

ПРОВ 2010

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОТДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2, Том IX

№ 3, Т-9

(Отдельный оттиск)

Алексеева К.Г., Занка В.Е.,
Ивлева И.В. и др.

Энергетические аспекты
роста...

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ — 1973

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РОСТА И ОБМЕНА ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ

Симпозиум состоялся в Севастополе 9—11 октября 1972 г. в Институте биологии южных морей АН УССР. За последние 12 лет это третье Всесоюзное совещание по проблемам биоэнергетики. Большую роль в формировании биоэнергетического подхода в экологической физиологии водных животных и гидробиологии сыграл проф. В. С. Ивлев.

В работе симпозиума приняли участие ученые (около 150 чел.) из 26 городов Советского Союза. Состоялось семь заседаний.

На первом пленарном заседании ряд сообщений был посвящен особенностям роста различных водных животных и анализу роста с помощью математических моделей. О. В. Левина (Киев) показала, что весной рост моллюска *Limnaea* удовлетворительно описывается уравнением Берта-ланфи, и это согласуется с материалами по росту моллюсков четырех семейств, представленными А. Ф. Алимовым (Ленинград). Последний уравнение роста усложнил так, что оно отражает влияние суммы эффективных температур как на скорость роста, так и на максимальные размеры моллюсков. Н. П. Макарова (Севастополь) провела анализ закономерностей роста копепода при последовательных линьках, основываясь на статистической обработке данных по 50 видам. В. Л. Андреевым и В. В. Ивженко (Владивосток) предложен математический метод выявления компенсационного роста у рыб; Ю. С. Сергеев (Калининград) рекомендовал упрощенный алгоритм расчета продукционных и энергетических показателей рыб применительно к практике ихтиологов и рыбо-водов.

А. И. Зотин и В. А. Грудницкий (Москва) изложили принципы термодинамического подхода к анализу роста и показали его приложение к описанию теплопродукции в ходе роста рыб. В. А. Межжерин и А. А. Дюльдин (Киев) поставили на обсуждение малоисследованные вопросы биоэнергетики — принцип аллометрической инвариантности, теорию альтернативных процессов, возможные обобщающие показатели метаболизма. Г. Е. Шульман (Севастополь)

показал, что рост рыб складывается из двух процессов — белкового роста и жиронакопления, которые в одних случаях сопряжены, в других — разнонаправленны; поэтому при анализе роста важно знать, какими процессами он определяется.

На секционном заседании, посвященном вопросам питания и энергетического баланса водных животных, особое внимание было обращено на методические вопросы. В этом плане представляло интерес сообщение Е. А. Цихон-Луканиной (Москва) о новом методе определения рационов водных беспозвоночных в природных условиях — с использованием данных о количестве неусвоенной пищи животными и скорости переваривания. При этом показано, что зависимость количества выделенной непереваренной пищи от веса тела животных, описывается тем же степенным уравнением, что и количество съеденной.

Очень важной задачей в настоящее время следует считать выявление зависимостей уровней рационов, трат на энергетический обмен, скорости и эффективности роста, усвояемости, как и прочих элементов баланса, от окружающих условий в водоеме и в экспериментах. Поэтому, наряду с исследованиями, касающимися определения общих закономерностей питания, роста и энергетического баланса животных, на заседании обсуждались работы по воздействию разных факторов среды на элементы баланса. В ряде сообщений (Г. А. Финенко, Т. В. Павловская, Г. И. Аболмасова; Н. В. Миронова; И. А. Кузнецова; Т. С. Петипа, А. В. Монаков, А. П. Павлютин и Ю. И. Сорокин; В. Е. Заика; Е. Б. Маккавеева и др.) представлены материалы по определению элементов пищевого баланса животных в разных условиях и сравнительной оценке результатов. Особое внимание уделено зависимости элементов баланса и коэффициентов использования вещества и энергии на рост у водных беспозвоночных от концентрации пищи.

В настоящее время начинают широко разворачиваться исследования по определению роли растворенного органического вещества и детрита в энергетическом балансе

животных. Этот вопрос очень важен, т. к. содержание растворенной органики и детрита в морях и пресных водоемах велико, а их роль в жизни организмов не ясна. На заседании этот вопрос подвергся бурному обсуждению. В ряде докладов (В. Е. Ерохин — Севастополь, В. И. Холодов, В. В. Сивцов, И. И. Чербаджи — Дальние Зеленцы) дана оценка роли внешних метаболитов водорослей в энергетическом балансе четырех видов планктонных и донных беспозвоночных. Показано, что внешние метаболиты могут играть довольно большую роль в пищевом бюджете беспозвоночных, покрывая от 3 до 50% трат на энергетический обмен.

Интересен также пункт программы заседания о показателях обеспеченности пищей водных животных, в частности рыб. О. И. Кудринская (Киев) предлагает судить об обеспеченности рыб пищей по соотношению фактических рационов теоретическим, определенным методом энергетического баланса, Г. И. Мельничук (Киев) — по компенсации кормом пищевых расходов на рост рыб. Последний приходит к выводу, что скорость роста рыб в водоемах прямо зависит от концентрации пищи. У исследователей этой проблемы имеются серьезные разногласия. Одни считают, что в естественных условиях, в морях, рыбы и другие беспозвоночные полностью обеспечены пищей, и их выживаемость определяется иными факторами. Согласно другим — выживаемость зависит главным образом от количества пищи. До сих пор еще не ясно, что же понимать под термином «обеспеченность пищей».

На секции «Энергетический обмен водных животных» сообщены материалы, показывающие различия в уровнях энергетического обмена у животных разного систематического положения и различных экологических групп. Показаны уровни обмена четырех групп пресноводных червей (Л. В. Камлюк, Минск), трех видов инфузорий (Т. В. Хлебович, Ленинград), выявлены различия в уровнях обмена у трех экологических группировок тропических рыб — пелагических, коралловых и донных (Н. Я. Липская, Москва), проведено сравнение уровней обмена холодноводных и тепловодных рыб (В. И. Чекунова, Москва). З. А. Романовой (Севастополь) представлены материалы, на основании которых можно оценить энергетические траты на дыхание в процессе эмбриогенеза у двух видов идотей, А. К. Виноградовым (Одесса) — то же для черноморского бычка с момента оплодотворения икры до резорбции желточного мешка.

Особый интерес вызвали данные по величине дыхания водных животных, полученные в условиях, приближающихся к естественным, что позволяет подойти к оценке величин энергетического обмена при активности, свойственной данному виду в водоеме. Сравниваются уровни обмена у североамериканского полосатого окуня при садковом, лотковом и прудовом выращи-

вании в условиях Черного моря (Е. П. Сказкина — Керчь), определено потребление кислорода массовыми обитателями сублиторали Баренцева моря в природных условиях с помощью водолазной техники, обнаружены сезонные изменения в интенсивности их обмена (М. В. Пропп, В. И. Рябушко — Дальние Зеленцы). Показаны минимальные и максимальные величины энергетического обмена у планктонных животных из Мексиканского залива, причем уровень обмена, близкий к максимально возможному, оказался в пять раз выше стандартного (Л. Н. Грузов — Калининград). Найдена зависимость интенсивности обмена от степени подвижности животных в опытных сосудах, которая во многих случаях отличалась от подвижности тех же планктантов в море; увеличение объема сосуда приводило к значительно повышению интенсивности стандартного обмена (от двух до восьми раз). Рассчитаны возможные траты на дыхание в планктонном сообществе Ионического моря в летний период (Е. В. Павлова — Севастополь).

Значительное число докладов, заслушанных на той же секции, было посвящено влиянию факторов внешней среды на скорость роста, дыхания и питания животных. Обсуждены вопросы, касающиеся общих закономерностей изменения скоростей процессов у водных беспозвоночных животных и рыб, в связи с их адаптацией к жизни в разных температурных условиях. Изменение скоростей обмена под влиянием температуры могут быть удовлетворительно описаны функцией Аррениуса. Это было продемонстрировано в докладе Ю. С. Аликина (Новосибирск) на примере выделения углекислоты тремя видами байкальских рыб. Та же закономерность установлена И. В. Ивлевой (Севастополь) при анализе скоростей дыхания многих видов ракообразных, моллюсков, червей и кишечнополостных, обитающих в Мировом океане.

Г. Л. Шкорбатовым, И. Е. Губиным и В. Ф. Дмитриенко (Харьков) отмечено влияние срока акклимации к разным температурам на интенсивность энергетического обмена в митохондриях мышц карпа.

Ускоряющее влияние температуры на рост и обмен донных беспозвоночных, обитающих в водоемах-охладителях ТЭЦ, обсуждено в докладе Л. А. Китицкой (Киев). Я. М. Цукерзис, И. А. Шаштокас и Л. А. Терентьев (Вильнюс) представили данные, характеризующие рост и развитие молоди широкопалого рака в зимних условиях при низкой и высокой температуре.

Интересны результаты математической интерпретации экспериментальных данных по изменению скоростей питания рыб, происходящих под влиянием температуры, доложенные В. А. Рекубретским (Москва).

Г. А. Печень-Финенко (Севастополь) и А. П. Остапеня (Минск) представили весьма важные данные, характеризующие особенности трансформации вещества и энергии популяцией *Eudiaptomus*, обитающей

при низких температурах. В этих условиях рачки обладали способностью интенсивно питаться, у них обнаружена высокая степень использования пищи на рост.

В докладе Н. М. Крючковой (Минск) отмечено влияние разных трофических условий на скорость роста некоторых видов ветвистоусых рачков. Установлено, что данный фактор не лимитирует скорости обмена. Влияние же кислородных условий среды анализировалось лишь в одном сообщении М. В. Гулидова (Москва), представившего весьма обстоятельные и интересные материалы, характеризующие особенности роста и дыхания зародышей щуки, инкубируемых при различных концентрациях кислорода.

Большое количество докладов заслушано на секции «Формы аккумуляции и пути использования энергии у водных животных». С. А. Горомосова (Севастополь) показала связь между содержанием у различных моллюсков, ракообразных и червей жира и гликогена и уровнем функциональной активности видов. В. Н. Туркевич (Львов) установил зависимость между уровнем глюкозы в жидкости мантийной полости моллюсков и степенью их зараженности паразитами. А. З. Шапиро и А. Н. Бобкова (Севастополь) подробно исследовали пути гликолиза в мышцах разных видов моллюсков. Ряд сообщений касался физиологической химии развития гонад и икры у рыб — Р. И. Гош, В. Н. Жуковский и Н. Н. Петрунь (Киев); Н. Д. Озернюк (Москва), А. В. Чепурнов (Севастополь).

В. В. Ипатов (Рига) рассмотрел влияние обеспеченности рыб кормом на содержание белков и липопротеидов в сыворотке трески. Г. В. Кудрявцева и Н. В. Савина (Ленинград) исследовали биохимические характеристики митохондрий сердца и соматической мышцы миноги. Н. Е. Лебедева и А. Б. Бурлаков (Москва) проследили биохимические изменения в организме балтийского лосося в период смолтификации. Е. И. Лизенко, В. С. Сидоров, О. И. Потапова и З. А. Нефедова (Петрозаводск) представили обширные материалы по сезонным изменениям липидного состава крупной ряпушки озер Карелии. Т. А. Шерстнева (Ленинград) выявила различия в содержании гликогена в красных и белых мышцах рыб.

Секция «Биохимические показатели роста и дифференцировки у водных животных» объединила доклады, посвященные разным аспектам весового и дифференциального роста рыб и беспозвоночных. Доклад И. Н. Остроумовой (Ленинград) освещал использование белка корма на рост радужной форели в зависимости от энерго-протеинового отношения в рационах. Л. А. Тимошина (Ленинград) сообщила о результатах исследований степени дефицитности аминокислот в кормах по содержанию их в сыворотке крови радужной форели. Интересные результаты исследований темпов роста и некоторых особен-

ностей обмена веществ у сазана по показателям крови привел О. П. Попов (Астрахань). Доклад А. Б. Бурлакова и Н. Е. Лебедевой (Москва), не связанный непосредственно с анализом роста, содержал очень интересные данные о динамике водорастворимых белков некоторых тканей гольяна в течение годового цикла.

Материалы К. М. Хайлова и В. Е. Ерохина (Севастополь), В. А. Вайчулис и В. И. Холодова (Дальние Зеленцы) касались разных аспектов прямого использования на пластический обмен и дифференциальный рост беспозвоночных углерода пищи, находящейся в разном физическом состоянии (растворенное и взвешенное органическое вещество), а также химически разных форм растворенной пищи. Были проанализированы зависимости удельных скоростей накопления взрослыми беспозвоночными и личинками разных органических метаболитов от их концентрации в воде, выявлены существенные различия в накоплении углерода твердой пищи и растворенной, а также в его распределении между растущими организмами морских ежей и звезд, показаны особенности включения углерода твердой и растворенной пищи в биосинтез беспозвоночных. Доклад О. А. Пястоловой (Свердловск) посвящен новым данным о влиянии внешних метаболитов четырех видов лягушек на их рост, метаморфоз и энергетический обмен, вскрыта видовая специфичность реакции ингибирования роста метаболитами, ее зависимость от температуры. Г. И. Ковалева, А. М. Котов и Н. М. Диасамидзе (Батуми) рассказали о результатах работы по выяснению влияния нефти на углеводный обмен рыб и моллюсков.

На втором пленарном заседании обсуждалась проблема физиологии и биохимии активного обмена у водных животных. В серии докладов В. Ю. Матюхин, В. Н. Турецкий, А. Я. Столбов, Ю. С. Аликин, Э. З. Мамлеев (Новосибирск) изложили результаты комплексного изучения биохимических и гидродинамических характеристик при плавании рыб в биогидродинамическом респирометре. В представленных материалах обсуждались зависимости (выражающиеся степенными уравнениями) между скоростями: потребления кислорода, выделения углекислоты и плавания байкальских рыб при разных температурах. Температура влияет на интенсивность обменных процессов только при небольших скоростях плавания. При достижении определенных скоростей (выше 70—80 см/сек) энерготраты на движение не зависят от температуры среды. На основании обобщения данных, полученных указанной группой исследователей, рассчитаны различные значения КПД при определенных скоростях плавания байкальских рыб. КПД рассматривается как отношение полезно затраченной механической мощности ко всей израсходованной энергии при движении в потоке.

Заслуживает внимания интересное сообщение В. А. Долинина (Новосибирск), в котором автор на основании исследований дыхательной функции жабр предлагает определять максимальные энергетические возможности рыб, базируясь не на принудительных плавательных нагрузках, а в состоянии мышечного покоя, при изменении концентрации кислорода в окружающей среде. Такой подход к решению вопроса дает возможность оценить энерготраты и доступные скорости плавания у мало-подвижных и «бросковых» рыб, которых в силу их экологических или физиологических особенностей невозможно «заставить» плыть в гидродинамических стендах.

В докладах Л. Б. Кляшторина и А. А. Яржмбека (Москва) обсуждались вопросы методики, терминологии и техники расчетов активного обмена. Авторами представлена схема респирометрической установки для длительных исследований с круговым током воды и непрерывной записью потребления O_2 при различных скоростях плавания рыб. Приведены результаты хронометражных определений скоростей и режимов спонтанных движений тилапий и карпа в больших аквариумах в покое и при пищевой и нерестовой активности. К. Д. Алексеева (Севастополь), основываясь на измерениях величин энергозатрат, спонтанной активности и скоростей движения рыб, дала сравнительную оценку уровней энергетического обмена у молоди рыб с различной функциональной активностью и экологией. Для этой цели сконструированы специальные плоские респирометры, позволяющие проводить киносъемку естественных скоростей горизонтального плавания мальков. Показано, что общий уровень обмена у молоди угря значительно ниже, чем у молоди кефали и барабули. Об активном обмене у водных беспозвоночных сообщалось в двух докладах: С. Г. Африкова (Севастополь) дает оценку энергетических трат во время суточных миграций псевдокалянуса по расходу жира. Г. Н. Миронов (Севастополь) попытался определить энерготраты у медуз по совершаемой работе, измерив частоту сокращений колокола, длину пути, проходимого за одно сокращение, и силу тяги медузы.

Группа докладов касалась биохимических механизмов плавания рыб. В обширных сообщениях А. Л. Морозовой и Л. П. Астаховой, а также В. В. Трусевича (Карадаг) продемонстрирована динамика содержания гликогена, лактата, АТФ и креатинфосфата в красных и белых мышцах ставриды во время плавания в гидродинамической трубе. Расчет трат триглицеридов, фосфолипидов и других липидных фракций в красных и белых мышцах ставриды при плавании дан Г. Е. Шульманом, В. Я. Щепкиным и Т. Г. Сигаевой (Севастополь). Интересные биохимические показатели выявлены Б. Д. Халяпиным (Ленинград) при изучении плавания амурской

кеты, пеляди и волховского сига. В. А. Пегель, А. С. Антипин и И. И. Плотников (Томск) исследовали влияние мышечной нагрузки и некоторых других факторов на активность амилотических ферментов кишечника рыб.

На последнем пленарном заседании рассматривалась проблема трансформации вещества и энергии у водных животных на уровне популяций и сообществ.

А. С. Константинов (Москва) внес некоторые дополнения в балансовое равенство — в частности, энергию недоокисленных метаболитов и энергию, изымаемую за счет паразитов. Дискуссионным оказалось положение автора, подвергшее сомнению правомерность расчета трат на обмен как функцию веса тела животных.

В докладах по биотическому балансу прудов обсуждались вопросы соотношения энергетических характеристик отдельных трофических уровней, степень использования продукции продуцентов в последующих звеньях пищевой цепи (В. И. Калашник, Н. С. Кириленко, Г. Б. Мельников — Днепропетровск; А. Ф. Гунько — Ростов); пути повышения продуктивности прудов и сравнительная оценка эффективности трансформации энергии в рыбоводстве с таковой в животноводстве (Г. И. Шпет, Т. В. Козадаева — Киев). Полученные материалы показали, что по выходу мяса и содержанию белка на единицу площади рыбоводство является почти равноценным животноводству; степень утилизации первичной продукции карпом близка к таковой у крупного рогатого скота. Учитывая использование для строительства прудов бросовых земель, подкормку рыб отходами зерновых культур, можно говорить о преимуществе рыбоводства по сравнению с животноводством.

Закономерностям продуцирования рачков *Eudiaptomus gracilis* посвящено выступление М. Б. Ивановой (Ленинград). Данные по семи озерам, различающимся трофическими и температурными условиями, отчетливо показали, что плодovitость и скорость прироста популяции определяется концентрацией корма; смертность и средняя продолжительность жизни взрослых особей зависит от количества хищников, а величина среднесуточной продукции связана главным образом с возрастным составом популяции.

В ряде докладов использовано биологическое и математическое моделирование как метод изучения закономерностей функционирования морских и пресноводных популяций и сообществ.

Положив в основу конкретные данные по скорости весового роста, количественному соотношению между весом, размером и плодovitостью бокоплава *Anisogammarus kygi* Derzh, В. И. Дулепов (Владивосток) построил модель весового и линейного роста и продукции этого рачка. Рассчитанная модель хорошо совпала с эмпирическими данными по динамике популяции *A. kygi* в оз. Лагунном.

Л. А. Виноградова и Л. Н. Грузов (Калининград) на основе важнейших характеристик фито- и зоопланктонных комплексов в центральной части банки Кампече построили модель распределения потока энергии для стационарного состояния сообществ, наблюдающегося в двух фазах развития апвеллинга. Модель позволила выявить напряженность пищевых взаимоотношений в рассматриваемом сообществе и существенную роль детрита в экосистеме банки Кампече.

В докладе М. Е. Виноградова, В. В. Меншуткина и Э. А. Шушкиной (Москва) предложена модель, описывающая динамику экосистемы пелагиали тропического района океана. На основе учета освещенности, концентрации биогенов, биомассы фитопланктона, бактерий, детрита, фитофагов и хищников прослежено изменение системы во времени (до 100 суток) и по глубине (до 200 м). Расчетная картина изменения по вертикали биомассы отдельных компонентов хорошо совпала с их фактическим распределением в океане.

Оживленная дискуссия по последним трем докладам свидетельствовала о большом интересе к работам такого рода и необходимости их дальнейшего расширения.

В резолюции, принятой на симпозиуме, отмечается необходимость:

сконцентрировать исследования по росту водных животных, с одной стороны, на дальнейшем получении эмпирических данных по разным систематическим и экологическим группам, с другой, обратить особое внимание на разработку общей теории роста как для водных животных в целом, так и для конкретных систематических и экологических групп;

расширять и углублять исследования по рационам и прочим элементам энергетического баланса водных животных, обратив особое внимание на разработку и усовершенствование методических подходов, по установлению роли в энергетическом балансе животных растворенного органического вещества и детрита, по вопросу о показателях обеспеченности водных животных пищей;

продолжать исследования по уровням и скоростям энергетического обмена (дыхания) водных животных и установлению количественных зависимостей этих показателей от температуры, солености, газового режима, трофических условий и поведения животных;

определять соотношения энергетического и пластического обмена у водных животных, выявлять роль углеводных, липидных и белковых субстратов и фосфорных соединений в аккумуляции и использовании энергии, сезонную и возрастную динамику энергетических запасов, физиолого-биохимические индикаторы состояния организмов и популяций;

разрабатывать методические подходы к определению трат энергии на активный обмен, к оценке его интенсивности и эффективности, исследовать субстраты, обеспечивающие двигательную активность водных животных;

разрабатывать методику применения меченой радиоуглеродом твердой и растворенной пищи в изучении весового или дифференциального роста, искать возможные пути обобщенной количественной оценки влияния химического состава твердой и растворенной пищи на рост и пластический обмен;

значительно расширить исследования на популяционном, биоценотическом и экосистемном уровнях, обратив особое внимание на использование элементов балансового равенства в применении к надорганизменным уровням организации, исследовать особенности биотического баланса в водоемах разного типа;

осуществлять при разработке проблем биоэнергетики водных животных как эколого-физиологические, так и эколого-биохимические подходы, математический анализ и моделирование, системные и термодинамические исследования.

К. Д. АЛЕКСЕЕВА, В. Е. ЗАЙКА

И. В. ИВЛЕВА, Е. В. ПАВЛОВА,

Т. С. ПЕТИПА, Г. А. ПЕЧЕНЬ-ФИНЕНКО,

К. М. ХАЙЛОВ, Г. Е. ШУЛЬМАН

УСПЕХИ И СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ОБМЕНА, РОСТА, ПИТАНИЯ И ПРОДУКЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Количественные исследования основных функций водных животных дают необходимую основу для понимания водных экосистем, овладения процессами биологической продуктивности и самоочищения природных вод. На совещании участников МБП из социалистических стран, проходившем в мае 1971 г. в Варшаве, было

сделано предложение созвать в 1973 г. в СССР симпозиум по экологической физиологии пресноводных животных. В порядке подготовки этого симпозиума Советским национальным комитетом МБП было создано рабочее совещание, состоявшееся 25—27 декабря 1972 г. в Зоологическом институте АН СССР в Ленинграде. Помимо