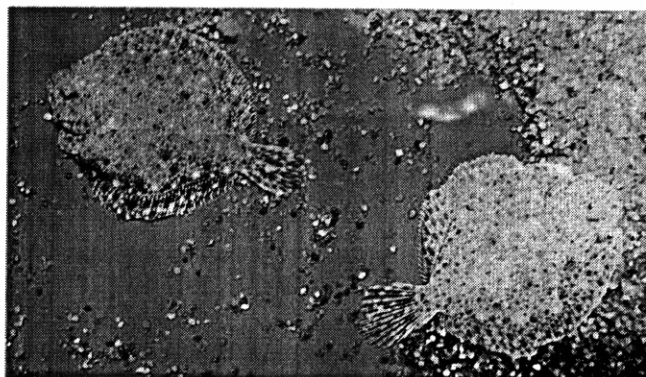




## МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ МОЛОДИ КАМБАЛЫ КАЛКАН К ВЫПУСКУ В ПРИБРЕЖНЫЕ АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

ШИШКИНА Т.В. – инженер, ЕЛЬНИКОВ Д.В. – ведущий инженер, ХАНАЙЧЕНКО А.Н. – канд. биол. наук, ст. научн. сотрудник, ГИРАГОСОВ В.Е. – канд. биол. наук, ст. научн. сотрудник, КОВИРШИНА Т.Б. – ведущий инженер, БЕЛОИВАНЕНКО Т.Г. – ведущий инженер, отдел ихтиологии Института биологии южных морей НАН Украины (г. Севастополь)

На основании экспериментальных исследований биологических и поведенческих особенностей искусственно выращенной метаморфизированной молоди камбалы калкан разработаны методы ее подготовки к естественным условиям обитания перед выпуском в прибрежные воды с целью повышения запасов камбалы в черноморских акваториях Украины.



**КАМБАЛА** калкан *Psetta maxima maeotica* – один из наиболее ценных видов рыб Черного моря. Запасы этого традиционного объекта промысла в настоящее время находятся в депрессивном состоянии, чему способствовал ряд факторов: перелов в течение десятилетий, антропогенное загрязнение среды обитания, обеднение кормовой базы личинок калкана в результате выедания кормового зоопланктона гребневиком-вселенцем и невозможность быстрого восстановления промыслового запаса по причине медленного полового созревания особей. Одним из способов восстановления численности калкана может стать его искусственное разведение. Низкую выживаемость калкана на ранних стадиях онтогенеза в естественных условиях можно преодолеть за счет строгого контроля абиотических и биотических факторов при культивировании. Метаморфизированная жизнестойкая молодь может быть использована для дальнейшего выращивания до товарных размеров. Разработанная

в Институте биологии южных морей (ИнБЮМ, Севастополь) технология позволяет вырастить камбалу товарной массы в течение 2-х лет с высокой эффективностью роста при низком кормовом коэффициенте [1]. Но товарное выращивание калкана, как и других камбалообразных, – технически емкий процесс, требующий больших финансовых инвестиций, и поэтому пока в Украине не реализовано, несмотря на перспективность аквакультуры камбалообразных, доказанную на примере европейских стран. Более реальным в Украине представляется путь повышения рыбной продукции за счет зарыбления естественных мест обитания калкана искусственно выращенными мальками. Подращивание молоди камбалы калкан в прибрежных закрытых акваториях не только менее затратно, но и приведет к более качественному естественному биохимическому составу калкана, с естественным составом микрофлоры без использования дезинфицирующих химикатов и антибиотиков, применение которых

неизбежно при интенсивном выращивании [2]. ИнБЮМ ежегодно производит выпуск партий экспериментально выращенной правильно метаморфизированной молоди калкана в возрасте 3 – 4 месяцев в прибрежные акватории Севастополя.

Выпуск мальков камбалообразных рыб в прибрежные акватории может быть очень эффективным для повышения численности локальных популяций, так как они характеризуются относительно оседлым образом жизни, что подтверждено результатами мечения молоди, согласно которым, в большинстве случаев, районы выпуска рыб и вторичной их поимки совпадали [3]. Экспериментальные выпуски камбалы тюрбо, близкородственного камбале калкан вида, в прибрежные воды Дании показали перспективность этого направления. Молодь, выращенная в искусственных условиях и выпущенная в прибрежную зону пролива Каттегат, в течение последующих двух лет наблюдений характеризовалась высокими показателями выживаемости и скорости роста сравнимыми с таковыми у диких одновозрастных особей [3]. Напротив, выживаемость мальков тюрбо, выпущенных в прибрежные воды Испании, была очень низкой [4], в связи с отсутствием их предварительной адаптации к естественным условиям обитания.

При современных интенсивных методах выращивания молодь камбалообразных питается инертными кормами и содержится в пластиковых бассейнах, поэтому нормы реакции естественного поведения у нее отсутствуют. К качеству молоди, предназначенной для зарыбления и пастбищного выращивания, должны предъявляться иные требования, чем к молоди, предназначенной для товарного выращивания. Помимо того, что выпуск молоди необходимо производить в незагрязненные прибрежные акватории, она предварительно должна быть как можно лучше адаптирована к естественным условиям, чтобы с минимальными потерями перенести смену окружающей среды. Для достижения высокой выживаемости в естественной среде искусственно выращенной молоди калкана необходимо, чтобы она обладала хорошо сформированным пищевым поведением и защитными реакциями: умела мимикрировать под окружающий грунт и эффективно охотиться на живые объекты. Для засадных хищников, к которым относится калкан, камуфляж-

ное поведение молоди (степень мимикрии) определяет степень ее защиты от выедания и успешный переход на питание живыми кормовыми объектами в естественных условиях. Необходима также адаптация к физическим условиям естественной среды, в том числе к грунтам и температуре воды. Поэтому, одной из задач наших исследований в рамках изучения воспроизводства калкана была разработка эффективных методов подготовки искусственно выращенной молоди к выпуску в естественные места обитания. Для этого был проведен ряд экспериментов и исследованы некоторые эколого-физиологические и поведенческие реакции калкана при его адаптации к смене биотических (корм) и абиотических (грунт, температура) факторов среды.



В процессе экспериментальных работ по адаптации молоди калкана к естественным условиям среды обитания решали следующие задачи: 1) оценка калорийности и усвояемости некоторых видов корма как применяемых при искусственном выращивании рыб, так и являющихся естественными потенциальными кормовыми объектами для определения наиболее оптимальных из них при подготовке молоди к выпуску в природную среду обитания; 2) оценка влияния песчаного грунта на мимикрию и пищевое поведение искусственно выращенной молоди камбалы калкан с целью разработки методики адаптации молоди к естественному грунту перед выпуском в море; 3) определение термопреферендума молоди камбалы калкан методом исследования избирательности ею температур в пределах диапазона, характерного для прибрежных вод в летний период.

**Материалы и методы.** Все эксперименты проводили на мальках камбалы калкан со стандартной длиной (SL) 3,5 – 5,0 см возрастом 2,5 – 3,5 мес., выращенных в питомнике ИнБЮМ по собственной оригинальной технологии из личинок, полученных от «диких» производителей.

1). Для оценки калорийности кормов и их усвояемости калканом использовали одновозрастных мальков, разделенных на одинаковые группы (в двух повторностях) и предварительно адаптированных к определенному виду корма (табл.) в течение недели.

Таблица.

Кормовые объекты, использованные при проведении экспериментов

| К о р м о в ы е о б ъ е к т ы                      |                                        |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| применяемые в аквакультуре                         | из естественных мест обитания          |
| Артемии <i>Artemia franciscana</i>                 | Гаммариды <i>Echinogammarus olivii</i> |
| Кальмар <i>Nototodarus sloani</i> (фарш)           | Копеподы <i>Acartia tonsa</i>          |
| Ставрида <i>Trachurus tr. mediterraneus</i> (фарш) | Нереис <i>Nereis diversicolor</i>      |



Метанауплии артемии получены из консервированных цист GSL (происхождение *Great Salt Lake*, США), стандартно используемых в аквакультуре камбалообразных. Инертные корма (фарш кальмара и ставриды) подбирали, учитывая степень их предпочтения молодью калкана. При выборе живых кормовых объектов, обитающих в прибрежной зоне моря, отдавали предпочтение наиболее доступным (по возможности сбора в необходимом количестве) из них и соответствующим спектру питания молоди калкана в естественной среде обитания (согласно литературным данным [5, 6]). Нереис и гаммариды были отловлены из естественных мест обитания. Ввиду трудности отлова мелко-размерного нереиса в необходимом количестве, его крупные экземпляры разрезали на доступные для мальков сегменты длиной 5 - 7 мм. Гаммарид крупнее данного размера отделяли просеиванием через сито. Копепод выращивали по собственной оригинальной методике полициклической лабораторной культуры.

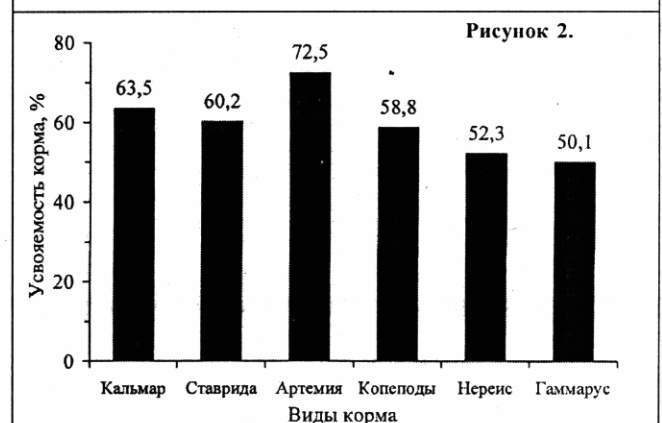
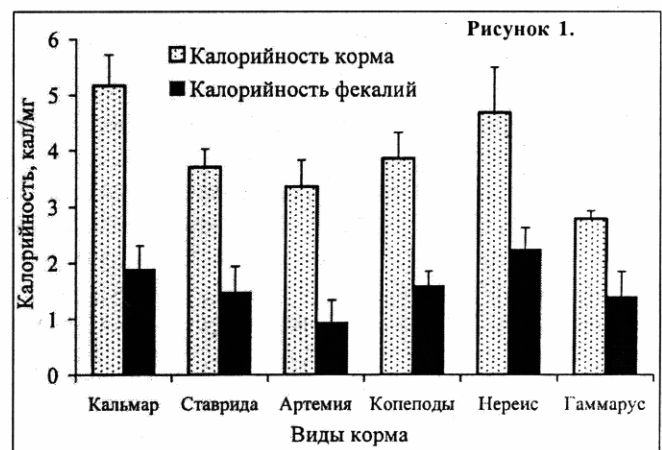
Для оценки усвояемости разных кормов определяли их калорийность, а также калорийность фекалий, выделенных после переваривания мальками данного вида корма и собранных в течение суток. Калорийность кормов и фекалий определяли методом мокрого сжигания в модификации А.П. Остапени [7]. Пробы доводили до постоянного сухого веса в сушильном шкафу при температуре 65°C. После высушивания пробы растирали в фарфоровой ступке и делали навески сухого вещества на микроаналитических весах ВАР-200. Все определения делали минимум в 3 повторностях. Переход к единицам калорийности осуществляли с помощью оксикалорийного коэффициента равного 4,0 кал/мг  $O_2$  [8]. Калории рассчитывали на 1 миллиграмм сухого вещества. Усвояемость определяли по процентному отношению разности калорийности корма и калорийности фекалий к калорийности корма.

2). Для оценки влияния субстрата на поведение искусственно выращенной молоди, мальков, содержащихся до эксперимента в стандартных выростных бассейнах без грунта, разделили на две одинаковых группы: одну из них поместили в емкость с предварительно внесенным субстратом, другую – в аналогичные условия без субстрата. В качестве субстрата использовали кварцевый песок, с размером песчинок 0,10 - 0,12 мм. В течение недели адаптации к новым условиям мальков обеих групп кормили по стандартной процедуре гаммаридами и инертным кормом и фиксировали характер их поведения. После адаптации к новым условиям малькам был предложен незнакомый им корм - мальки атерины *Aterina hepsetus*. Отмечали становление маскировочно-

го поведения калкана, характер охоты, результативность и скорость атак в обеих группах. Повторный эксперимент был проведен через неделю с введением дополнительного нового вида корма, т.е. помимо мальков атерины в экспериментальные емкости были помещены мальки морской иглы *Syngnatus abaster*. Кормовые организмы (мальки атерины и иглы) были заранее выловлены в прибрежной зоне и адаптированы к новым условиям, т.е. их поведение было аналогично естественному (мальки атерины держались стайкой, мальки рыбы иглы пытались замаскироваться).

3). Для изучения термопреферендума мальков калкана, их длительное время адаптировали к субстрату и переменному температурному режиму с диапазоном значений от 17° до 26°C. В эксперименте мальков помещали в бассейн длиной 230 см с песком в качестве субстрата, в которой от левого до правого края поддерживали температуру воды от 23° до 19°C (градиент - 4°C). Мальков ежедневно пересаживали в другую емкость во время чистки бассейна, а затем выпускали в разных участках бассейна. Распределение мальков в зонах с разной температурой фиксировали на протяжении всего светового дня в течение недели.

**Результаты.** 1). Экспериментальные данные по калорийности потребленного мальками корма и соответствующих ему фекалий представлены на рис.1, результаты по усвояемости кормов - на рис. 2.



Оценка кормов, применяемых в аквакультуре. Полученные данные дают возможность оценить экспериментальные виды корма и рассмотреть перспективу и область их дальнейшего использования. Мясо кальмара не только имеет наиболее высокую калорийность из всех исследованных кормов - 5,2 кал/мг, но и высокую усвояемость - 63,5%. Мясо ставриды менее калорийно по сравнению с мясом кальмара - 3,7 кал/мг, но его усвояемость достаточно высока - 60,2%. Несмотря на то, что калорийность метанауплиев артемий незначительно отличается от калорийности мяса ставриды - 3,4 кал/мг, усвояемость их молодью калкана составила 72,5%, т.е. оказалась самой высокой из всех предложенных экспериментальных кормов.

Оценка кормов из естественных условий. Самым калорийным из предложенных естественных кормов является нереис - 4,7 кал/мг, но степень его усвояемости невысока - 52,3%, что, безусловно, связано с тем, что покров нереиса содержит много хитина, который не усваивается мальками, и зольность нереиса составляет около 12% на сухое вещество [9]. Наиболее высокая усвояемость среди предложенных естественных кормовых объектов получена для копепод - 58,8%, несмотря на их более низкую, чем у нереиса, калорийность - 3,9 кал/мг. По-видимому, более высокая усвояемость копепод по сравнению с нереисами обусловлена более низкой зольностью первых - в пределах 5 - 9% [10]. Самая низкая калорийность из трех естественных кормов оказалась у гаммарид - 2,8 кал/мг, т.к. они обладают мощным хитиновым покровом, и их зольность составляет около 23,5% [11]. Усвояемость гаммаруса составляет 50,1%, чем, по-видимому, и объясняется незначительная скорость прироста мальков камбалы при питании исключительно этим кормом (собств. данные). В целом, более низкая усвояемость естественных кормовых объектов по сравнению с искусственными объясняется низкой зольностью последних.

2). В ходе экспериментов по влиянию внесенного субстрата на поведение молоди наблюдали значительную разницу в характере поведения мальков в присутствии и отсутствии песчаного грунта. В отсутствие песка мальки проводили световой день в чередовании плавания в толще воды и пребывания на дне емкости (примерно в равном соотношении времени). Их пигментация оставалась неизменной в течение всего эксперимента.

При адаптации к песчаному грунту первые 2 - 3 часа мальки проводили в толще воды, не опускаясь на субстрат. Затем они начинали опускаться на песок, не изменяя окраску. Первые изменения пигментации мальков начинали происходить через 5 ч после начала эксперимента, а через 12 ч

их окраска уже приближалась к цвету субстрата. Первые попытки зарыться в грунт у мальков наблюдали через сутки адаптации, при этом они лишь незначительно погружались в песок периферические части тела. Через 2 сут. большую часть времени мальки проводили, наполовину зарывшись в грунт. Только через неделю мальки калкана быстро и результативно зарывались в песок целиком, камуфлируя тело под цвет грунта. Полная идентичность оттенка пигментации мальков цвету субстрата произошла через две недели адаптации.



Пищевое поведение (реакция на корм, характер и результативность атак) мальков в присутствии и отсутствии грунта также значительно различалось. В отсутствие песка мальки не реагировали на внесение незнакомого корма в течение первых 15 мин., затем пытались атаковать. Мальки преследовали жертву в толще воды, редко опускаясь на дно. Количество атак, заканчивающихся поимкой жертвы, составило 75%. В течение 1 сут. этой группой мальков было съедено около 30 % внесенных мальков атерин.

Мальки, содержащиеся в емкости с субстратом, реагировали на незнакомый корм сразу же после его внесения, и до 90% их атак оказывались результативными. В течение первого часа этой группой калкана было съедено 70% внесенных мальков атерин. По-видимому, высокая скорость выедания жертв у адаптированных к грунту мальков связана с засадническим характером атак: они подплывают к жертве, не отрываясь от грунта, затем производят резкие вертикальные атаки, после чего сразу же опускаются на дно и зарываются.

При повторном внесении уже знакомых малькам калкана живых кормов (атерины) в смеси с незнакомыми (морские иглы) также наблюдали различия пищевого поведения калкана в зависимости от субстрата. В емкостях без субстрата мальки охотились сначала на малоподвижные жертвы - иглы, 100% которых было съедено в течение нескольких часов. Но мальки атерины сравнительно легко уходили от преследования незамаскированного хищника, и спустя сутки их осталось 46% от внесенного количества. Напротив, в присутствии песчаного грунта 54% от общего количества внесенных атерин было съедено мальками калкана уже через 10 мин после внесения и 100% - в течение 12 часов. Практически неподвижные, малозаметные на грунте, мальки игл остались на 100% несъеденными.

3). После перемещения в емкость с градиентными температурными условиями мальки камбалы 1 - 2 часа перемещались вдоль оси градиента, и затем выбирали, независимо от предварительных температурных адаптаций, диапазон мини-





мальных (для данного эксперимента) значений температуры - 19 - 21°C. При неоднократном принудительном перемещении мальков в зону с высокими значениями температуры (21 - 23°C) они неизменно возвращались в зону с более холодной водой.

### Обсуждение

Результаты экспериментов показали, что подготовка мальков к выпуску в море должна включать как усиленное сбалансированное питание для ускорения роста, наращивания мышечной ткани и повышения иммунитета калкана, так и выработку поведенческих реакций молоди на естественные субстраты и естественные объекты питания. Из широкого спектра предлагаемых молоди инертных кормов, высокая степень предпочтения была отмечена по отношению к фаршу кальмара и ставриды. Мясо кальмара содержит легко усваиваемый белок, необходимый для роста молоди. Однако, очевидно, что при массовом выращивании камбалы, кальмар не может быть рекомендован в качестве одного из основных видов корма по причине его высокой стоимости, но может использоваться как кормовая добавка в наиболее ответственный период онтогенеза – период метаморфоза.

При искусственном выращивании калкана метанауплии артемий рекомендуется применять в качестве корма обычно только в первой половине периода метаморфоза. Тем не менее, их, как хорошо усваиваемый корм, можно добавлять в рацион мальков перед выпуском, насыщая предварительно витаминами и пробиотиками, необходимыми для повышения иммунитета и роста мальков, что более затруднительно при применении инертных кормов.

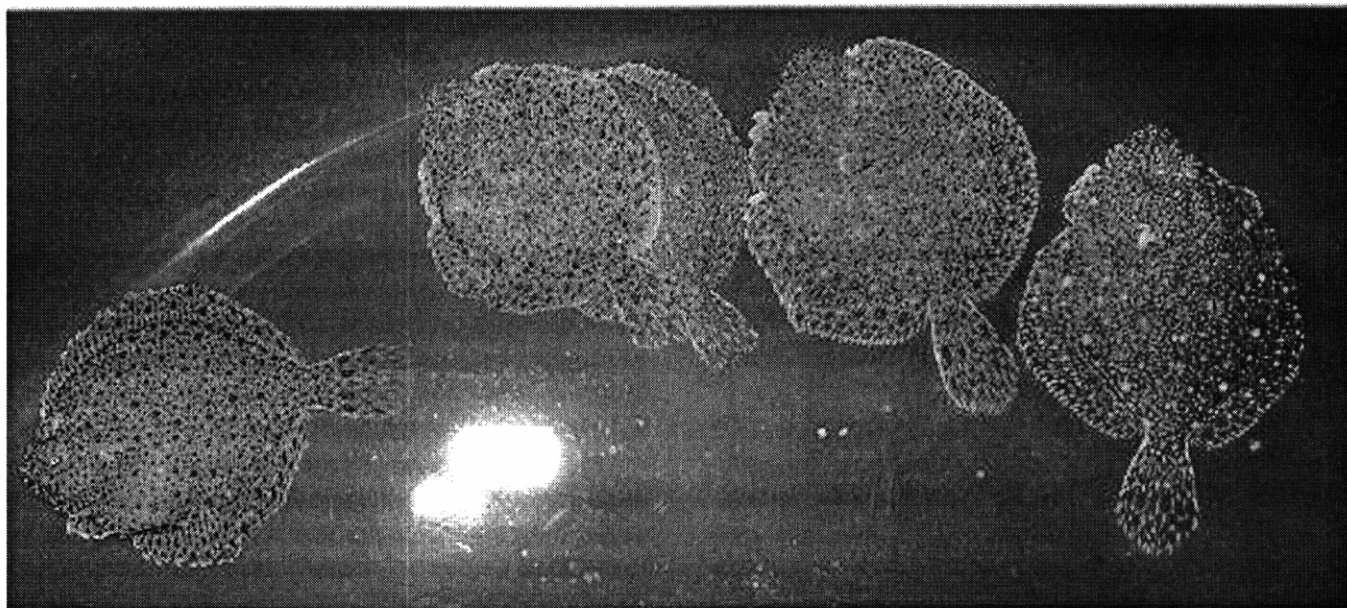
Среди естественных кормовых объектов, к которым нужно адаптировать молодь калкана

перед выпуском, нереис является не только одним из доминантных видов корма молоди калкана [6], но и источником активно участвующих в обмене веществ провитамина D и холестерина, а также некоторых микроэлементов, в частности Fe, Al, Ti, Li, Ni. [9], необходимых для правильного роста и развития. Введение нереиса в рацион мальков целесообразно также для предварительной адаптации к естественным кормовым объектам, перед выпуском в море, так как мальки привыкают к типичным движениям жертвы, учатся ее распознавать и вырабатывают определенную тактику охоты.

Науплиусами копепод личинки калкана питаются уже на начальных стадиях своего развития, переходя на питание копеподитами в начале метаморфоза. Присутствие копепод в рационе молоди положительно влияет на формирование правильной пигментации и скелета [12]. Несмотря на то, что по мере роста молодь калкана переходит на более крупные кормовые объекты, в желудках сеголетков, отловленных в естественной среде обитания, длиной 6 – 7 см, все еще обнаруживают копепод. [6]. Поэтому, при адаптации молоди к выпуску в море, важно вводить в ее рацион этот вид живого корма.

Введение ограниченного количества гаммарид в рацион подготавливаемой к выпуску в море молоди калкана также необходимо, несмотря на низкие значения калорийности и усвояемости. В мелководной прибрежной зоне, куда часто подходит молодь калкана для питания, в разлагающихся остатках макрофитов преобладают гаммариды, и для их успешной поимки малькам необходим определенный навык.

Несмотря на то, что мальки в процессе первых месяцев искусственного выращивания длительное время содержались без субстрата, мо-



тивация к зарыванию и маскировке сохраняется, что говорит об инстинктивных механизмах такого поведения, хотя для успешного использования всех адаптационных возможностей необходим навык, приобретаемый в течение определенного времени. В нашем эксперименте атаки калкана были более результативны при повторном внесении атерины, так как произошла адаптация к кормовому объекту. У мальков калкана, адаптированных к субстрату, частота, скорость и результативность атак на активную жертву значительно выше, чем у мальков, содержащихся в емкостях без субстрата. Предварительная адаптация к субстрату развивает у мальков способность быстро и эффективно прятаться в мягком субстрате, снижая стрессовую нагрузку и маскируя их от потенциального хищника и потенциальной жертвы, дополнительно мотивирует их к более активному образу жизни и стимулирует инстинкты, типичные для засадного хищника.

Исходя из полученных нами данных, искусственно выращенную полностью метаморфизированную молодь калкана (в возрасте 3 – 3,5 мес.) для достижения высокой выживаемости в море, перед выпуском необходимо адаптировать к естественным условиям среды в зависимости от характеристик биотопа. Для этого нужно проводить предварительное изучение абиотических (температура, грунт, течения) и биотических (кормовая база, наличие хищников) характеристик района выпуска молоди калкана. Желательно, чтобы температура воды в зоне выпуска не превышала 21° С, предпочтительно наличие мягких песчаных или илисто-песчаных грунтов, к структуре и цвету которых мальки должны быть предварительно адаптированы для приобретения ими покровительственной окраски и умения полностью укрываться в грунт, прибрежные течения не должны быть настолько сильными, чтобы выносить мальков за пределы оптимального биотопа. Перед подготовкой мальков к выпуску желательно проводить исследование потенциальной кормовой базы, а именно наличия в зоне выпуска организмов из спектра питания калкана, например, мальков пелагических рыб, нереиса и гаммарид. Адаптация мальков калкана к абиотическим и биотическим характеристикам среды обитания, особенно к грунту и потенциальным кормовым объектам, доминирующим в намеченном районе выпуска, должна проводиться не менее 2 - 3 недель до выпуска. В момент выпуска они должны обладать хорошо сформированным пищевым поведением и защитными реакциями: уметь мимикрировать под конкретный грунт и эффективно охотиться на живые объекты, характерные для данного биотопа. Именно камуфляжное поведение (степень мимикрии) молоди калкана как типичного засадного хищника будет определять

степень ее защиты от выедания и успешный переход на питание живыми кормовыми объектами в естественных условиях. Для оценки эффективности зарыбления акваторий выращенной молодью необходимо метить ее методом прижизненной окраски отолитов перед выпуском и проводить мониторинг выживаемости, скорости роста, упитанности, групп сеголетков калкана в течение последующих 2 месяцев и годовиков в последующий весенне-летний период в зонах выпуска.

Авторы статьи выражают искреннюю признательность за консультативную помощь сотрудникам ИнБЮМ к.б.н. З.А. Романовой - при проведении анализа калорийности и к. б. н. В.А. Гринцову за определение таксономического положения гаммарид.

#### Литература:

1. Ханайченко А.Н., Битюкова Ю.Е. // Рыбное хозяйство Украины. - 1999. - 4 (7). - С. 15-17.
2. Ханайченко А.Н. // Мор. экол. журнал. - 2005. IV (2). - С. 23 - 37.
3. Paulsen H., Stottrup J. G. // J.Fish Biol. - 2004. - V.65. - P. 210 - 230.
4. Iglesias J., Ojea G. et al. // Fish. Man. Ecol. - 2004. - 10 (1). - P. 51 - 59.
5. Марти Ю.Ю. Материалы к биологии черноморской камбалы калкана (*Rhombus taeoticus* Pallas) // Сб. посв. науч. деят. М. Книповича. (1885-1939). М., 1939. - С. 232 - 254.
6. Попова В.П. // Тр. АзЧерНИРО, 1958. - 17. - С.141 - 151.
7. Методы определения продукции водных животных. Методическое руководство и материалы. П/ред. Г.Г. Винберга. Высшая школа. - Минск: 1968. - С. 26 - 38
8. Гигиняк Ю.Г. Калорийность водных беспозвоночных животных. - В кн.: Общие основы изучения водных экосистем. Л., Наука. - 1970. - С. 43 - 57.
9. Алемов С.В. *Nereis (Hediste) diversicolor*: физиология, биология и экология в условиях антропогенного загрязнения. Севастополь, 2000. - С. 33 - 35.
10. Mauchline J. The Biology of calanoid copepods / Marine biology. Academic press. USA. V. 33. 710 p.
11. Ивлева И.В. Температура среды обитания и скорость энергетического обмена у животных. Киев, Наук. думка. - 1981. - 140 с.
12. Ханайченко А.Н., Битюкова Ю.Е. и др. // Проблемы биологической океанографии XXI века: тезисы докл. межд. науч. конф. ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. - с.171.

