорода в светлой склянке окажется большим, чем в воде перед началом опыта, то это означает усиление процесса фотосинтеза в течение опытных суток. Разница же между количеством кислорода в светлой и затемненной склянке показывает величину фотосинтеза за истекшее время. Величину этой разницы расчисляют в граммах кислорода на 1 м³ или в миллиграммах на 1 л воды, а затем переводят на количество синтезированного углерода, глюкозы или на энергетические показатели. Известно, что 1 г освобожденного кислорода соответствует 0,375 г углерода, 0,937 г глюкозы или 3,51 кал. Аналогичным путем вычисляется деструкция органического вещества по разнице количества кислорода в склянке до опыта и в затемненной. Положим, в светлой склянке после экспозиции было 8 мг О₂ на 1 л, а в затемненной 5 мг, в то время как в воде перед опытом было 7 мг. Разница между количеством кислорода в светлой и затемненной склянках равно 3 мг/л. Следовательно, за сутки в 1 л воды было синтезировано $(0,375 \times 3)$ 1,125 мг углерода, или 2,811 мг углеводов (глюкозы), или же в энергетическом выражении 0,01 кал.

В воде до опыта было 7 мг О₂ на 1 л, а в затемненной склянке после суточной экспозиции 5 мг; следовательно, на процессы окисления органического вещества пошло 2 мг кислорода на 1 л воды. Отсюда величина деструкции равна $(0,375 \times 2)$ 0,750 мг углерода или $(0,937 \times 2)$ 1,874 мг глюкозы на 1 л.

Разница между величинами фотосинтеза и деструкции в течение суток (в нашем примере $1,125 - 0,750 = 0,375$ мг углерода или $2,811 - 1,874 = 0,937$ мг глюкозы на 1 л воды) представ-

ляет собою величину, близкую к «чистой» продукции органического вещества. Однако для получения истинной чистой продукции следует (по А. П. Щербакову) дифференцировать величину деструкции на величину, обусловленную дыханием фитопланктона, и величину, пошедшую на дыхание зоопланктона и бактерий и разложение органического вещества.

Кислородный метод очень прост и потому довольно широко распространен. Однако он имеет ряд существенных недостатков, которые следует иметь в виду при работе. Одним из недостатков является то, что при вычислении размеров деструкции органического вещества не принимается во внимание органическое вещество, поступающее в водоем в результате стока с водосборной площади. На точность метода влияет также попадание в склянку мертвых водорослей, особенно частое в периоды цветения воды. Определенное влияние оказывает также размер и качество стекла склянок, степень затемнения склянок буйком или плотиком, под которыми подвешиваются склянки. На результаты работы в металимнионе озер может влиять даже стратификация кислорода в батометре.

Два описанных метода — радиоактивного углерода и кислородный — требуют сравнения получаемых результатов в разных условиях среды, при том или другом составе фауны и флоры водоемов. Интересно сравнить точность этих методов с другими аналогичными методами, но в которых в качестве индикаторов первичной продуктивности принимаются углекислота, окисляемость, активная реакция воды, электропроводность.

Нерешенным является вопрос о соотношении данных, получаемых углеродным и кислородным методами, и величин биомассы фитопланктона и бактериопланктона, которые получают методами счета и взвешивания планктона, а также изучения биологических циклов отдельных видов.

Не подлежит сомнению, что методы радиоактивного углерода и кислородный должны войти в комплекс гидробиологических исследований на водоемах всех категорий — от океана до пруда. Однако ни один из них не может претендовать на исключительное положение в качестве единственного, исключающего применение других методов.

* *
*

Решение многих других вопросов биологической продуктивности может быть достигнуто также экспериментальным путем непосредственно на водоемах. Таковы, например, вопросы круговорота веществ в водоемах, преобразования минеральных веществ в органические, трансформация одних органических веществ в другие в процессе питания, обеспечение рыб питательными веществами.

Для решения этих вопросов многие авторы применяли ра-

диоактивные изотопы фосфора и кальция (и получали отчетливые результаты). Однако мы считаем, что полевые исследования такого рода могут нанести вред населению, живущему в селах и городах близ изучаемых водоемов. Поэтому описание методов меченых атомов для работы по указанным разделам мы переносим в специальную главу, посвященную лабораторным методам (см. гл. 9).

МЕТОД ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Метод гидробиологической производительности представляет собою сочетание наблюдений в водоеме с экспериментами в лаборатории, которые позволяют понять и предсказать биологические процессы, протекающие в водоеме, и тем самым дают ключ к управлению этими процессами.

Метод гидробиологической производительности по Э. Шрейберу применяется для определения содержания фосфора и азота в морской воде физиологическим путем. Сначала экспериментально определяется потребность морских диатомей в азоте и фосфоре, затем клетка выделенной в чистую культуру водоросли помещается в испытываемую воду, где и производятся наблюдения за ее размножением. Принимается, что прекращение размножения водоросли означает исчерпание в испытываемой воде азота (или соответственно фосфора). Выросшие за период наблюдения клетки водоросли подсчитываются, и по их количеству (с учетом эквивалентного ему количества биогенов) определяется содержание азота и фосфора в морской воде.

Метод гидробиологической производительности по А. В. Францеву (основанный на том же принципе) применяется для решения другой задачи—установления степени продуктивности водоема по интенсивности развития его в воде, перенесенной в лабораторную обстановку, водоросли сценедесмус (*Scenedesmus*). Эксперимент производится по следующей схеме. Взятая в водоеме вода доставляется в лабораторию, где фильтруется через мембранный фильтр № 3, предварительно прокипяченный в дистиллированной воде. Фильтрация производится в приборе для ультрафильтрации (см. гл. 4), который перед употреблением стерилизуется в автоклаве. Профильтрованная вода стерильной пипеткой разливается в 8 стерильных колбочек — по 10 мл в каждую. Затем в колбы вносятся пипетками с оттянутыми в капилляр концами питательные соли: в 1-ю колбочку — только фосфор, во 2-ю — только азот, в 3-ю — только железо, в 4-ю—фосфор+железо, в 5 ю—фосфор+азот, в 6-ю—азот + железо, в 7-ю — фосфор + азот + железо, 8-я колбочка остается без добавлений, в качестве контрольной. Фосфор берется в виде 1-процентного раствора KH_2PO_4 , азот—1-процентного раствора $\text{C}(\text{NO}_3)_2$ и железо—в виде раствора $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$, содержащего 1 мг Fe_2O_3 на 1 мл. Каждый из указанных раст-

воров вносится по 1 капле объемом 0,01 мл на 10 мл испытуемой воды, что составляет азота (N) 0,0177 мг, фосфора (P) 0,023 мг (или P_2O_5 —0,104 мг), железа (Fe) 0,007 мг. Затем в каждую колбочку пипеткой вносится 1 мл подготовленной чистой культуры водоросли, которая выращивается на среде № 2 Успенского:

| | | | |
|-----------------------|--------|---------------------------|--------|
| Вода 1 л | | 1-процентный $Ca(NO_2)_3$ | 0,5 мл |
| СаО | 40 мг | 1-процентный KH_2PO_4 | 0,5 мл |
| 5-процентный $MgSO_4$ | 0,4 мл | | |

Эта среда перед употреблением стерилизуется, после чего в нее вносится железо из расчета 0,4 мг на 1 л.

Колбочки с водой и добавлениями питательных солей, в которые внесены равные количества водоросли сценедесмус, на особых подставках ставятся в термолюминостат (рис. 77) на 3—4 дня; после чего производится отдельный подсчет клеток водорослей из каждой колбочки. Делается это в одной из камер «Учинская» (см. гл. 5).

Если такого рода эксперименты ставить в течение круглого года, то результаты их можно изобразить в виде кривых, показывающих, какие питательные соли в разное время года лимитируют развитие водорослей.

Метод гидробиологической производительности в модификации К. А. Гусевой позволяет разобраться в причинах массового появления отдельных форм фитопланктона в водоеме. Испытуемая вода не фильтруется через мембранные фильтры и не засеивается чистой культурой водоросли, а из нее только вылавливаются крупные представители зоопланктона. После этого вода со всем фитопланктоном, основные формы которого перед опытом сосчитываются, и оставшимся мелким зоопланктоном разливается по 25 мл в восемь колбочек емкостью по 50 мл. Затем в колбочки вносятся питательные соли из растворов в том самом количестве и по той же схеме, как это делается при работе по методу А. В. Францева (см. выше), только с той разницей, что концентрации солей применяются более слабые.

Все колбочки выставляются на окно северной стороны или помещаются в термолюминостат на 4—5 дней, и после этого в них производится повторный подсчет фитопланктона. В некото-

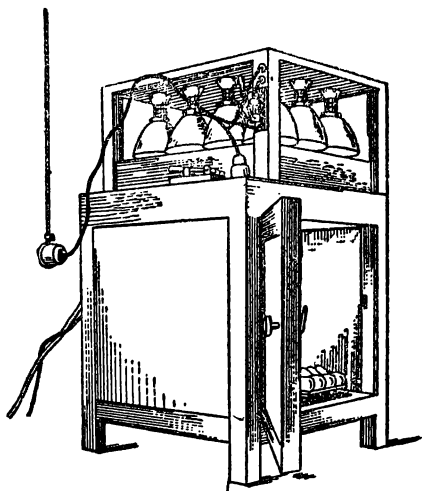


Рис. 77. Термолюминостат Францева

рых колбах количество водорослей в течение опыта сильно возрастает, что позволяет сделать вывод о действии внесенных солей в качестве биогенов, недостающих в водоеме. Для дальнейшего уточнения, в каких количествах тот или другой биоген необходим для максимального развития водоросли, ставятся дополнительные опыты с разными концентрациями биогена, с добавлением или без добавления других питательных веществ.

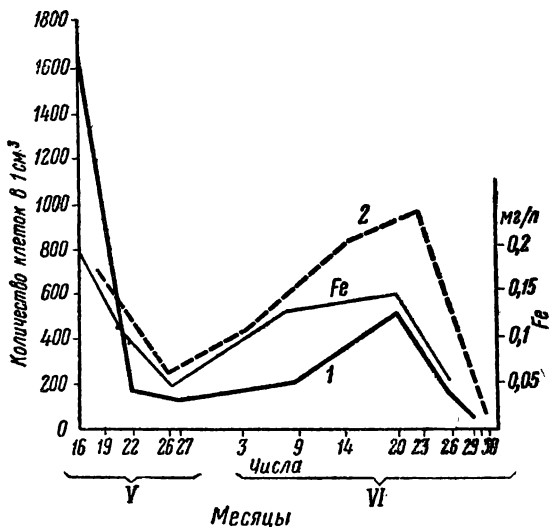


Рис. 78. Ход развития астерионеллы в Учинском водохранилище (1) и результаты лабораторного опыта по гидробиологической производительности (2).

Этот метод применяется при составлении краткосрочных прогнозов цветения воды в водохранилищах, используемых в качестве источников водоснабжения. Для этого работа ведется в колбочках с водой из водоема без добавления солей. Колбочки ставятся в термолюминостат, где при лучших, чем в водоеме, световых и термических условиях развитие водорослей опережает на 4—5 дней аналогичные процессы, протекающие в водоеме. При условии, что в течение периода исследования в водоеме не происходит резких гидрологических перемен, можно с большой степенью точности предсказать за 4—5 дней то количество водорослей, которое разовьется в воде, и тем самым предупредить работников водопроводных сооружений о надвигающейся угрозе цветения воды.

Результаты лабораторных опытов и наблюдений, проведенных в условиях водоема, изображаются графически (рис. 78).

ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ УДОБРЕНИЯ ВОДОЕМОВ

В последние годы в СССР и других странах проводятся опыты по удобрению водоемов — морских заливов, озер, рек и особенно рыбоводных прудов — минеральными и органическими удобрениями. Где бы ни проводились такие опыты, следить за их результатами (влияние на химизм воды, на развитие бактерий, фитопланктона, высшей растительности, зоопланктона, зообентоса, на питание и темп роста рыб) следует, начиная с момента внесения удобрения до окончания его действия.

Проведению опыта должно предшествовать изучение потребности водоема в минеральном и органическом удобрениях. В отношении минерального удобрения с водой из данного водоема ставятся опыты гидробиологической производительности по схеме А. В. Францева или К. А. Гусевой. Для этого в воду, разлитую в колбочки, делаются добавки минерального азота, фосфора, калия и кальция (железо можно не добавлять, так как в большинстве прудов его достаточно). Учет результатов опыта производится или путем подсчета клеток (сценедесмус — по методу А. В. Францева, всех других водорослей — по методу К. А. Гусевой), или по количеству кислорода в колбочках (по методу Г. Г. Винберга). Набор солей в тех колбочках, где фитопланктон или количество кислорода достигли максимальной величины, и должен быть взят за основу при выборе минеральных удобрений.

Для определения потребности водоема в органических удобрениях нет общепринятых методов; можно для этих целей руководствоваться величинами окисляемости воды и численности бактериопланктона. Впрочем, органические удобрения необходимы каждому водоему, во-первых, как источник углекислоты, необходимой при минеральном удобрении, во-вторых, как пища для бактерий и, в-третьих, как механическая и биологическая основа для развития бентоса.

Если опыты по удобрению ведутся на рыбоводных прудах, то здесь можно выбрать серию малых экспериментальных прудов и несколько больших производственных. На экспериментальных прудах, если они имеются в достаточном количестве, работу можно поставить по такой схеме. Берется 10 прудов с независимым водоснабжением, по возможности равных размеров (в 0,1—0,2 га). Один пруд оставляется контрольным, во 2-й в качестве удобрения вносится минеральный азот (например, в форме сульфата аммония), в 3-й — фосфор (в виде суперфосфата), в 4-й — калий (в виде хлористого калия), в 5-й — кальций (в виде гашеной извести), в 6-й — азот + фосфор, в 7-й — азот + фосфор + калий, в 8-й — азот + фосфор + калий + кальций, в 9-й — органическое удобрение (например, смесь луговой и болотно-водной растительности или одна болотно-водная растительность), в 10-й — азот + фосфор + калий + кальций + органическое удобрение того же состава. На производственных

прудах опыты ставятся после того, как выяснится (опытами на экспериментальных прудах), что для данного хозяйства или данного географического района наилучший хозяйственный результат приносит тот или другой комплекс удобрений.

Минеральные удобрения вносятся небольшими количествами (указанными ниже) через каждые 7—14 дней, при этом надо учитывать температуру воды и скорость процессов развития фитопланктона; удобрения перед внесением растворяются или разбалтываются в воде и равномерно разливаются по площади пруда, лишенной растительности. Органические удобрения, в зависимости от состава растительности и от климатических и почвенных условий района, закладываются в пруды через каждые 7—30 дней; растения, применяемые для удобрения, предпочтительнее вносить в слегка подвяленном состоянии полосами вдоль берегов, закрепляя их между шестами. Водная растительность прудов скашивается, подсушивается и идет на удобрения. Если в качестве органического удобрения применяется жмых или навоз, то их желательно распылять по поверхности пруда или класть небольшими количествами вдоль уреза воды.

Приведем нормы удобрений, рекомендуемые для внесения за один раз (из расчета на 1 га прудовой площади): сульфата аммония 40 кг, суперфосфата 40 кг, калийной соли 2—5 кг, гашеной извести 15 кг, травы или водно-болотной растительности 200—300 кг. Впрочем, эти нормы подлежат изучению и проверке в разных условиях.

В пруды, питающиеся водами, малонаселенными планктоном, при первом удобрении следует вносить «зарядку» из культуры протококковых водорослей, а также ил, содержащий покоящиеся стадии ракообразных.

Кроме работ с указанными видами удобрений, следует поставить опыты с применением бактериальных препаратов (типа азотогена и др.) и различных микроэлементов.

При опытах по удобрению прудов в каждый пруд следует сажать равные количества рыбы. Один год желательно вести работу с молодью карпа, карася или какой-либо другой рыбы, в другой год — с товарной рыбой однородного состава, третий — с рыбой смешанного состава (бентосоядные совместно с планктоноядными). Желательно проводить работы также с растениеядными рыбами.

Для наблюдений над изменениями, происходящими в пруду под влиянием удобрений, сооружаются мостки длиной 20—25 м, идущие от дамбы в глубь пруда. Наблюдения производятся сериями — от момента внесения удобрений до затухания их действия, 2—3 раза в течение лета. В контрольном пруду ведутся параллельные работы.

В программу серийных исследований включаются: химические анализы воды (на рН, уголекислоту, кислород, азот, фосфор, калий, кальций, общую минерализацию, окисляемость, перманга-

натную и бихроматную), изучение развития бактерий в водной толще и среди органического удобрения, количественное и качественное исследование фито- и зоопланктона, донной фауны, обрастаний. Параллельно изучению планктона ставятся опыты с радиоактивным углеродом и кислородными склянками. Вне серий опытов, но периодически производится химический анализ грунтов, анализ содержания микробов в грунте и среди растительности, съемка зарастания пруда высшей растительностью и нитчатками.

Изучение питания рыбы, темпа роста, зараженности паразитами ведется в сроки контрольных обловов, устанавливаемые по согласованию с администрацией рыбных прудовых хозяйств. В конце периода эксплуатации прудов производится учет рыбопродукции и состояния рыбы, ее упитанности и пр. Если работа ведется с молодь, то она после облова помещается в отдельные зимовальные пруды для выяснения ее устойчивости в зимних условиях. Итоговая работа проводится под наблюдением работников исследовательской организации и администрации прудового хозяйства.

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВЫЕДАНИЕМ ПЛАНКТОНА И БЕНТОСА РЫБАМИ

При исследовательских работах на прудах и других водоемах можно ставить опыты и наблюдения над выеданием рыбами планктона и бентоса. Для этой цели в водоеме отгораживаются проволочной нержавеющей сеткой или частой капроновой сетью участки размером от 4 до 25 м² и более (рис. 79). При сооружении заграждения надо следить за тем, чтобы нижний край сетки плотно прилегал к грунту, а верхний край возвышался над уровнем воды на 20—50 см. Один из отгороженных участков оставляют без рыбы, в другой — сажают бентосоядных рыб (примерно в таком количестве, какое приходится в водоеме на площадь, равную отгороженной), в третий — планктоноядных рыб (из такого же расчета). Во всех отгороженных участках, а также в незагороженной части водоема на соответствующих биотопах производятся синхронные сборы бентоса и планктона количественными орудиями. В участках без рыбы и в загородке с бентосоядными рыбами для учета вылетающих насекомых устанавливаются насекомолуловители системы Черновского. Получив в свое распоряжение данные о количестве донной фауны в различных отгороженных участках водоема, а также данные о количестве вылетающих из водоема насекомых, исследователь может подсчитать, сколько личинок выедается рыбой и сколько примерно приходится на естественную смертность и гибель от других причин. Там, где это возможно, производятся выловы рыбы для учета числа выедаемых ими донных животных и планктона.

В морских условиях изучение выедания методом загороженных площадок затруднительно, поэтому здесь применяются методы, основанные на биологическом анализе популяций.

Работы по изучению выедания бентоса в море ведутся в определенной последовательности (по Н. В. Лебедеву). Исходя из

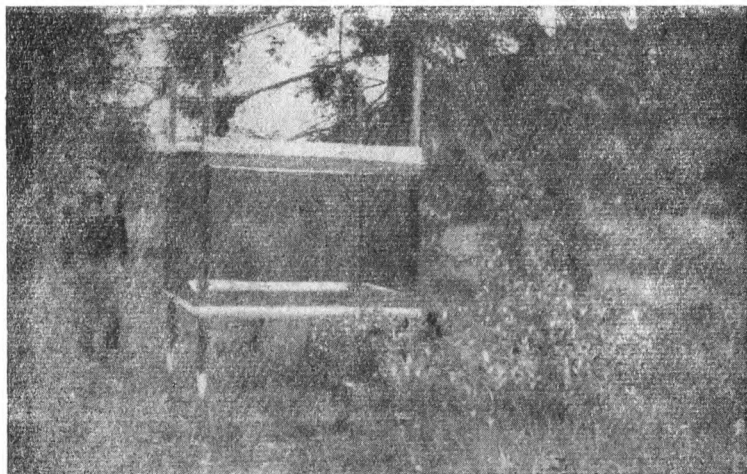


Рис. 79. Решетка, приготовленная для огораживания части пруда

того, что в природных условиях внутри крупных группировок бентоса имеются элементарные популяции, характеризующиеся более или менее однородным по жизненному циклу составом, сборы бентоса и производятся в границах таких популяций. Лов осуществляется драгированием или тралированием при количественном учете дночерпателем. Собранный материал, в примере Н. В. Лебедева — моллюски, разбирается, причем устанавливается соотношение между живыми и мертвыми особями. Раковины тех и других измеряются для того, чтобы учесть гибель моллюсков по отдельным размерным группам. Частыми драгировками (до нескольких раз в течение суток) устанавливается процент естественной гибели моллюсков различных размерных групп. Исходя из этого процента, из общей убыли моллюсков (определяемой обычными методами биологического анализа популяций) выделяется убыль, происходящая независимо от выедания моллюсков рыбами. Эти величины и служат для вычисления размера выедания моллюсков бентоса рыбами.

Запись результатов наблюдений и вычислений выедания бентоса можно вести по следующей форме:

Расчет выедания рыбами (такого-то вида моллюска) в группировке близ острова . с по 196 г.

| № группировки | № рейса | Дата наблюдения | Средний вес особи (в мг) | Количество экз/м ² | Общая убыль на 1 м ² | |
|---------------|---------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| | | | | | экз. | г |
| | | | | | | |

(Продолжение)

| Естественная гибель | | Выедание на 1 м ² | | Площадь группировки (км ²) | Выедание (в тыс. ц) |
|---------------------|--------------------|------------------------------|---|--|---------------------|
| % | экз/м ² | экз. | г | | |
| | | | | | |

ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г. Г., 1934. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. Тр. Лимнол. ст. в Косине, 18.
- Винберг Г. Г., 1960. Первичная продукция водоемов, Минск.
- Гусева К. А., 1956. Методы эколого-физиологического исследования водорослей. Жизнь пресн. вод СССР, IV, I.
- Жадин В. И., 1957. Метод комплексного удобрения и его применение на прудах рыбцово-шемайного питомника. Тр. проблемы и тематич. совещ, VII.
- Жадин В. И., 1959. Северо-Кавказская гидробиологическая экспедиция и вопросы удобрения рыбоводных прудов, Тр. Зоол. ин-та АН СССР, XXVI.
- Исакова-Кео М. М., 1950. Зональный метод выращивания живых кормов и его значение для прудовых хозяйств и рыбоводных заводов «Вестн. ЛГУ», 15.
- Кузин А. М., 1954. Меченые атомы в исследованиях по сельскому хозяйству. Изд. АН СССР.
- Кузнецов С. И., 1945. Биологический метод оценки богатства водоема. «Микробиология», т. XIV, вып. 4.
- Кузнецов С. И., 1955. Использование радиоактивной углекислоты С¹⁴ для определения сравнительной величины фотосинтеза и хемосинтеза в ряде различных типов. «Изотопы в микробиологии». Тр. совещ. по применению меченых атомов в микробиологии. Изд. АН СССР.
- Петрищева П. А., 1959. Методы изучения кровососущих насекомых, имеющих медицинское и ветеринарное значение. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 2.
- Потапов А. А., 1950. Вопросы физиологии и экологии погруженных гидрорифитов. «Усп. соврем. биологии», т. XXIX, 3.
- Сорокин Ю. И., 1955. Продуктивность хемосинтеза в иловых отложениях. ДАН СССР, т. 103.

- Сорокин Ю. И., 1956. О применении радиоактивного углерода C^{14} для изучения первичной продукции водоемов. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., VII.
- Францев А. В., 1932. Опыт оценки гидробиологической производительности московской воды. «Микробиология», т. I, вып. 2.
- Ширшов П. П., 1938. Опыт определения продуктивности фитопланктона полярных морей по фотосинтезу. Научные результаты работ эксп. на «Челюскине» и в лагере Шмидта.
- Щербakov А. П., 1953. Продукция органического вещества фитопланктона в Глубоком озере. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., V.
- Chiba Takuo, Arai Tsuruta and Hiroshi Maeda, 1955. Report on zooplankton samples hauled by Larvanet during the cruise of Bikini-Expedition with special references to Copepods. Journ. Shimonaki Coll. of Fish., 5, 3.
- Ketchum B., 1958. Productivity in relation to nutrients. Rap. et Proc.-Verb. Cons. Int. Explor. de la mer., 144.
- Пога Е. А., 1956. Contaminarea radioactiva a animalelor acvatice si terestre din apropierea reactorilor nucleare. Bul. Inst. de cercetari piscicole. An. XV, 2.
- Radu D., 1955. Principii noi pentru determinarea productivitatii naturale a bunurilor piscicole. An. XIV, 2.
- Schreiber E., 1927. Reinkulture von marinem Phytoplankton. Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland, XVI, 10.
- Steemann-Nielsen E., 1952. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. Journ. of conseil, 18, 2.
-

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЛАБОРАТОРИИ

МЕТОД МЕЧЕННЫХ АТОМОВ

Принципы метода меченых атомов (радиоактивных изотопов), основные понятия и аппаратура, применяемая при работе с радиоактивными веществами, описаны в предыдущей главе. В лабораторных условиях метод меченых атомов может быть применен для решения многих вопросов гидробиологии, из которых отметим основные: круговорот веществ; распределение минеральных веществ между водой, населяющими воду организмами всех категорий и грунтом; питание всех водных организмов; доступность для рыбы минеральных и органических удобрений; распределение в теле рыб и беспозвоночных минеральных веществ, поступающих с пищей, и др. Разработанные методы меченя животных радиоактивными изотопами (радиомаркировка) позволяют производить наблюдения над миграцией рыб и распространением вылетающих из водоемов насекомых.

Опыты по всем отмеченным выше вопросам в летнее время удобно проводить в деревянных бочках, внутренняя поверхность которых покрывается тонким слоем чистого парафина. Емкость бочек 80—120 л. Бочки закапываются до половины высоты в землю, закрываются марлей, а участок, на котором устанавливаются бочки, огораживают высокой металлической решеткой с дверью, запирающейся на замок. В остальное время года эксперименты могут производиться в стеклянных или плексигласовых аквариумах любой емкости или в бетонных аквариумах со стеклянной стенкой. Источником света для аквариумов могут быть лампы накаливания и неоновые. В зависимости от цели исследования в бочки и аквариумы кладется тот или иной грунт, на который осторожно наливается вода (предпочтительно брать воду из водоема и фильтровать ее через бумажные и предварительные мембранные фильтры; водопроводную воду обязательно дехлорировать), а затем вносятся нужные для опыта организмы — водоросли, зоопланктон, бентос, рыба — и добавляется небольшое количество минеральных удобрений.

Для опытов чаще всего применяются радиоактивные изотопы фосфора (P^{32}) и кальция (Ca^{45}), которые получают из соответствующих снабжающих лабораторий. В день использования в реактиве, содержащем радиоактивный изотоп, проверяется радиоактивность по паспорту, приложенному лабораторией, причем делается поправка на изменение радиоактивности со дня изготовления до момента использования реактива. Эта поправка получается или по таблицам и кривым, имеющимся в специальных руководствах, или по кривой, вычерчиваемой самим исследователем (рис. 80). Для этого надо знать лишь период полураспада

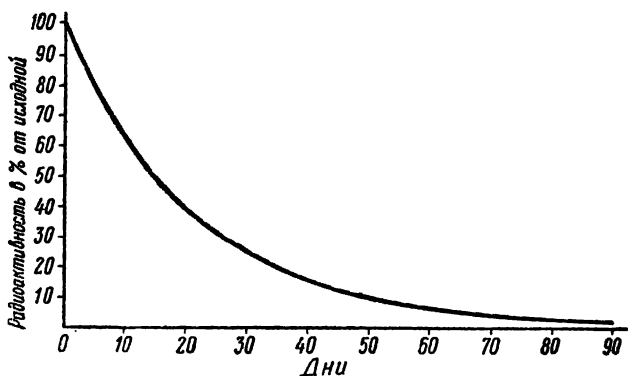


Рис. 80. Кривая радиоактивного распада P^{32}

изотопа; при построении кривой исходный уровень радиоактивности, взятый из паспорта, принимается за 100%. В паспорте указывается удельная активность (в μCi на 1 мл или на 1 г радиоактивного соединения, а также концентрация радиоактивного элемента вместе с его носителем в 1 мл).

Реактив вносится в бочку (аквариум) с помощью пипетки, устроенной так, чтобы предохранить исследователя от контакта с радиоактивным веществом (рис. 81). Концентрация раствора в аквариуме доводится до нужной величины (100—150 μCi или более на 1 л).

Поскольку в работе с изотопами радиоактивность воды, грунта и организмов обычно определяется в виде количества импульсов, испускаемых ими, чрезвычайно желательно получаемое число импульсов переводить на количество меченого элемента (кальция, фосфора и др.), т. е. определить «цену» импульса. Для этого берется одномолярный раствор вещества и в него добавляется радиоактивный изотоп того же соединения, так, чтобы в общей сложности получался одномолярный раствор, 1 мл раствора выпаривается в латунной чашечке и определяется его радиоактивность (число импульсов) на счетчике Гейгера-Мюллера. Зная количество элемента в 1 мл воды и количество импульсов, путем простого деления можно получить количество

элемента, соответствующее 1 импульсу, т. е. определить «цену» импульса.

Работа в бочках (или аквариумах) ведется в следующей последовательности (по В. И. Жадину, А. Г. Родиной и А. С. Трошину). После заселения бочки и внесения в нее радиоактивного вещества производится химический анализ воды. Тотчас же, а затем с промежутками в несколько часов, сутки и несколько суток берутся пробы грунта, бактерий, отмытых от

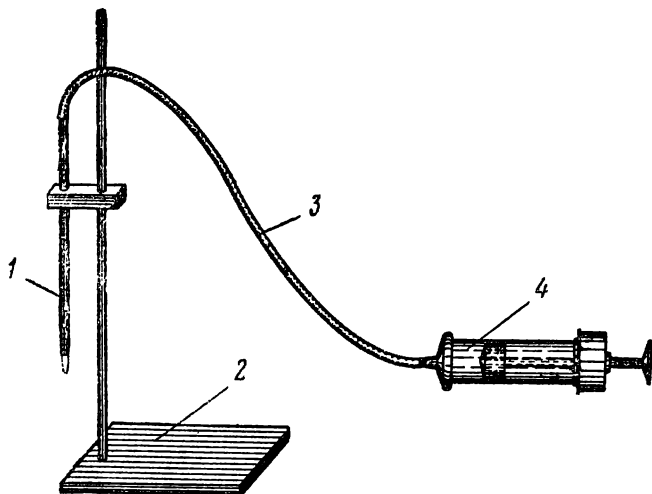


Рис. 81. Пипетка для растворов радиоактивных веществ:
1 — пипетка, 2 — штатив, 3 — резиновая трубка, 4 — шприц

грунта, воды, вместе с находящимися в ней организмами бактерио-, фито- и зоопланктона, фильтрата, лишённого организмов, фитопланктона (отделенного от прочего планктона фильтрацией через предварительный мембранный фильтр), бактерий (остающихся на фильтре № 2 после пропускания через него фильтрата, освобожденного от фитопланктона), зоопланктона (вылавливаемого пипеткой), водорослевых обрастаний со стенок бочки и высшей водной растительности. Представители донной фауны и рыбы берутся для анализа в более редкие сроки.

Из каждого вынутого из аквариума образца для счета импульсов под счетчиком Гейгера-Мюллера готовятся пробы нижеописываемым способом. При этом вся работа ведется в белых халатах, на руках должны быть надеты резиновые перчатки. Высушивание, взвешивание и фильтрация образцов производится в специальных ящиках, имеющих прозрачную переднюю стенку и отверстия для рук в боковых стенках.

Грунт, извлекаемый из бочки с помощью малой грунтовой металлической трубки, диаметром около 1 см, высушивается в

сушильном шкафу, навеска его около 20 мг, сделанная на торзионных весах, помещается на латунную тарелочку (штампуюмую из тонкой латуни), которая завертывается в алюминиевую фольгу, толщиной 0,01 мм.

Бактериопланктон и фитопланктон сначала берутся вместе. Для этого 2 мл воды из бочки фильтруются через мембранный фильтр № 2.

Отдельно фитопланктон получается фильтрованием 2 мл воды через мембранный фильтр марки «предварительный», который задерживает весь фитопланктон и пропускает большую часть бактерий.

Отдельно бактериопланктон получается фильтрованием через мембранный фильтр № 2 2-х мл воды, уже пропущенной через предварительный фильтр, т. е. освобожденной от фитопланктона.

Все фильтры промываются в фильтровальном аппарате водой, лишенной организмов, для удаления несвязанного радиоактивного вещества, затем высушиваются.

Отдельные экземпляры крупных представителей зоопланктона вылавливаются в бочке пипеткой с длинной стеклянной трубкой и сильной нагнетательной грушей, затем высушиваются в сушильном шкафу и взвешиваются. После этого в них определяется радиоактивность.

Водорослевые обрастания и части растений собираются длинным пинцетом, споласкиваются в чистой (колодезной) воде, высушиваются в сушильном шкафу и растираются в агатовой ступке. Определенная навеска, сделанная на торзионных весах, кладется в латунную тарелочку и завертывается в тонкую фольгу, как пробы грунта.

Так же поступают с пробами бентоса и рыбами, которые высушиваются в сушильном шкафу целиком или после отпрепаровывания отдельных органов. При малой радиоактивности животные озоливаются (сжигаются). Радиоактивность определяется или по навеске высушенного и растертого тела, или по навеске золы того или другого органа.

Проба воды готовится из 0,1 мл фильтрата (пропущенного через мембранный фильтр № 2), который выпаривается в латунной тарелочке и завертывается в алюминиевую фольгу.

Таким образом, определение радиоактивности (счет импульсов) производится для одних проб на фильтрах, а для других — на латунных тарелочках. Чтобы иметь возможность сравнивать полученные результаты, применяется поправочный коэффициент; для этого радиоактивность одной и той же пробы измеряется и на фильтрах, и на тарелочках. При расчетах радиоактивности делается поправка на естественный распад фосфора, кальция или других веществ по вышеописанной методике.

После окончания опыта можно произвести пересчет полученных данных в импульсах на весовые величины элементов, помеченных радиоактивными изотопами, и вычислить коэффициент

распределения элемента между водой, дном и организмами, населяющими водоем.

Для первой цели вычисляется «цена» импульса по принципу, описанному в предыдущей главе (стр. 153). При этом, когда исследователь располагает непосредственными весовыми данными о воде или организмах, он придерживается описанного порядка расчисления. Если же единицей, в которой измерялась радиоактивность, был не вес организмов, а объем воды, в которой они обитали, то на фильтрах (служивших для определения радиоактивности) методом прямого счета определяется количество бактерий, фито- и зоопланктона. Далее по таблицам весов организмов (см. гл. 5) определяется вес разных групп планктона и бактерий в отфильтрованном объеме воды и находится «цена» импульса, позволяющая подсчитать, сколько того или другого меченого вещества накопилось в одном миллиграмме или грамме бактерий, водорослей или животных.

Коэффициент накопления радиоактивного вещества организмами и донными отложениями водоемов вычисляется по формуле отношения числа импульсов в организмах (или донных отложениях) к числу импульсов в воде:

$$Q = \frac{n}{n_1},$$

где Q — искомый коэффициент накопления, n — количество импульсов в 1 г сухого веса организмов и n_1 — количество импульсов в 1 мл воды.

Коэффициент накопления дает отчетливое представление о роли различных водных организмов и различных грунтов водоемов в адсорбции разного рода радиоактивных загрязнений, попадающих в воду. Его же можно использовать для оценки очищающего эффекта биофильтров и других очищающих сооружений, работающих на биологическом принципе.

Опыты можно производить в текучей воде, в которую вносится некоторое количество стронция, иттрия, рутения или каких-либо других веществ по отдельности или в смеси. Из бака с раствором загрязненная вода пропускается через почвенный фильтр и оттуда (или непосредственно) вода медленно протекает через один или несколько бачков или прудиков, населенных водными организмами (планктоном, бентосом и перифитоном). В конце системы бачков (прудиков) ставится фильтр и устраивается «сточная яма» (по Н. В. Тимофееву-Ресовскому (рис. 82)). Систематическое наблюдение за радиоактивностью воды, водных организмов и донных отложений во всех бачках, прудиках и фильтрах с вычислением коэффициентов накопления позволяет установить концентрации радиоактивных и других токсических веществ, поддающихся биологической очистке; список организмов, наиболее активно накапливающих то или другое вещество, скоростной режим пропуска сточных вод через очистное соору-

жение и дать ответ на ряд других вопросов, связанных с проблемой дезактивации ядовитых загрязнений.

Многие гидробиологические задачи решаются путем мечения водных организмов радиоактивными изотопами, но техника мечения нуждается еще в дальнейшем совершенствовании. Микробы мечаются выращиванием на радиоактивных средах, т. е. таких средах, где одно из входящих в рецепт питательных веществ дается с примесью радиоактивного изотопа (чаще всего

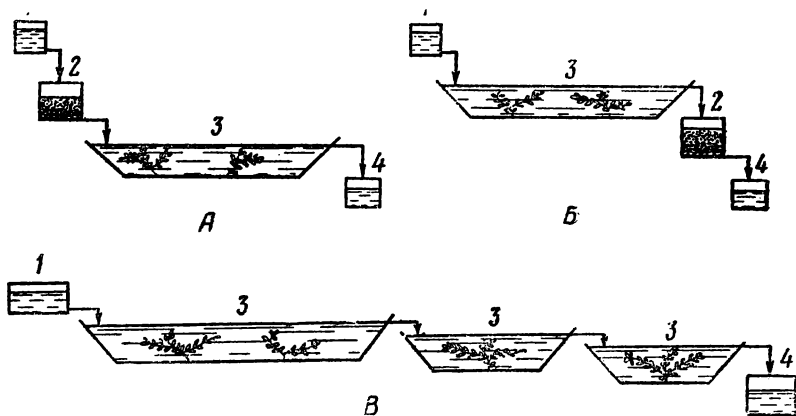


Рис. 82. Схема опытов по биологической очистке радиоактивных сточных вод. А — схема: фильтр — прудик — сточная яма; Б — схема: прудик — фильтр — «сточная яма»; В — схема: прудик — прудик — прудик — «сточная яма»:

1 — бак с раствором, 2 — почвенный фильтр, 3 — прудик, 4 — «сточная яма»

применяется радиоактивный фосфор). Различные группы планктона, водоросли, ткани растений мечаются выдерживанием в воде, в которую внесен радиоактивный изотоп какого-либо элемента. Таким же способом можно метить беспозвоночных животных и рыб, но более стойкие результаты дает кормление животных пищей, содержащей радиоактивные вещества.

Результаты работ с радиоактивными веществами выражаются часто различными кривыми. Очень выразительны радиоавтографы, показывающие пути проникновения радиоактивных веществ в растительные и животные организмы, и места их концентрации в различных органах и тканях.

Радиоавтографы (рис. 83) изготавливаются следующим образом. Берется высокочувствительная рентгеновская пленка и в темноте на нее накладывается высушенный объект, содержащий в себе радиоактивное вещество. Этот объект плотно прижимается к пленке, заворачивается вместе с пленкой в черную бумагу и завязывается ниткой. В таком виде в полной темноте и в сухом месте пленка с объектом оставляется на известный срок, ис-

числяемый часами и сутками, различный при разном размере объекта, его толщине, при различных радиоактивных веществах и разной чувствительности пленки. Длительность экспозиции определяется эмпирически. По интенсивности почернения пленки можно судить не только о местах концентрации радиоактивного вещества, но и об его относительном количестве.



Рис. 83. Радиоавтограф лягушки

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИТАНИЯ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Изучение питания планктонных ракообразных и коловраток представляет некоторые трудности; каждый изучаемый вид следует отделить от других, поместить в аквариум (иногда в весьма малый объем воды), создать там благоприятную кислородную обстановку и давать каждому виду свою особую пищу. Ориентировочный состав пищи определяется путем вскрытия животных, взятых из естественных обитаний.

Подопытные животные берутся из сборов планктона, которые перед этим не менее суток стояли в лаборатории. Это делается для того, чтобы отобрать наиболее выносливые особи. Отобранные экземпляры помещаются в цилиндры или пробирки, а также в кристаллизатор или чашку Петри. Вода для помещения подопытных животных берется из того водоема, где собран планктон, и перед наливанием в сосуды фильтруется через плотный бумажный или мембранный («предварительный») фильтры. Вода меняется (в зависимости от ее состояния) через 1—3 дня, а иногда и несколько раз в сутки. Кислородный режим на требуемом уровне поддерживается или созданием проточности, или тем, что в воду на нитке подвешивается пучок водоросли кладофры; на темную часть суток водоросли из аквариума удаляются.

Аэрировать воду можно также продуванием воздуха через трубку, конец которой закрывается пористой древесиной. Следует следить за температурой воды—не допускать резких колебаний.

Эксперименты по исследованию питания водных беспозвоночных желательнее проводить с такими видами пищи, как бактерии, дрожжи, водоросли, ткани высших растений, простейшие животные, животные белки, детрит. Все перечисленные виды пищи можно использовать живыми или убитыми высокой температурой. При выяснении роли бактерий в питании беспозвоночных последние освобождаются от бактерий путем выдерживания в риваноле.

Для точности опытов необходимо пользоваться специально выращенными чистыми культурами бактерий, дрожжей и водорослей. Ниже приводится несколько рецептов.

Азотобактер, столь широко используемый в пищу различными водными беспозвоночными, можно выращивать на среде Родной:

| | |
|---------------------------|--------|
| Вода исследуемого водоема | 900 мл |
| Иловая вытяжка | 100 мл |
| Фосфорнодвукалиевая соль | 0,3 г |
| Маннит (инвертный сахар) | 20 г |
| Мел | 5 г |

Ил, для приготовления иловой вытяжки, которая отдает среде необходимые для азотобактера микроэлементы, берут из водоема в количестве 1 кг, кладут его в большую коническую колбу, доливают 1 л воды из водоема и ставят в автоклав при температуре 115° на 30 мин. Затем болтушку фильтруют через плотный бумажный складчатый фильтр. Прозрачный фильтрат разливают в склянки, стерилизуют в автоклаве и используют для приготовления среды по мере надобности.

Зеленые водоросли хорошо выращиваются на среде № 1 Успенского, в которую входят:

| | |
|-----------------------|---------|
| KNO_3 | 0,025 г |
| $MgSO_4$ | 0,025 г |
| $Ca(NO_3)_2$ | 0,100 г |
| KH_2PO_4 | 0,025 г |
| K_2CO_3 | 0,034 г |
| Дистиллированная вода | 1 л |

После стерилизации в эту среду вносится Fe (0,2—0,4 мг/л) в форме $Fe_2(SO_4)_2$.

Живая пища дается подопытным животным по счету в единице объема. Учет количества съеденной пищи ведется с контролем над приростом числа объектов питания при отсутствии их выедания. Для этого в сосуд с подопытными животными и в другой — без животных — вносится одинаковое количество бактерий (или водорослей). Через определенный срок в обоих сосудах подсчитывается количество бактерий (или водорослей), и по разнице определяется съеденное количество. Оно делится на чис-

ло подопытных животных, что дает число бактерий (или водорослей), поглощенных одним экземпляром подопытных животных за единицу времени. Это число, а равно величину животного можно выразить в весовых единицах (по таблицам весов бактерий, водорослей и планктонных животных) и вычислить коэффициент потребления пищи на единицу веса и единицу времени.

При такого рода подсчетах следует следить за тем, чтобы в сосуде с подопытными животными не происходила гибель пищевых организмов от явлений автолиза. При даче в пищу водорослей желательно учитывать, какое количество проходит через пищеварительный канал в живом виде. Хорошие результаты можно получить, применяя метод флуоресцентной микроскопии (по С. В. Горюновой).

Учет результатов питания тем или другим видом пищи ведется на основании наблюдения за ростом животного, продолжительностью его жизни, его физиологическим состоянием, размножением, за выживанием молоди и т. д.

Каждую серию опытов по питанию беспозвоночных следует производить во многих повторностях.

На излюбленном объекте гидробиологов — дафнии, для которой установлен оптимальный режим питания, экспериментальную работу следует продолжать, включая в нее изучение действия токсических веществ. В этих целях ставятся так называемые дафниевые пробы. В сосуд с необходимым набором питательных веществ и объектов при хорошем кислородном режиме помещается определенное количество дафний. Сюда же вносятся в разных разбавлениях различные вещества, загрязняющие водоем (например, нефть, фенол, медь и др.). По степени воздействия того или иного вещества (в той или другой концентрации) на рост, размножение и другие функции дафнии делают заключение о токсичности загрязнителя и о тех концентрациях его, которые можно разрешить к спуску в водоем.

При работе с такими летучими загрязняющими веществами, как хлорэтан и хлорбензол, испытание (по Лобачевой) производится в открытой посуде (солонки) и в закрытой (кислородные склянки). Из культуры дафний отбирается по 10 половозрелых самок с партогенетическими яйцами или начавшими развиваться в выводковых камерах эмбрионами; самки помещаются в солонки или склянки (объемом 25 мл). Здесь в течение 15 суток ведутся наблюдения за выживаемостью взрослых дафний, ежедневно учитывается прирост молоди, выживаемость и развитие ее, констатируется появление нового поколения дафний. Опыты производятся при температуре 17—20° при различных концентрациях загрязнителя. В качестве пищи дафнии получают дрожжи.

Изучение питания более крупных беспозвоночных основано на тех же принципах, что и планктонных животных. Подопытные животные берутся из водоемов, содержатся в аквариумах

или садках, кормятся бактериальной, растительной и животной пищей. Более крупные размеры подопытных животных позволяют более точно регистрировать количество съеденной пищи и применять такие приемы исследования, которые встречаются затруднения при работе с мелкими животными. Работая с крупными организмами, легче пользоваться радиомаркировкой пищи и шире ставить вопрос о выборности (избирательности) пищи, о пищевой конкуренции и т. д.

Питание брюхоногих моллюсков изучается параллельно в садках, подвешиваемых в водоеме, и в аквариумах в лаборатории. В каждый садок (или аквариум) помещается от 5 до 15 особей какого-либо вида, которые перед началом опыта измеряются и взвешиваются. Если опыт ведется с растительной пищей, она в течение 20 мин. отжимается под грузом в 1 кг, затем просушивается между листами фильтровальной бумаги и взвешивается. Если в качестве пищи используются животные (например, личинки насекомых, мальки рыб, черви, головастики лягушек и др.), они взвешиваются после удаления влаги с их поверхности фильтровальной бумагой. В другой садок (контрольный) для наблюдения над изменением веса растительной пищи под воздействием биохимических факторов кладется такая же навеска и так же приготовленная растительность. Через 1—3 дня (или через больший срок) все подопытные животные взвешиваются, взвешиванию также подвергаются пища, оставшаяся в садке, и образец растительности из другого садка.

Результаты наблюдений записываются в журнал. Приведем форму.

Форма записи при изучении суточного потребления пищи:

Название животного * * * * *

| № опыта | Число и час | | Вес животного | | Вес пищи | | Поправка на биохим. процессы |
|---------|--------------|-------------|---------------|-------------|----------|-------------|------------------------------|
| | начала опыта | конца опыта | до опыта | после опыта | до опыта | после опыта | |
| | | | | | | | |

(Продолжение)

| Суточное потребление на 1 животное (г) | Суточное потребление на 1 г веса животного (мг) | Суточный пищевой индекс (%) | Примечания (наименование пищи и пр.) |
|--|---|-----------------------------|--------------------------------------|
| | | | |

По такой же схеме можно произвести исследование питания многих других беспозвоночных—ракообразных, насекомых и др.

Интенсивность поедания растительной пищи вычисляется по формуле Кузнецова:

$$n = \frac{(A - A_1) + (B \cdot A)}{S \cdot C},$$

где n — интенсивность поедания пищи в сутки на 1 г живого веса моллюска (в г), A — вес растения до опыта, A_1 — вес растения после опыта, S — продолжительность опыта (в сутках), B — поправка на изменение веса водоросли, C — вес моллюска (в г).

При изучении избирательности пищи можно пользоваться, как уже говорилось, радиомаркировкой пищи (по А. Г. Родиной) и специальным прибором — «двориками» Н. С. Гаевской (рис. 84). Этот прибор состоит из крестовины и системы зажимов. Крестовина составлена из четырех отрезков металлической трубки. В каждом из отрезков имеется продольная сквозная прорезь, не доходящая до конца отрезка. В каждой трубке, с наружного ее конца, имеется длинный винтовой зажим с резиновой подушечкой на конце. В противоположный конец каждого отрезка трубки также

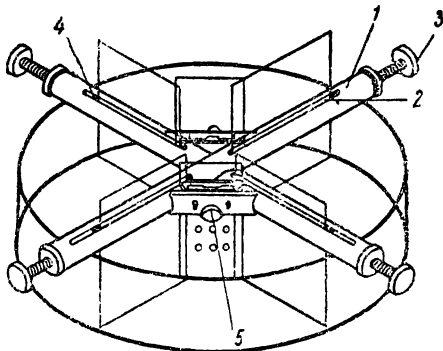


Рис. 84. «Дворики» — прибор Гаевской для изучения питания водных животных:

1 — металлическая трубка, 2 — сквозная прорезь, 3 — винтовой зажим, 4 — резиновая подушечка, 5 — плоский винтовой зажим

вложена резиновая подушечка, которая должна на несколько миллиметров заполнить прорезь, чтобы создать эластичный упор для стеклянных пластинок, помещаемых сюда. Между двумя взаимно перпендикулярными отрезками трубки крестовины помещены плоские винтовые зажимы, прорезь которых соединяется с прорезями смежных с ними трубок. Крестовина накладывается на аквариум, в продольные прорези вставляются стеклянные перегородки и закрепляются винтовым зажимом. Для того чтобы ребро стеклянной перегородки плотно прижималось к стенке аквариума, между ним и стенкой вкладывается полоска резины. В зависимости от числа лучей крестовины аквариум может быть разделен на 4—8 двориков, а средняя часть аквариума остается неразгороженной.

Подопытные животные помещаются в середину прибора, а в отдельные сектора кладется разная пища. После периода привыкания животные расходятся по секторам — «дворикам», в которых и сосчитываются. Данные берутся из 10 наблюдений и

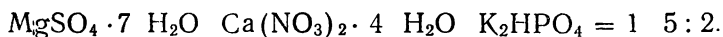
выражаются в процентах; наибольший процент указывает на предпочтение подопытными животными пищи, находящейся в данном дворике.

РАЗВЕДЕНИЕ ЖИВЫХ КОРМОВ

В некоторые моменты работы рыбоводных заводов, рыбопитомников и прудовых хозяйств бывает необходимо искусственное разведение живых кормов. Таковыми для личинок и мальков рыбы являются протококковые водоросли, дрожжи, дафнии, энхитреиды, личинки тендипедид. Весьма желательно получение и других живых кормов, таких, как азотобактер, простейшие животные, коловратки.

Экспериментальные исследования в области получения живых кормов из числа гидробионтов ведутся в бетонных и деревянных чанах, в стеклянных аквариумах, под открытым небом и в помещениях. Теоретические основы разведения определяются в результате микробиологических, физиологических и трофологических исследований.

Опыты по массовому разведению протококковых водорослей ведутся по следующей схеме. Объекты разведения — сценедесмус, хлорелла — берутся из чистых культур. Лабораторные опыты ставятся в стеклянных аквариумах на специальных питательных средах, например, на среде Бенеке следующего состава:



В опытах испытываются различные концентрации азота: 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50 и 60 мг N на 1 л. В среду также добавляется железо — до 3 мг Fe на 1 л и поддерживается умеренное рН. Оптимальное освещение достигается с помощью неоновых ламп, погружаемых в воду.

В опытах под открытым небом, в различного типа бассейнах питательная среда для протококковых создается внесением минеральных удобрений — сульфата аммония и суперфосфата, причем получают те же концентрации азота и фосфора, что и при лабораторных условиях. Развивающиеся в бассейнах водоросли по несколько раз в день (особенно при ясной погоде) перемешиваются.

Исследования проводятся для разработки оптимальных режимов выращивания протококковых водорослей и для определения условий, исключаящих развитие других растительных организмов совместно с протококковыми.

Экспериментальные работы по разведению дафний ведутся в двух направлениях: 1) выращивание дафний в бассейнах вместе с бактериями и водорослями, служащими для них пищей, и 2) отдельное выращивание водорослей (по только что изложенной схеме), которые затем дают дафниям в качестве пищи.

При выращивании дафний по первому методу в бассейны вносятся различные удобрения — как органические (навоз), так и минеральные. Схема опытов здесь должна быть сходной с той, которую мы описали в главе 7, при обсуждении вопроса об удобрении водоемов.

Хорошие результаты дает также выращивание дафний на комплексных (органоминеральных) удобрениях.

Выращивание дафний на фоне органического удобрения производится следующим образом (по Г. И. Шпету): 1) подготовляются бочки, чаны или цементные бассейны; 2) производится наполнение бассейнов чистой водой до глубины 50—60 см; 3) проверяется, нет ли утечки (если есть, то она устраняется); 4) вносится удобрение (из расчета 1,5 кг свежего конского навоза на 1 м³ воды); 5) в тот же или следующий день из культуры вносятся дафнии в количестве 5—10 г на 1 м³ воды; 6) на 8—10-й день вносится вторая порция навоза (0,75 кг на 1 м³ воды); 7) на 18—21-й день (при теплой погоде) можно начать вылавливание дафний сачком для производственных целей; 8) для поддержания культуры на высоком уровне (до 1 кг дафний на 1 м³ воды) удобрение повторяется каждые 8—10 дней, а дафнии до конца не вылавливаются.

Данные по разведению дафний, внесению удобрений и по вылову заносятся в специальный журнал.

Опыты по массовому разведению других ракообразных можно ставить и в природных условиях. В весенних временных (эфемерных) водоемах бывает большое количество жаброногов и эстерий. В такие водоемы следует вносить минеральные азотно-фосфорные удобрения по нормам, применяемым для водоемов (см. гл. 8), через каждые 7 дней и производить систематические наблюдения над развитием, ростом и размножением ракообразных. При удачном течении опыта получаемую продукцию ракообразных можно отправлять на рыбопитомники и заводы, где разводят осетровых рыб.

Опыты по разведению тендипедид ведутся (по А. С. Константинову) в специальных помещениях, где обеспечиваются определенные условия температуры, влажности и освещенности. Экспериментируют с яйцами (кладками), личинками, куколками и взрослыми насекомыми (см. гл. 6).

Одновременно с опытами по разведению тендипедид и других беспозвоночных необходимо вести экспериментальную работу по хранению их в анабиотическом состоянии и перевозке в живом виде. Известно, что во многих местах СССР (в озерах Урала, на побережье Азовского и Черного морей и т. д.) имеются запасы личинок тендипедид, бокоплавов, олигохет и других беспозвоночных, не используемые рыбой и исчисляемые тысячами тонн. Если разработать способ их хранения и перевозки, то многие рыболовные учреждения будут избавлены от необходимости дорогостоящего разведения живых кормов.

Для выяснения этих вопросов проводится исследовательская работа следующего характера. Изучается перенесение голодания личинками тендипедид, бокоплавами пресноводными и солоноватоводными, живущими в зоне заплеска. Для этого подопытные животные держатся в благоприятных кислородных условиях в воде (или, соответственно, во влажном грунте) без пищи при разных температурах. Отмечается длительность перенесения голодания — от начала опыта до гибели отдельных экземпляров (которые сейчас же удаляются) и до массового отмирания. Далее изучается возможность и длительность существования подопытных животных без воды, во влажной обстановке при разных температурах; запись при этом делается в последовательности получения результатов. Одновременно изучается потеря воды организмом как при голодании, так и при хранении без воды.

Когда будут определены условия, при которых исследуемый вид может находиться длительное время без пищи с минимальным количеством воды, следует приступить к конструированию соответствующей посуды для транспортирования животных железнодорожным, водным или воздушным транспортом.

В первую очередь следует испытать в разных условиях изотермический ящик для перевозки живых животных, в котором и была осуществлена переброска из Азовского моря в Каспийское червя неренс. Ящик следует испытывать без применения оцинкованного железа, которое оказывает вредное влияние на многих водных животных.

Результаты исследовательской работы по перевозке живых кормов могут быть использованы и при проведении акклиматизационных мероприятий.

ПРОСТЕЙШИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГАЗООБМЕНА У ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ

Интенсивность газообмена, т. е. потребления кислорода и выделения углекислоты, различна у представителей различных систематических групп животных, она тесно связана с экологией, поведением, возрастом, размерами животного, а также с температурой воды, количеством кислорода в воде и т. д. Все эти обстоятельства принимаются во внимание, когда сравнивается интенсивность газообмена у разных животных.

Подопытные животные помещаются в респиратор на определенный промежуток времени (от 1 час. до суток). В качестве респиратора можно взять любой стеклянный сосуд, который может плотно закрываться, — банку с притертой пробкой, цилиндр с шлифованной стеклянной пластинкой, пикнометр; размер сосуда выбирается применительно к размерам подопытных животных.

Воду для опыта предпочтительно брать из того самого водоема, в котором собраны исследуемые животные. Вода фильтруется через плотный бумажный или предварительный мембранный фильтр и наливается в большой аквариум емкостью 10—15 л. Перед опытом вода аэрируется продуванием воздуха в течение 10—15 мин. После перемешивания воды стеклянной палочкой с помощью сифона берется проба воды для определения содержания в ней кислорода и углекислоты, а затем этим же сифоном наливается вода в респираторы. Все это делается с соблюдением определенной предосторожности: посуду перед наполнением споласкивают исследуемой водой, причем воду следует наливать плавно, не допуская образования пузырьков.

Животных, предназначенных для опыта, некоторое время держат в комнатной обстановке. Перед опытом их взвешивают и определяют их объем. В респиратор животных сажают после того, когда последний бывает заполнен водой до $\frac{3}{4}$ объема; затем его доливают водой до края сосуда и герметически закрывают так, чтобы под пробкой (или пластинкой) не осталось ни одного пузырька воздуха. Одновременно и в эти же условия ставится контрольный респиратор, без животных, для учета изменения количества кислорода и углекислоты под влиянием биохимических процессов.

Респираторы с животными, а также контрольный, помещают в большой аквариум с водой, который служит термостатом. Во время опыта респираторы несколько раз покачивают для перемешивания воды. Температура воды контролируется по термометру, опущенному в аквариум-термостат. По истечении времени опыта респираторы вынимаются из аквариума и из каждого из них берутся пробы воды на определение кислорода и углекислоты, которые производятся обычными для гидрохимии методами.

В тех случаях, когда при опытах пользуются очень маленькими респираторами, кислород и углекислоту можно определить микрометодами. Воду для анализа на кислород в таком случае берут шприц-пипеткой, которая известна в нескольких модификациях (рис. 85). Сущность работы шприц-пипетки состоит в засасывании воды и реактивов, требующихся при работе по методу Винклера. В шприц сначала втягивается небольшое количество $KJ + NaOH$, затем вода и второй реактив — $KMnO_4$. Через минуту после выпадения осадка в шприц подсасывается соляная кислота. Спустя 1—2 мин. после растворения осадка содержимое шприца выливается в сосудики объемом 5—10 мл с притертыми пробками, которые тарируются с максимальной точностью. Титрование производится из микробюретки раствором гипосульфита, в 10 раз более слабым, чем при обычном определении кислорода по методу Винклера.

Вычисление количества кислорода, которое потребили подопытные животные, производится для небольших животных в мил-

лиграммах на 1 г живого веса животного в течение 1 час., а для крупных животных — миллиграммах или граммах на 1 кг веса.

Вычисление ведется по следующей формуле:

$$Q_{O_2} = \frac{60 (n_1 - n_2)}{mt},$$

где Q_{O_2} — количество потребленного кислорода (в $мг/г \cdot час$), n_1 — количество кислорода (в $мг$) в данном объеме воды в респираторе, за вычетом объема подопытных животных (в $мг$), n_2 — количество кислорода в том же объеме после опыта (в $мг$), m — вес животных (в $г$), t — продолжительность опыта (в мин.).

Для вычисления количества углекислоты, выделенной подопытными животными, необходимо знать не только содержание свободной углекислоты и бикарбонатов, но и общее количество углекислоты в воде до и после опыта. Впрочем, следует иметь в виду, что при наличии в воде свободной углекислоты карбонатная углекислота отсутствует, и общее количество углекислоты определяется суммой свободной и бикарбонатной углекислот. Расчет углекислоты, выделенной подопытными животными, производится по следующей формуле:

$$Q_{CO_2} = \frac{60 (q_2 - q_1)}{mt},$$

где Q_{CO_2} — количество углекислоты (в $мг/г \cdot час$), q_1 — общее количество углекислоты до опыта в данном объеме воды (в $мг$), q_2 — то же после опыта, m — живой вес подопытных животных (в $г$), t — продолжительность опыта (в мин.).

Весь ход опыта по газообмену записывается на карточку, в

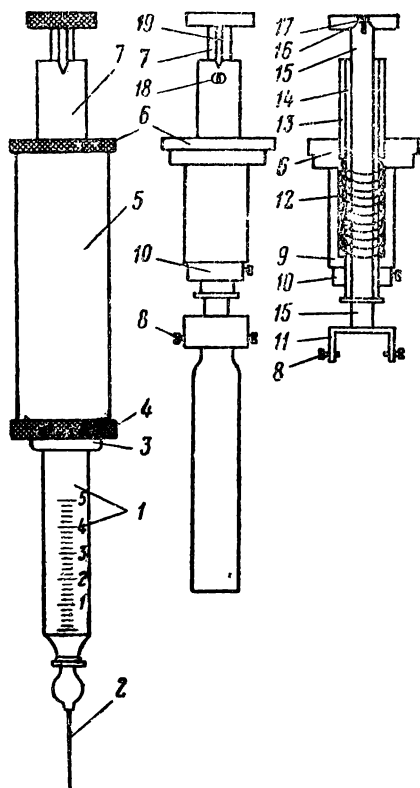


Рис. 85. Шприц-пипетка в модификации Константинова:

1 — стеклянный шприц, 2 — игла, 3 — разрезная коническая шайба, 4 — муфта, 5 — цилиндрическая коробка, 6 — верхняя крышка коробки, 7 — поршнедержатель, 8 — винт для крепления головки поршня, 9 — втулка, 10 — упор поршнедержателя, 11 — обжимная головка поршнедержателя, 12 — пружина, 13 — направляющий барабан, 14 — полая ось, 15 — шток поршнедержателя, 16 — головка штока, 17 — винт головки штока, 18 — винт, соединяющий полю ось с барабаном

(в $мг$), q_2 — то же после опыта, m — живой вес подопытных животных (в $г$), t — продолжительность опыта (в мин.).

конце которой производится расчисление требующихся величин: потребления кислорода, выделение углекислоты.

Результат деления количества потребленного кислорода на количество выделенной углекислоты представляет собою дыхательный коэффициент.

Форма записи опыта по газообмену у водных животных:

| | |
|--|--------------------------------|
| № опыта | Дата |
| Название подопытного животного | |
| Водоем и станция | Дата сбора |
| Количество особей | Объем подопытных особей |
| Общий вес | Средний вес 1 особи |
| № респиратора | Начало опыта |
| Температура воды | Конец опыта |
| Объем воды (за вычетом объема животных) | Продолжительность опыта (мин.) |
| Количество кислорода (с поправкой на биохимическое потребление) до опыта | после опыта |
| Количество углекислоты свободной — до опыта | после опыта |
| бикарбонатной — до опыта | после опыта |
| карбонатной — до опыта | после опыта |
| общей — до опыта | после опыта |
| Расчисление | |
| Общий расход O_2 | Потребление O_2 |
| Общая продукция углекислоты | Выделение CO_2 |
| Дыхательный коэффициент | |

Подпись экспериментатора

ПРОСТЕЙШИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ У РЫБ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

У водных животных осмотическое давление играет большую роль в обмене веществ между организмом и внешней средой. Изучение осмотического давления и осморегуляции имеет особое значение при проведении работ по акклиматизации морских, солоноватоводных и отчасти пресноводных животных.

При гидробиологических исследованиях пользуются косвенными методами определения осмотического давления. Один из таких методов — криоскопический — основан на зависимости, существующей между осмотическим давлением раствора и понижением точки замерзания. Имеются и другие методы, из которых мы отметим плазмометрический.

Пробы внутренней среды у животных (кровь рыб, внутренностная жидкость беспозвоночных) берутся с соблюдением чистоты различными способами. При взятии крови у рыб стараются делать это при возможно низкой температуре, чтобы не вызвать свертывания крови. Пользуются также синантрином (в концентрации 1:1000), который предохраняет кровь от свертывания и в то же время не изменяет осмотического давления крови. Для взятия крови применяют стеклянные канюли с резиновой трубкой и стеклянным наконечником, через который насосывают кровь ртом (рис. 86). Для взятия крови из сердца или хвостовой артерии рыбу помещают в специальный станок, вскрывают полость тела, разрезают перикардий или обнажают

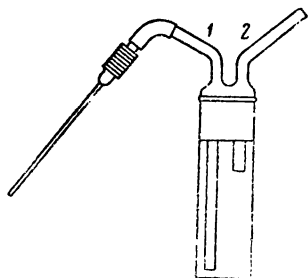


Рис. 86. Стеклянная канюля для взятия крови:

1 — длинная трубка, 2 — короткая трубка

требующиеся сосуды и прокалывают желудочек сердца или нужный сосуд острием канюли или иглой шприца (рис. 87). Тщательно наблюдают, чтобы в канюлю не попало ни капли воды. Взятую пробу крови из канюли переливают в стеклянные

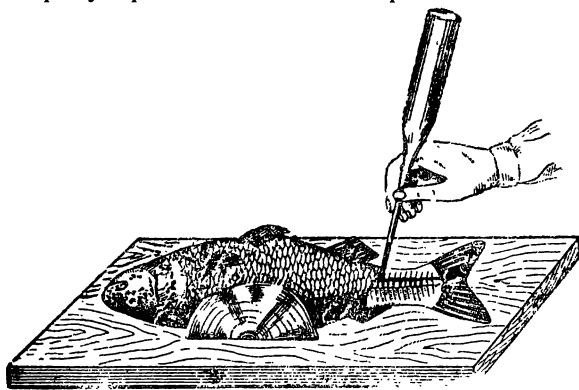


Рис. 87. Станок для взятия крови у рыбы

пробирки, внутренняя поверхность которых чисто моется и парафинируется. Затем кровь центрифугируется для осаждения форменных элементов и нитей фибрина. Сыворотка сливается в пробирку криоскопа.

У беспозвоночных животных внутренностная жидкость (кровь, гемолимфа, гидролимфа) берется канюлей, которая изготавливается из тонкостенной стеклянной трубки. Жидкость берется или путем прокола стенки тела, или после вскрытия полости тела. В большинстве случаев удается взять весьма малое

количество жидкости. Из канюли жидкость переливается в маленькую парафинированную пробирку и центрифугируется для осаждения взвесей. Прозрачная часть пробы идет для определения осмотического давления одним из микроскопических методов.

В простейших случаях для характеристики осмотических свойств жидкости определяют криоскопическую точку; величину осмотического давления не вычисляют.

Если имеется возможность получить исследуемую жидкость в большом количестве (10—20 мл для каждого определения), то пользуются методом Бекмана. В других случаях пользуются микрокриоскопическими методами.

Для работы по методу Бекмана применяются одноименные термометр и криоскоп. Термометр Бекмана имеет длинную шкалу и большой ртутный шарик. Точность отсчета по шкале может достигать $0,002^\circ$. Положение нуля на шкале условно: с помощью особого приспособления его можно сделать соответствующим любой требующейся температуре. В верхней части термометра имеется запасной резервуар для регулирования количества ртути в трубке.

Для определения криоскопической точки исследуемой жидкости ртуть в термометре устанавливается так, чтобы точка замерзания воды (0°) находилась на $3-4^\circ$ выше нуля шкалы. Для этого сначала делают приблизительную установку термометра, а затем точно определяют на шкале точку замерзания чистой воды. Чтобы сделать приблизительную установку, нижнюю часть термометра с ртутным шариком погружают в воду с чистым тающим льдом и следят за положением ртутного столбика, добиваясь, чтобы он остановился где-нибудь посередине шкалы. Это достигается перемещением ртути в верхний резервуар или, наоборот, перегонкой из него ртути в ртутный шарик. Точное определение положения нуля на шкале термометра делается с помощью криоскопа Бекмана.

Криоскоп Бекмана состоит из сосуда для охлаждающей смеси, сосуда для испытуемой жидкости и воздушной муфты. Сосуд для испытуемой жидкости представляет собою широкую пробирку емкостью до 15—20 мл с боковой трубкой. В пробке сосуда пропускается термометр Бекмана и укрепляется эбонитовая или стеклянная мешалка. Воздушная муфта для равномерного охлаждения воздуха укрепляется в крышке прибора, где монтируется также вторая мешалка, служащая для перемешивания охлаждающей смеси. Последняя получается смешением трех частей льда с одной частью поваренной соли.

Чтобы сделать точное определение нулю термометра Бекмана, в сосуд для испытуемой жидкости наливают 10—15 мл бидистиллированной воды, вставляют термометр Бекмана и мешалку, укрепляют сосуд в воздушной муфте и собирают весь прибор, причем в сосуд для охлаждающей смеси эта последняя

кладется заблаговременно. Воду в сосуде для испытуемой жидкости непрерывно перемешивают мешалкой и в то же время следят за положением ртутного столбика для того, чтобы определить температуру, которую показывает термометр Бекмана в момент замерзания воды. Это делается в тот момент, когда ртуть после равномерного опускания на миг останавливается. Определение делается в 3—4 повторностях, причем каждый раз берется новая порция воды, а затем определяют среднюю величину.

Определение криоскопической точки исследуемой жидкости (например, крови) ведется точно так же, как только что описанное определение точки замерзания чистой воды. Определение делается в 2—3 повторностях и вычисляется среднее. Полученная величина вычитается из средней температуры замерзания бидистиллированной воды, что и дает Δ исследуемой жидкости.

Поясним ход работы примером (по Е. А. Веселову). Показания термометра по замерзанию бидистиллированной воды: 1-й опыт $2,098^\circ$, 2-й опыт $2,095^\circ$, 3-й опыт $2,099^\circ$; отсюда средняя $2,097^\circ$. Показания термометра точки замерзания исследуемой жидкости (раствор глюкозы): 1-й опыт $0,920^\circ$, 2-й опыт $0,918^\circ$, 3-й опыт $0,917^\circ$; средняя $0,918^\circ$ Δ раствора = $2,097 - 0,918 = 1,179^\circ$.

Остановимся на принципе микрокриоскопического метода. Испытуемую жидкость в количестве около 1 мм^3 помещают в длинный, запаянный с одного конца стеклянный капилляр и замораживают. Затем капилляр с замороженной жидкостью прикрепляют к шартику термометра Бекмана и погружают в охлажденную глицериновую ванну. Наблюдая за таянием пробы, отмечаем температуру в ванне в тот момент, когда исчезает последний кристаллик льда. Эта температура и соответствует криоскопической точке исследуемой жидкости. Для этой работы удобно пользоваться микрокриоскопом Веселова.

Прибор Веселова состоит из микрокриоскопа, холодильника и электрического моторчика с мешалкой. Основной частью микрокриоскопа является стеклянный криостат, состоящий из двух вложенных один в другой стеклянных цилиндров. Цилиндры плотно прикрыты сверху эбонитовой крышкой, на которой смонтированы все другие части микрокриоскопа. Внутренний цилиндр при помощи стеклянных и каучуковых трубок соединяется с холодильником, откуда поступает жидкий охладитель. В центре крышки укреплен термометр Бекмана и сбоку — обычный термометр со шкалой до $-10, -15^\circ\text{C}$. Полукругом около термометра Бекмана располагаются отверстия для проб испытуемой жидкости, последние должны соприкасаться с ртутным шариком термометра. На крышке также укреплена стеклянная воронка, через которую можно вливать жидкость комнатной температуры для разбавления охладительной жидкости. Потееющие стенки внутреннего цилиндра вытирают тряпочкой, намотанной на проволоку.

В качестве охладителя применяется 50-процентный раствор хлористого кальция.

Мешалка прибора служит для равномерного изменения температуры охладителя в сосуде криоскопа; она двигается вверх и вниз (приводом от небольшого электрического мотора); скорость движения регулируется реостатом. Мешалка изготавливается из стеклянной или эбонитовой палочки и имеет кольцеобразную форму.

Холодильник для предварительного охлаждения раствора хлористого кальция состоит из деревянного наружного и металлического внутреннего ящиков и стеклянной бутылки емкостью до 2—2,5 л с широким горлышком. В крышке деревянного ящика три отверстия — два из них закрываются корковыми пробками, третье служит для пропуска горла стеклянной бутылки. Дно, стенки и крышка ящика обиваются двойным слоем войлока. В пробке бутылки пропущены две стеклянные трубки: одна, короткая — соединена с резиновой грушей для накачивания воздуха, другая — длинная — доходит до дна бутылки и соединяется каучуковой трубкой с криоскопом. Цинковый ящик перед началом работы наполняется толченым льдом, смешанным с поваренной солью.

Капилляры для проб оттягивают из тонкостенной стеклянной трубки диаметром 0,3—0,5 см. Исследуемой жидкостью они наполняются следующим образом. Отламывают кончик запаянного капилляра и из пробирочки, где хранится жидкость, набирают столбик высотой около 0,5—1,0 см. Затем трубку с капилляром, повернутым вверх, встряхивают до тех пор, пока столбик жидкости не разобьется на мелкие столбики в 1—1,5 мм, которые потряхиванием перемещаются к середине капилляра. После этого кончик капилляра запаивается на спиртовке. Капилляры замораживаются в охладительной смеси и хранятся в холодильнике до начала определения криоскопической точки.

При наблюдении за таянием пробы (льда в капилляре) пользуются ручной лупой большого диаметра. Точные результаты получаются в тех случаях, когда объем столбика льда, за которым ведется наблюдение, не превышает 1 мм³, а его длина не превышает диаметр капилляра. Точность определения в микрокриоскопе Веселова около 0,02°.

ЛИТЕРАТУРА

Агафонов Б. М., 1956. Некоторые лабораторные опыты по биологической дезактивации воды. Тезисы докл. конфер. мед. раб. Гигиенич. секция.

Агафонов Б. М., Долгих Т. И., Савченко М. И., Тимофеев-Ресовский Н. В., 1957. Распределение рассеянных элементов по компонентам водоема. IV. Опыты в сериях слабопроточных бачков по распределению между различными компонентами водоема стронция, иттрия, рутения, церия, цезия и смеси из различных бетаизлучателей. «Сб. работ лабор. биофиз.», УФАН, 2.

- Беляев Г. М., 1950. Осморегулярные способности низших ракообразных материковых водоемов. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., II.
- Беляев Г. М., 1951. Осмотическое давление полостной жидкости водных беспозвоночных в водоемах различной солености. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., III.
- Бодрова Н. В. и Краюхин Б. В., 1952. Интенсивность газообмена у некоторых ракообразных и моллюсков Днестровского лимана. Докл. АН УССР, 3.
- Брагинский Л. П., 1957. Интенсивность дыхания и кислородный порог некоторых каспийских перакарид из черноморских лиманов. «Зоол. журн.», т. XXXVI, вып. 4.
- Веселов Е. А., 1959. Биологические тесты при санитарно-биологическом изучении водоемов. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 2.
- Веселов Е. А., 1959. Методы изучения газообмена рыб и водных беспозвоночных. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 2.
- Веселов Е. А., 1959. Методы изучения осморегуляции у рыб и водных беспозвоночных. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 2.
- Винберг Г. Г., 1950. Интенсивность дыхания и размеры ракообразных. «Журн. общ. биол.», 10.
- Винберг Г. Г., Годнев Т. Н. и Гапоненко В. И., 1955. Опыт применения радиоизотопа фосфора при изучении удобрения прудов. «Докл. АН СССР». Т. С. № 3.
- Гаевская Н. С., 1939. Прибор для изучения питания водных животных (дворики). «Зоол. журн.», т. XVIII, вып. 6.
- Гаевская Н. С., 1940. О методах выращивания живого корма для рыб. Тр. Моск. техн. ин-та рыбн. пром. и хоз., 3.
- Гаевская Н. С., 1953. Выращивание массовых культур протококковых водорослей для рыбного хозяйства. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., V
- Гаевская Н. С., 1955. Выращивание массовых культур протококковых водорослей при неоновых лампах, погруженных в культуру. «Бюлл. Моск. об-ва испытат. природы», отд. биологии, т. 2.
- Горюнова С. В., 1956. Техника применения метода люминисцентной микроскопии для гидробиологических исследований. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 1.
- Жадин В. И., Родина А. Г., Трошин А. С., 1957. Изучение биологической продуктивности водоемов с помощью радиоизотопов. Тезисы докл. Конфер. по применению радиоакт. и стабильных изотопов в народном хоз. и науке.
- Константинов А. С., 1951. О разведении личинок хирономид как корма искусственно выращиваемой молодежи рыб. Тр. Саратовского отд. ВНИРО, I.
- Константинов А. С., 1956. К методике изучения дыхания водных беспозвоночных. Тр. Саратовского отд. ВНИОРХ, 4.
- Краюхин Б. В., 1951. Интенсивность газообмена у мизид Днестровского лимана. Докл. АН УССР, 4.
- Кузнецов В. В., 1946. Питание и рост растениеядных морских беспозвоночных Восточного Мурмана. Изв. АН СССР, серия биол., т. 4.
- Никитинский Я. Я., 1930. *Stigeoclonium tenue* Kg. Морфология, физиология и экология водоросли в чистой культуре. Тр. ин-та сооружений, 4.
- Родина А. Г., 1950. Экспериментальное исследование питания дафний. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., II.
- Родина А. Г., 1957. Возможность использования метода меченых атомов для решения вопроса о выборности пищи у водных животных. «Зоол. журн.», т. XXXVI, вып. 3.
- Родина А. Г. и Трошин А. С., 1954. Применение меченых атомов в изучении питания водных животных. «Докл. АН СССР», т. XCVIII, № 4.
- Скадовский С. Н., 1948. К вопросу об эколого-физиологическом изучении водных животных. «Памяти акад. С. А. Зернова». Изд. АН СССР,

- Сушкина А. П., 1949. Питание и рост некоторых брюхоногих моллюсков. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., 1.
- Тимофеев-Ресовский Н. В., 1957. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии. «Ботанич. журн.», 2.
- Тимофеева-Ресовская Е. А., 1957. Почвенно-биологическая дезактивация воды в прудах-отстойниках. «Бюлл. Моск. об-ва испытат. природы», отд. биологич., т. I.
- Трошин А. С., 1956. Метод радиоактивных индикаторов и его применение в гидробиологии. Жизнь пресн. вод СССР, IV, 1.
- Флоркэн М. Ф., 1947. Биохимическая эволюция. Изд. ИЛ.
- Шпет Г. И., 1950. Разведение дафний как живого корма в рыбоводстве. Тр. Н.-И. ин-та прудов. и озерно-речн. рыбн. хоз., 7.
- Щербakov А. П., 1935. О поглощении кислорода некоторыми ракообразными. Тр. лимнол. ст. в Косине, 19.
- Foster R. T. and Davis J. J. 1955. The accumulation of radioactive substances in aquatic forms. Proc. Intern. Conf. on the peac. uses of atomic energy, 13.
- Galtsoff P. S., 1937. Culture methods for invertebrate animals. Ithaca.
- Hayes F. R., 1952. On the kinetics of phosphorus exchange in lakes. Journ. Ecol., 40, 1.
- Hayes F. R. and Coffin C. C., 1951. Radioactive phosphorus and exchange of lake nutrients. Endeavor, 10.
- Krogh A., 1939. Osmotic regulation in aquatic animals. London.
- Lund J. W., 1950. Studies on *Asterionella formosa*. Journ. Ecol., 38.
- Spooker G. M., 1949. Observations on the absorption of radioactive strontium and ittrium by marine algae. J. Mar. Biol. Ass. 28.
- Yoshii Giishi, Watabe Norimitsu, Okada Yaichiro, 1956. Biological decontamination of fission products. Science, 124.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|-----------------------|---|
| Предисловие | 3 |
|-----------------------|---|

Глава первая

Общие замечания

| | |
|--|----|
| Задачи гидробиологии | 5 |
| Составные части гидробиологического исследования | 20 |
| Литература | 30 |

Глава вторая

Методы сбора бентоса

| | |
|--|----|
| Орудия качественного сбора | 33 |
| Орудия количественного сбора | 38 |
| Гидрологические наблюдения, сопутствующие изучению бентоса | 49 |
| Особенности работы в разных водоемах | 52 |
| Литература | 54 |

Глава третья

Методы обработки бентоса

| | |
|---|----|
| Промывка, выборка и фиксация материала | 57 |
| Разборка, счет, взвешивание и определение материала. Запись результатов | 60 |
| Обработка записей и изображение результатов исследования | 64 |
| Литература | 71 |

Глава четвертая

Методы сбора планктона

| | |
|--|----|
| Орудия для качественного сбора | 73 |
| Орудия для количественного сбора и методы работы с ними | 77 |
| Гидрологические наблюдения, сопутствующие изучению планктона | 91 |
| Особенности работы на разных водоемах | 93 |
| Литература | 96 |

Глава пятая

Методы обработки планктона

| | |
|---|----|
| Консервирование и этикетировка планктонных проб | 97 |
| Качественная обработка и разборка проб | 99 |

| | |
|--|-----|
| Количественная обработка — счет, определение объема, взвешивание, хлорофилловый метод | 100 |
| Обработка записей и оформление результатов исследования | 108 |
| Литература | 112 |

Глава шестая

Методы биологического анализа популяций

| | |
|---|-----|
| Скорость размножения бактерий и водорослей | 114 |
| Сезонные циклы развития водорослей | 116 |
| Фенологические наблюдения над высшей водной растительностью | 119 |
| Биологические циклы морских и пресноводных беспозвоночных | 121 |
| Литература | 132 |

Глава седьмая

Изучение состава пищи рыб

| | |
|--|-----|
| Сбор материала | 133 |
| Обработка материала | 136 |
| Обработка записей и изображение результатов исследования | 139 |
| Определение величины суточного рациона рыб | 144 |
| Литература | 148 |

Глава восьмая

Полевые экспериментальные исследования

| | |
|--|-----|
| Методы изучения интенсивности фотосинтеза | 149 |
| Метод гидробиологической производительности | 158 |
| Изучение вопросов удобрения водоемов | 161 |
| Наблюдения за выеданием планктона и бентоса рыбами | 163 |
| Литература | 165 |

Глава девятая

Экспериментальные исследования в лаборатории

| | |
|--|-----|
| Метод меченых атомов | 167 |
| Исследование питания водных беспозвоночных | 173 |
| Разведение живых кормов | 178 |
| Простейшие методы изучения газообмена у водных животных | 180 |
| Простейшие методы изучения осмотического давления у рыб и беспозвоночных | 183 |
| Литература | 187 |

Владимир Иванович Жадин
МЕТОДЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ

Редактор *Н. М. Передельская*
Редактор издательства *К. Г. Парсаданова*
Техн. редактор *В. А. Мурашова*

Подписано к печати 7/VII—60 г. Т—06497.

Формат 60×92¹/₁₆. Печ. листов — 12.

Уч.-изд. листов — 12,45. Тираж 2000 экз.

Цена 5р. 25 к. Новая цена с 1/1 1961 г. — 53 к.

Государственное издательство «Высшая школа».

Москва, Б-62, Подсосенский пер., 20.

Тип. изд-ва «Высшая школа», Неглинная, 29/14. Зак. 9