

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОБОГАЩЕНИЯ НАУПЛИУСОВ АРТЕМИИ В ОСЕТРОВОДСТВЕ

М. А. Чепуркина<sup>1</sup>, Е. А. Гилева<sup>1</sup>, М. Прусинска<sup>2</sup>, Р. Кольман<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «Государственный научно-производственный центр  
рыбного хозяйства», Россия, г. Тюмень

<sup>2</sup>Институт пресноводного рыбного хозяйства, Республика Польша, г. Ольштын  
marinachep@yandex.ru, elenagilyeva@mail.ru, maja@infish.com.pl, kolrys@infish.com.pl

*В статье рассматриваются результаты исследований по подращиванию личинок и молоди стерляди, сибирского и русского осетра с помощью живых кормов (науплиусы артемии), обогащенных высоконасыщенными жирными кислотами (ВНЖК — ДНА, ЕРА, oleum lini), пробиотиками и витаминами. Приводятся данные по темпам линейно-весового роста и выживаемости молоди. Представленная методика позволяет значительно улучшить существующую технологию и повысить эффективность бассейнового подращивания личинок с начала экзогенного питания.*

*Ключевые слова:* подращивание, личинки, осетр, стерлядь, науплиусы артемии, обогащенные корма, жирные кислоты.

### Введение

В раннем постэмбриогенезе у личинок осетровых рыб при переходе на экзогенное питание формирование пищеварительной системы продолжается на протяжении 30–60 сут [1], именно поэтому в состав стартовых комбикормов необходимо вводить легкоусвояемые высокобелковые компоненты [2]. В этот период белоксинтезирующая способность доминирует над всеми остальными процессами нуклеинового обмена. В естественных условиях источником нуклеиновых кислот для молоди являются живые кормовые организмы зоопланктона. При рассмотрении особенностей нуклеинового обмена у рыб было доказано, что суммарное их количество у личинок близко к содержанию кислот в зоопланктоне [3].

Известно, что личиночный этап в развитии осетровых является наиболее уязвимым в условиях неблагоприятных факторов водной среды [4, 5], поэтому многие исследова-

тели уделяли особое внимание таким технологическим процессам, как перевод личинок на экзогенное питание и их подращивание [6–8]. Низкая выживаемость рыбы в этот период, особенно характерная для стерляди (35,6–51,2 %), связана в первую очередь с отсутствием специализированных искусственных кормов [9, 10]. Часто в качестве корма для личинок используют олигохет и зоопланктон (дафнии, моины и др.). Однако изучение физиологического состояния личинок при кормлении этими кормовыми организмами убеждает в недопустимости их применения в монокультуре [11], поэтому ведутся исследования по замене данных живых кормов другими, полноценными в физиологическом отношении и соответствующими размерам рыбы.

Целесообразность успешного применения науплиусов артемии в качестве стартового живого корма была доказана на личинках русского осетра более 50 лет назад [12]. Однако, несмотря на положительные результаты, использование артемии для кормления

осетровых в течение длительного времени не получало должного распространения. В последние 15 лет снова появился интерес к этому гидробионту [10, 13], к достоинствам которого наряду с физиологической полноценностью можно отнести его размеры, отрицательную плавучесть, легкость захвата личинками. Кроме того, сухие цисты артемии можно хранить в течение длительного времени [14]. Доказано, что внесение науплиусов артемии в бассейны в количестве 20 % от массы тела личинок сибирского осетра за 1–2 сут до начала активного питания способствовало ускорению массового выброса пигментных пробок и снижению гибели рыбы до 3,7 % вместо допускаемых 20–30 % [6]. В случае отсутствия корма в указанный момент выброс пигментных пробок задерживался при полной сформированности пищеварительной системы. Существенной причиной снижения смертности личинок сибирского осетра явилось почти полное отсутствие повреждений лопастей грудных плавников и жабр. Предложенный способ перевода личинок на потребление внешней пищи способствовал получению жизнестойких особей при их высокой выживаемости [9].

Несмотря на все преимущества артемии, она не является кормом, который обеспечивает личинкам рыб оптимальное для развития количество питательных веществ. Особенно недостаточно в артемии содержание высоконенасыщенных жирных кислот (ВНЖК) — эйкозапентаеновой (ЕРА) и докозагексаеновой (ДНА), которые необходимы в процессе роста личинок, но в то же время не могут быть синтезированы [15]. Разработано несколько методов повышения питательной ценности метанауплиусов артемии с помощью метода обогащения (биоинкапсуляции) ВНЖК [16]. Для достижения этой цели используют морские водоросли, составные и микрокапсулированные корма,  $\omega$ -дрожжи и эмульсии. За рубежом уже более 25 лет для биоинкапсуляции рачков применяют препарат Selco, представляю-

щий собой комплекс экстрагированных жиров морепродуктов и витаминов. После обогащения эмульсией Selco науплиусы содержат в себе высокий уровень незаменимых полиненасыщенных жирных кислот — докозагексаеновой ( $22:6\omega^3$ ) и эйкозапентаеновой ( $20:5\omega^3$ ). Наибольший результат в темпах роста личинок морских видов рыб показывают диеты, имеющие соотношение ДНА:ЕРА как 2:1 в течение первых двух недель кормления [16]. Наблюдения иранских специалистов показали повышение выживаемости личинок персидского (*Acipenser persicus*) и сибирского (*Acipenser baerii*) осетра на 5–12 % после кормления науплиусами артемии из озера Урмия (*Artemia urmiana*), обогащенными эмульсией из ДНА и ЕРА совместно с витамином С (20 %) [17, 18] и ВНЖК с поли- $\beta$ -гидроксibuтиратом [19] соответственно, в сравнении с кормлением небогащенной артемией.

В то же время исследований по использованию для кормления артемии, биоинкапсулированной наиболее важными для личинок осетровых полиненасыщенными жирными кислотами — олеиновой (n9), линоленовой (n3) и линолевой (n6), практически нет. Кислоты линолевого и линоленового типов являются незаменимыми, в организме рыбы не синтезируются и должны поступать вместе с пищей в соответствии с потребностью особей [20]. Эти жирные кислоты преобразуются в другие высоконенасыщенные кислоты путем элонгации и денагурации. Анализ содержания ВНЖК в сухих науплиусах артемии из озер Алтайского края показал достаточно высокое количество линоленовой кислоты (31,37 %) и относительно низкую (4,1 %) концентрацию эйкозапентаеновой [21].

Следует отметить, что через обогащение артемии личинки осетровых рыб могут быть «напитаны» как пробиотиками, так и витаминами, аминокислотами, гормональными препаратами, профилактическими и терапевтическими средствами и др. (рис. 1).

В ходе экспериментальных работ ставилась задача создания современной интенсивной технологии подращивания личинок и мо-

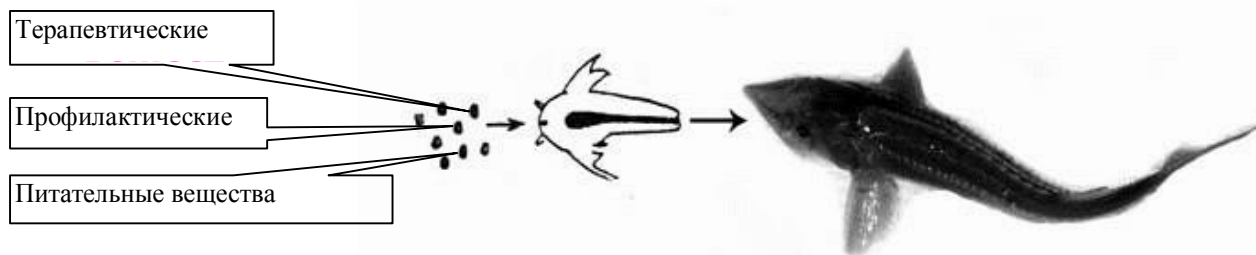


Рисунок 1 — Схема передачи терапевтических, профилактических и питательных веществ личинкам осетровых рыб через обогащение артемии [16]

### Материалы и методы исследования

Научно-исследовательские работы проведены в 2002–2013 гг. на осетровом экспериментально-производственном участке ФГУП «Госрыбцентр», расположенном на территории Тюменского рыбопитомника (ТРП), на Абалакском экспериментальном рыбозаводном заводе (АЭРЗ), в лаборатории отдела воспроизводства рыбных запасов ФГУП «Госрыбцентр», а также в лаборатории ихтиологии Института пресноводного рыбного хозяйства (г. Ольштын, Республика Польша) в рамках международного проекта № 379/2011 (Польша, Украина,

Российская Федерация) «Разработка основ биотехнологии кормления молоди рыб на ранних стадиях развития для нужд аквакультуры Украины».

На АЭРЗ личинок сибирского осетра обской популяции (*Acipenser baerii* Brandt) и стерляди иртышской популяции (*Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt) подращивали в лотках ейского типа с проточным речным водоснабжением. На ТРП для этих целей применяли бассейны ИЦА-2 (2,1×2,1×0,6 м); проточную речную воду предварительно пропускали через водоохладительную установку «Ангара» серии EBSV (рис. 2, а, б).

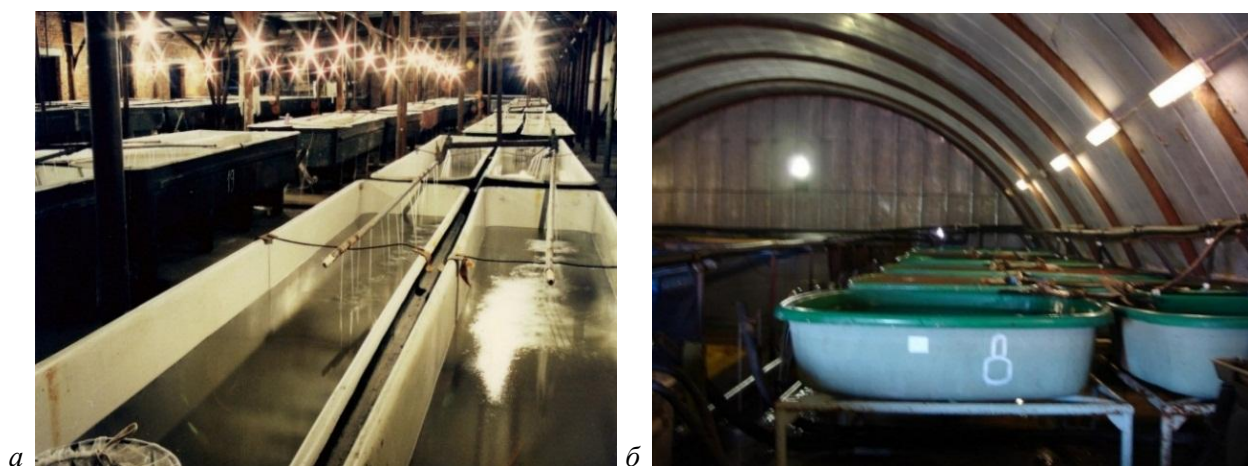


Рисунок 2 — а — лотки для подращивания личинок осетровых на Абалакском рыбозаводном заводе; б — бассейны для молоди в осетровом цехе Тюменского рыбопитомника

В помещении аквариальной Института пресноводного рыбного хозяйства для подращивания личинок русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) использовали комплекс квадратных бассейнов (1,0×1,0×0,5 м), входя-

щих в установку замкнутого водоснабжения (УЗВ) с биологической очисткой и подогревом водопроводной воды (рис. 3, а, б).

Контроль за температурно-кислородным режимом воды осуществляли с помощью

термооксиметра марки HACH HQ40d Field Case (производство Германии).

В качестве живого корма для личинок осетровых на ТРП и АЭРЗ применяли науплиусов артемии сибирских популяций (*Artemia parthenogenetica*, Barigozzi, 1974; Bowen,

Sterling, 1978). При кормлении молоди русского осетра (г. Ольштын) использовали артемию как из сибирских озер (Большое Яровое) — *Artemia parthenogenetica*, так и из Великого Соленого озера (Great Salt Lake; штат Юта, США) — *Artemia franciscana* Kellog, 1906.



Рисунок 3 — а — бассейны для подращивания личинок осетра в УЗВ (г. Ольштын);  
б — фильтры для биологической очистки воды в УЗВ

Инкубацию цист артемии проводили по стандартной методике [14] в 150-литровых аппаратах из оргстекла (ТРП) или нержавеющей стали (АЭРЗ), при этом рабочий объем аппарата составлял 100 л (рис. 4). Влажность сухих

цист не превышала 6–8 %; массовая доля скорлупы — менее 2 %; массовая доля примесей — менее 0,01 %. Среднесуточный съем продукции — 14,6 г/л; отношение сухого веса цист к сырой массе рачков — 1:2,5.



Рисунок 4 — Инкубация цист артемии:  
а — в цехе живых кормов на Абалакском экспериментальном рыбозаводном заводе;  
б — в лаборатории Тюменского рыбопитомника

Обогащение артемии осуществляли следующим образом. В солевой раствор (NaCl — 20 г/л) вносили культуру рачков на второй науплиальной стадии, предваритель-

но проинкубированных при температуре 26–28 °С в течение 24 ч; плотность загрузки науплиусов в аппарат — 200–300 шт./мл. Далее в раствор с науплиусами добавляли эмуль-

сию жирных кислот — препарат Selco производства фирмы INVE ( $0,3 \text{ г/дм}^3$ ) в двух вариантах — Selco-DHA (с высоким уровнем содержания докозагексаеновой кислоты) и Selco-Experimental (соотношение DHA к эйкозапентаеновой кислоте (EPA) — 2:1). Кроме того, в качестве обогащающего раствора использовали льняное масло (*oleum lini*), дополнительно вводя раствор витаминов «ТРИОВИТ» и (или) пробиотик «Наринэ-Форте». Через 6 ч проводили повторное обогащение. Через 6 ч после вторичной биоинкапсуляции артемий промывали в пресной воде и хранили в слабосоленом растворе ( $5 \text{ г/дм}^3$ ) при температуре  $13\text{--}15 \text{ }^\circ\text{C}$  и постоянной аэрации воды (не более суток). Живых обогащенных рачков процеживали через сито и вносили в резервуары с рыбой каждый час в течение  $19\text{--}25$  сут. В качестве контроля использовали кормление живыми необогащенными рачками. Каждый из вариантов проведен в четырех повторностях.

Для оценки потенциального роста личинок осетровых рыб использовали уравнение [9]:

$$W_t = \left[ N(1 - a/b)(t - t_0) + W_0^{1-a/b} \right]^{b/b-a},$$

где  $N$  — константа;

$a/b$  — показатель степени при массе в уравнении зависимости энергетического обмена от массы тела;

$t - t_0$  — период времени, сут;

$W_0$  — начальная масса тела, г.

Для оценки химического состава личинок стерляди определяли калорийность сухого вещества (СВ) методом бихроматного окисления [20] и его процентное содержание в теле рыбы.

### Результаты исследования

В ходе экспериментальных работ (2002 г.) выявлено, что наибольшая скорость весового роста личинок стерляди наблюдалась при питании науплиусами, предварительно биоинкапсулированными Selco-DHA (опыт 1). Масса личинок в опыте 1 ( $136,25 \pm 3,75 \text{ мг}$ ) превы-

сила на 14-е сут кормления в 1,53 раза массу личинок в контроле ( $89,05 \pm 3,24 \text{ мг}$ ) (данные достоверны при уровне значимости  $p < 0,001$ ). За счет кормления рачками, обогащенными препаратом Selco-Experimental (опыт 2), на 14-е сут подращивания масса личинок достигла  $128,2 \pm 3,8 \text{ мг}$ , т. е. по сравнению с контролем увеличилась в 1,44 раза ( $p < 0,001$ ). Удельная скорость роста по массе ( $C_w$ ) как в опыте 1, так и в опыте 2 оставалась высокой ( $0,13\text{--}0,22$ ) весь период наблюдений, достигнув своего максимума ( $0,27$ ) в конце подращивания. Коэффициент вариабельности ( $CV$ ) массы тела по мере роста молоди увеличивался скачкообразно. Изменчивость признака была максимальной у 15-суточных личинок в опыте 1 ( $36,84 \%$ ) и в опыте 2 ( $25,42 \%$ ), т. е. при кормлении стерляди обогащенными кормами с высоким содержанием докозагексаеновой кислоты изменчивость оказалась в два раза выше, чем в контроле ( $18,52 \%$ ). Средний за период показатель  $CV$  отличался в опытных (1, 2) и контрольных группах незначительно:  $17,24$ ;  $13,58$  и  $14,07 \%$  соответственно.

Различия в линейном росте личинок стерляди оказались не столь значительны, как в весовом. В возрасте 18 сут личинки достигли длины  $27,1 \pm 0,6 \text{ мм}$  в контроле, в опытных группах длина была в 1,1–1,2 раза выше:  $30,8 \pm 1,2 \text{ мм}$  (опыт 1) и  $31,1 \pm 0,8 \text{ мм}$  (опыт 2) (при уровне значимости  $p < 0,001$ ). Коэффициент изменчивости признака  $CV$  за период подращивания личинок в опытных группах превышал контроль в 1,6–1,8 раза ( $5,1 \%$ ). Наибольший разброс колебаний по длине тела отмечен в опыте 1 у 18-суточных личинок ( $CV = 19,82 \%$ ).

Следует отметить, что выживаемость личинок весь период подращивания оставалась высокой как в опытах ( $88,8\text{--}89,4 \%$ ), так и в контроле ( $88,5 \%$ ). Максимальная интенсивность суточного отхода отмечена на 4-е сут кормления (до  $1,57 \%$  в опыте 2).

Аналогичные результаты были получены при кормлении обогащенной артемией моло-

ди другого вида осетровых — обской популяции сибирского осетра. В результате 25-суточного кормления масса личинок в опыте 2 достигла  $1109 \pm 46$  мг, т. е. в 1,37 раза выше, чем в контроле ( $810 \pm 35$  мг), в опыте 1 — в 1,62 раза больше по сравнению с контролем ( $1312 \pm 43$  мг) (данные статистически достоверны при  $p < 0,001$ ). Средняя удельная скорость весового роста молоди ( $C_w$ ) за период подращивания составила в контроле 0,12, при кормлении науплиусами, обогащенными препаратом Selco-Experimental, — 0,13, при использовании эмульсии Selco-DHA — 0,15. Максимальные показатели  $C_w$  зарегистрированы на 13-е сут кормления у 17-суточных личинок как в контрольных, так и в опытных группах: в контроле — 0,24, в опыте 2 — 0,30, в опыте 1 — 0,33. Коэффициент вариации массы тела  $CV$  за период кормления оставался одинаковым как в контроле, так и в опыте 1, составив 14,46 и 14,01 % соответственно. Незначительное увеличение изменчивости этого признака до 17,0 % наблюдалось в опыте 2. Максимальный разброс колебаний (28,97 %) отмечен на 10-е сут кормления личинок рачками, обогащенными препаратом Selco-Experimental. Выживаемость мальков в конце периода подращивания вне зависимости от способа обогащения корма составила 52,0–52,5 %. Наибольшая интенсивность отхода отмечена в период с первых по восьмые сутки кормления (6,2–9,8 %/сут) с максимумом во всех вариантах на 4-е сут (контроль — 10,3 %; опыт 1 — 9,5 %; опыт 2 — 9,8 %). Следует отметить, что у личинок сибирского осетра при кормлении живыми кормами отход резко сокращается до 0,2 %/сут при достижении возраста 14 сут и более (при 18,6 °C на 10-е сут кормления).

Следующая серия опытов была направлена на отработку биотехнических приемов обогащения науплиусов артемии сибирских популяций с помощью препарата Selco-DHA, зарекомендовавшего себя более результативным в применении для осетровых Обь-Иртышского бассейна. Кроме того, при

кормлении личинок стерляди обогащенными и небогащенными живыми кормами ставилась задача провести сравнительный анализ по следующим параметрам: скорость линейно-весового роста личинок; выживаемость; калорийность и содержание сухого вещества тела личинок. Кормление перешедших на активное питание личинок стерляди в опытных лотках выполняли в двух вариантах: кормление науплиусами артемии по традиционной методике (контроль); кормление науплиусами, обогащенными препаратом Selco-DHA (опыт).

В ходе экспериментов установлено, что в период эндогенного питания личинок стерляди удельная скорость весового роста невелика и составляет 0,08–0,09. На третьи сутки после перехода на активное питание живыми кормами скорость роста значительно увеличилась до 0,28 в опыте и 0,33 в контроле. Максимальные значения отмечены у 16-суточных личинок — 0,38 при кормлении обогащенными науплиусами артемии, 0,34 — при традиционном способе кормления. Среднее значение коэффициента  $C_w$  за период подращивания (17 сут) составило 0,25 в опыте и 0,22 в контроле. Другой показатель динамики весового роста личинок — коэффициент массонакопления ( $K_m$ ) — весь период подращивания в опыте был несколько выше, чем в контроле ( $K_m$  0,039 и 0,035 соответственно). Среднесуточный прирост, как показатель удельной скорости роста и массы рыбы, составил 25 % от массы тела личинок. Его максимальные значения отмечены на 16-е сут подращивания — в опыте 38 %, в контроле — 34 %. Изменчивость роста личинок стерляди до перехода на экзогенное питание и в первые двое суток после него невелика: коэффициент вариации  $CV$  по длине равен 0,6 % (рис. 5, а), по массе — 4,5–5,0 % (рис. 5, б). Начиная с третьих суток подращивания значения коэффициента изменчивости возрастают, достигая максимума у 12–14-суточных особей ( $CV$  по массе в контроле составил 30,2 %, в опыте — 27,1 %; по длине — 13,1 и 9,6 % соответственно).

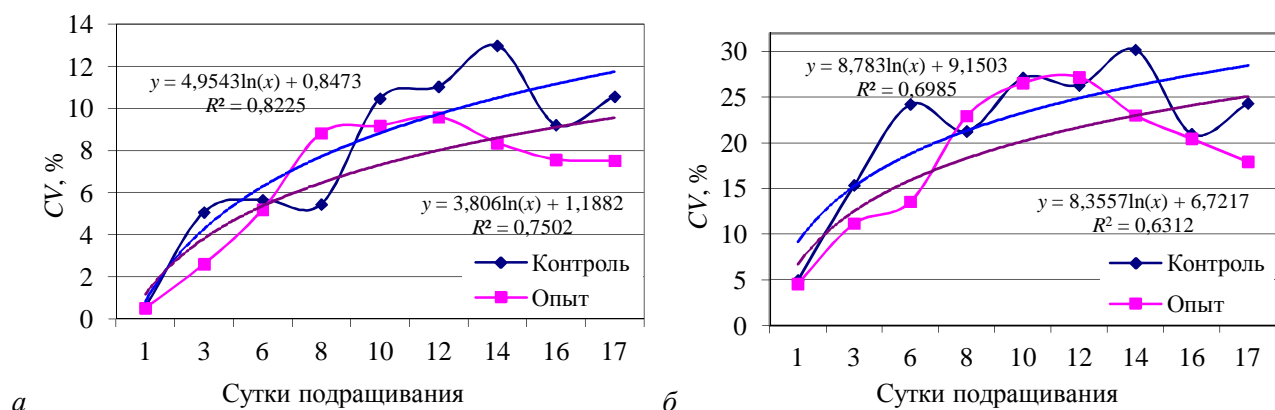


Рисунок 5 — Динамика разнокачественности (CV, %) личинок стерляди при кормлении науплиусами артемии: а — CV по длине; б — CV по массе

В течение всего периода подращивания личинок стерляди (17 сут) коэффициент вариации по длине тела в среднем в 2,8 раза меньше коэффициента изменчивости по массе (колебания от 2,2 до 4,0). Вариабельность признака при подращивании с использованием живых обогащенных кормов была на 8,5 % ниже, чем у личинок той же генерации, выращиваемых традиционным методом: средние значения CV по длине достигали в опыте 7,4 %, по массе — 20,5 %, в контроле — 8,8 и 22,4 % соответственно. Как в контроле, так и в опыте отмечено, что скорость роста увеличивается, когда происходит спад вариабельности признака. Скорость роста личинок стерляди возрастала с увеличением суточной нормы кормления и массы

тела (рис. б): при суточной норме 100 % и массе свыше 200 мг отмечены максимальные среднесуточные приросты (до 38 %).

При сравнении полученных данных с литературными [9, 22–24] следует отметить, что при идентичных начальных размерах только что вылупившихся зародышей стерляди скорость их весового роста через три недели подращивания при кормлении науплиусами артемии, обогащенными препаратом Selco-DHA, была в 3,9 раза выше, чем при использовании искусственного корма. Так, на 17-е сут кормления обогащенными науплиусами личинки достигли длины  $45,0 \pm 0,4$  мм, массы —  $472,0 \pm 10,9$  мг, при использовании искусственного корма — 21,8 мм и 120 мг соответственно [9].

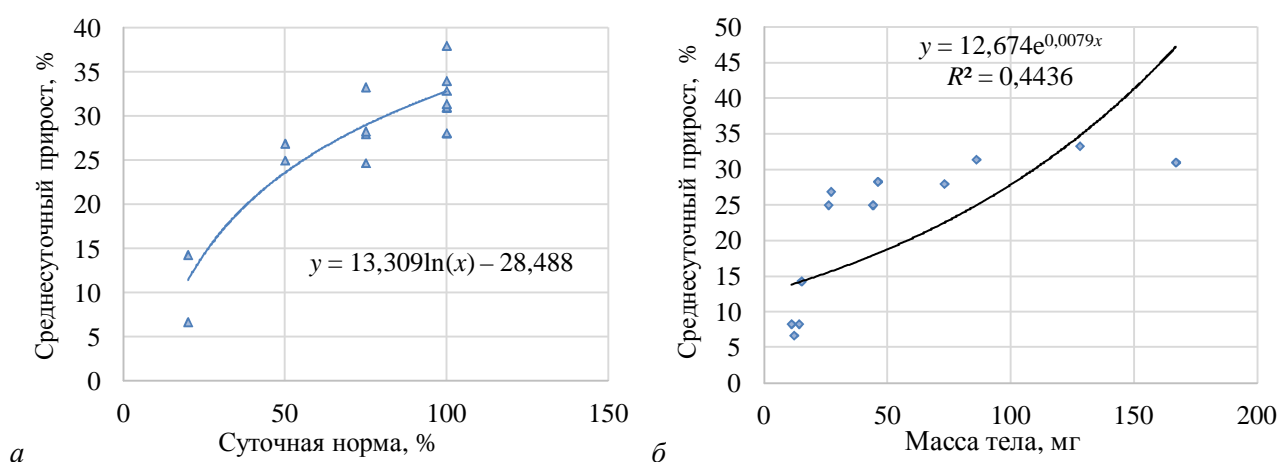


Рисунок 6 — Зависимость среднесуточного прироста личинок стерляди:

а — от величины суточной нормы кормления (%), б — от массы тела личинок стерляди (мг)

В исследованиях Ю. К. Янченко [23]

при использовании стартовых искусственных кормов Aller Aqua и ВМ<sub>55/13</sub> длина личинок уже на третьи сутки кормления

была в 1,2 раза меньше, чем при внесении науплиусов. По данным В. В. Речинского [24], выживаемость молоди стерляди на 12-е сут применения стартового комбикорма

Aller Aqua составила 45,9 %. В наших экспериментах [25] элиминация личинок на 17-е сут кормления науплиусами не превышала 12,2 % (табл. 1).

Таблица 1 — Результаты бассейнового подращивания личинок стерляди

Кормление, сут	Длина $L$ , мм			Масса $W$ , мг			Выживаемость, %	Вид корма	Автор, год
	$X \pm m_x$	$\sigma$	$CV, \%$	$X \pm m_x$	$\sigma$	$CV, \%$			
3	11,1	0,39	3,4	—	—	—	—	ВМ <sub>5</sub> 55/13	Янченко, 2001
	13,0±0,1	0,3	2,6	11±0,3	1,3	11,2	99,0	Артемия	Чепуркина, 2010
8	17,1	0,74	4,3	—	—	—	—	Aller Aqua	Янченко, 2001
	16,7±0,3	1,5	8,8	26±1,1	6,0	23,0	94,7	Артемия	Чепуркина, 2010
10	20,0±0,3	1,8	9,2	46±1,7	12,2	26,6	88,7	Артемия	Чепуркина, 2010
12	—	—	—	—	—	—	45,9	Aller Aqua	Речинский, 2003
	25,2±0,3	2,4	9,6	86±3,3	23,4	27,2	87,8	Артемия	Чепуркина, 2010
17	21,8	—	—	120	—	—	—	ОСТ-6	Гершанович и др., 1987
	45±0,4	3,4	7,5	472±11	84,7	18,0	87,1	Артемия	Чепуркина, 2010

Высокие суточные приросты (до 38 %) в экспериментах вполне объяснимы. При интенсивном выращивании, когда рыб содержат в ограниченном пространстве при избыточном кормлении, затраты энергии на добычу корма сведены к минимуму [9]. Основная задача выращивания — обеспечение максимального роста культивируемого объекта. Рост особи следует определенной траектории, форма которой программируется генетически [9]. По данным А. Д. Гершановича с соавт. [9], размеры осетровых рыб в этом возрасте составляют 20–25 % от максимально возможных. Результаты экспериментов показали, что личинки стерляди при кормлении

артемией реализуют свои ростовые потенциалы на 23,1 %, при использовании в питании обогащенных науплиусов — на 31,6 %. Кривая весового роста личинок стерляди в этом случае близка к экспоненциальной:  $W = 0,004e^{0,2671T}$ , ( $r = 0,99$ ).

Оценка соотношения длины и массы тела личинок на начальных этапах подращивания показывает (рис. 7), что при использовании как небогатых, так и обогащенных живых кормов значения показателя степени  $b$  и параметра  $a$  в уравнении регрессии близки [9].

При сравнении полученных данных с литературными [22] следует также отметить близкое сходство параметров  $a$  и  $b$  (табл. 2).

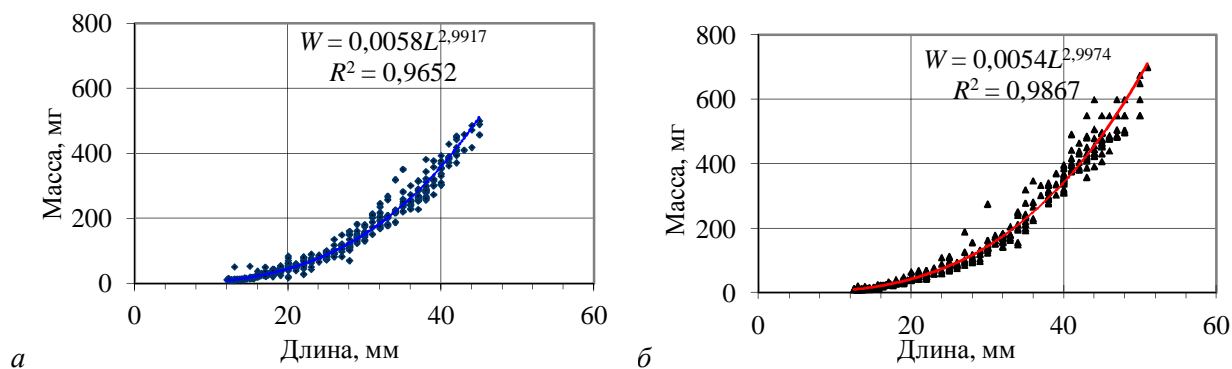


Рисунок 7 — Зависимость массы тела от длины личинок стерляди при кормлении:  $a$  — науплиусами артемии ( $n = 350$ );  $b$  — обогащенными науплиусами артемии ( $n = 555$ )



Таблица 2 — Параметры уравнений зависимости масса — длина у молоди осетровых

Вид	Параметр			Характер выращивания	Температура, °С	Автор, год
	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>n</i>			
Белуга	0,0058	3,016	384	Пруды	20	Николаев, 1985
Шип	0,0053	2,920	408	Пруды	20	Николаев, 1985
Сибирский осетр	0,0061	2,808	492	Пруды	18	Николаев, 1985
Веслонос	0,0120	2,686	397	Пруды	20	Николаев, 1985
Бестер	0,0030	3,180	358	Садки	20	Николаев, 1985
Стерлядь (р. Иртыш)	0,0054–0,0058	2,992–2,997	905	Лотки	18	Чепуркина, 2010

При оценке процентного содержания жира и белка в теле личинок стерляди отмечено следующее. По мере увеличения размеров и массы рыбы содержание сухого вещества в их организме увеличивается. Снижение СВ происходит лишь в первые 8–11 сут

после перехода на активное питание [9]. На 7-е сут кормления содержание показателя СВ в контроле составило 10,8 %, в опыте — 10,7 %; на 11-е сут количество сухого вещества в контроле уменьшилось до 9,2 %, в опыте — до 10,5 % (табл. 3).

Таблица 3 — Содержание и калорийность сухого вещества тела личинок стерляди при кормлении небогащенными (контроль) и обогащенными (опыт) кормами

Возраст, сут	Кормление, сут	Наименование пробы	Кол-во личинок в пробе, экз.	Сырая масса личинок, мг		Сухая масса, мг		Содержание сухого вещества, %	Калорийность, кал/мг
				общая	средняя	общая	средняя		
12	7	Контроль	50	3628	72	389,9	7,798	10,83	5,01
		Опыт	50	4319	86	449,7	9,188	10,66	5,77
16	11	Контроль	50	14101	282	1279,8	25,595	9,23	4,60
		Опыт	50	18248	365	1907,4	38,148	10,49	5,29

При кормлении науплиусами артемии, обогащенными препаратом Selco-DHA, калорийность сухого вещества личинок в 1,2 раза превышала калорийность личинок, питающихся небогащенными рачками. Уменьшение калорийности на 13,2 % произошло в обоих вариантах на 11-е сут кормления, составив в конце подращивания 5,29 кал/мг в опыте и 4,60 кал/мг в контроле.

С помощью метода биоинкапсуляции науплиусов артемии (*A. franciscana*) удалось повысить скорость весового роста личинок русского осетра в 2,9 раза по сравнению с использованным ранее методом кормления (в течение трех суток — науплиусы артемии, далее — перевод на стартовый искусственный корм Aller Aqua) и сократить смертность

молоди в 1,3 раза (выживаемость 18-суточных личинок достигала 97,6 %), что крайне важно в условиях промышленного подращивания осетровых.

Наибольшие темпы линейно-весового роста личинок стерляди наблюдали при кормлении науплиусами (*A. parthenogenetica*), предварительно обогащенными льняным маслом совместно с пробиотиком «Наринэ-Форте» и витаминным комплексом с микроэлементами «ТРИОВИТ». Этот способ приготовления живого корма способствовал статистически достоверному увеличению массы стерляди в 2,12 раза по сравнению с кормлением небогащенной артемией и в 1,51 раза выше, чем при кормлении науплиусами, обогащенными эмуль-

сией Selco-DHA. Применение препаратов не оказало влияния на повышение выживаемости подращиваемой молоди. В таблице 4 приведены результаты кормления стерляди

в течение 20 сут при использовании науплиусов артемии, обогащенных различными биопрепаратами (начальный возраст личинок — 20 сут).

Таблица 4 — Результаты кормления личинок стерляди обогащенными науплиусами артемии сибирских популяций (*A. parthenogenetica*)

Показатель	Контроль	Варианты обогащения науплиусов артемии					
	Необогащенная артемия	Selco-DHA	Selco-DHA + «ТРИОВИТ»	Selco-DHA + «Наринэ-Форте»	oleum lini	oleum lini + «Наринэ-Форте» + «ТРИОВИТ»	
Масса личинок начальная, г	0,209±0,025	0,205±0,010	0,200±0,024	0,202±0,031	0,201±0,035	0,204±0,043	
Масса личинок конечная, г	0,954±0,120	1,336±0,090*	1,972±0,130**	1,853±0,240*	1,557±0,230*	2,020±0,180**	
Длина науплиусов, мм	средняя	0,58±0,03	0,68±0,04	0,69±0,10	0,79±0,17	0,68±0,01	0,81±0,24
	min-max	0,50–0,70	0,63–0,70	0,63–0,73	0,64–0,83	0,64–0,72	0,65–1,34
Удельная скорость весового роста личинок	0,076	0,094	0,114	0,111	0,102	0,115	
Выживаемость личинок, %	85,2	84,4	85,6	84,8	85,1	85,3	

Примечание. В таблице указаны величины статистически достоверных различий: \*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,001$ .

### Обсуждение результатов

Эксперименты по использованию в кормлении личинок осетровых видов рыб (стерлядь, осетр) науплиусов артемии сибирских популяций (*A. parthenogenetica*), обогащенных препаратами с полиненасыщенными жирными кислотами, показали статистически достоверное увеличение ихтиомассы подращенной молоди в 1,4 раза при применении эмульсии с повышенным содержанием эйкозапентаеновой кислоты (Selco-Experimental) по сравнению с кормлением необогащенными живыми кормами. Кормление личинок артемией, обогащенной эмульсией с высоким содержанием докозагексаеновой кислоты (Selco-DHA), способствовало статистически достоверному увеличению массы сибирской стерляди в 1,5 раза, молоди сибирского осетра — в 1,6 раза

(кормление *A. parthenogenetica*), русского осетра — в 1,4 раза (*A. franciscana*). При кормлении науплиусами, обогащенными Selco-DHA, калорийность сухого вещества личинок была в 1,2 раза выше калорийности личинок, питавшихся необогащенными рачками. Максимальные среднесуточные приросты (до 38 %) отмечены при суточной норме кормления обогащенными кормами, равной 100 % от массы тела личинок стерляди (более 200 мг). Применение препаратов не оказало влияния на повышение выживаемости подращиваемой молоди.

Обогащение науплиусов артемии сибирских популяций (*A. parthenogenetica*) льняным маслом с добавлением комплекса витаминов «ТРИОВИТ» и пробиотика «Наринэ-Форте» позволило получить у осетровых (на примере личинок стерляди) максимальные

приросты — масса рыбы после 20-суточного подращивания достигала 2,02 г, или в 2,12 раза была выше по сравнению с кормлением необогащенной артемией. Удельная скорость весового роста за период подращивания составила 0,115. Известно, что льняное масло (*oleum lini*) — жидкость от золотисто-желтого до коричневого цвета, не растворимая в воде; легко полимеризуется в присутствии кислорода с образованием прочной прозрачной пленки. Эта способность обусловлена высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот (триглицеридов): линолевой (15–30 %), линоленовой (44–61 %) и олеиновой (13–29 %). В состав также входят белки (до 24 %), гликозид линамарин, углеводы, органические кислоты, ферменты, аскорбиновая кислота и каротин. «Наринэ-Форте» (ацидофильное молоко) является пробиотиком, состоит из концентрированного молока, сквашенного симбиотическими заквасками ацидофильных лактобактерий штамма «Наринэ ТНСи» (*Lactobacillus acidophilus*) и активной закваской бифидобактерий, содержащей штаммы *Bifidobacterium bifidum* и *B. longum*. Ацидофильные лактобактерии способствуют нормализации естественной микрофлоры во всех отделах желудочно-кишечного тракта, активизации процессов пищеварения и усвоения пищи, обладают общеукрепляющим и иммуностимулирующим действием. «ТРИОВИТ» содержит антиоксидантные витамины С, Е и β-каротин (провитамин А), а также олигоэлемент селен. Защитные свойства витаминов-антиоксидантов способствуют повышению устойчивости организма к неблагоприятным факторам внешней среды, усилению защитных свойств организма при воспалительных процессах.

Обогащение науплиусов артемии полиненасыщенными жирными кислотами (докозагексаеновая или линолевая кислоты) с добавлением комплекса витаминов «ТРИОВИТ» и пробиотика «Наринэ-Форте» осуществляли в течение 5 лет для кормления

личинок сибирского осетра и стерляди, а также годовиков прудовой стерляди, полученных от производителей из естественной популяции, на осетровом участке Тюменского рыбопитомника и на Абалакском экспериментальном рыбопроизводном заводе. Всего было подращено более 20 000 мальков осетровых рыб, большая часть из которых выпущена в Обь-Иртышский бассейн.

Таким образом, в ходе опытных работ выяснено, что реализация ростовых потенциалов молоди осетровых при индустриальном выращивании может быть достигнута путем оптимизации условий кормления. Предложенный способ приготовления живого корма и биотехнические приемы кормления личинок осетровых способствовали успешному проведению самого ответственного этапа рыбоводных работ по получению жизнестойкой молоди при обеспечении высокой выживаемости. Выяснено, что кормление личинок осетра науплиусами артемии до массы рыбы 200–250 мг при температуре 18–20 °С занимает 7–8 сут, у стерляди — 10–11 сут. С помощью метода биоинкапсуляции науплиусов артемии удалось повысить скорость весового роста личинок от 1,3 до 2,1 раза и сократить период кормления рачками на двое суток, что крайне важно в условиях промышленного подращивания личинок осетровых. В это время интенсивность суточного отхода близка к нулю, и поэтому постепенный переход на стартовый искусственный корм в течение последующих 10–11 сут чаще всего протекает при высоких суточных приростах с сохранением низкой смертности рыбы.

### Выводы

1. При кормлении личинок осетра и стерляди науплиусами артемии, обогащенными препаратом Selco-DHA с высоким содержанием докозагексаеновой кислоты, их скорость роста по массе статистически достоверно увеличивается в 3,9 раза, чем при использовании искусственного корма и в

1,5–1,6 раза выше, чем при кормлении необогащенными рачками.

2. Применение эмульсии с содержанием ДНА:ЕРА как 2:1 способствовало статистически достоверному увеличению ихтиомассы молоди в 1,4 раза по сравнению с кормлением необогащенными рачками.

3. При кормлении обогащенными науплиусами калорийность сухого вещества личинок осетровых в 1,2 раза выше калорийности личинок, питавшихся необогащенными рачками. При суточной норме кормления обогащенными кормами в 100 % от массы тела рыбы (200 мг) отмечены максимальные среднесуточные приросты (до 38 %).

4. Метод обогащения живого корма с помощью льняного масла совместно с комплексом витаминов «ТРИОВИТ» и пробиотиком «Наринэ-Форте» способствовал статистически достоверному увеличению массы стерляди в 2,12 раза по сравнению с кормлением необогащенной артемией и в 1,51 раза после кормления науплиусами, биоинкапсулированными эмульсией Selco-ДНА.

5. Применение для кормления осетровых науплиусов артемии, «пропитанных» различными обогащающими препаратами, не оказало влияния на повышение выживаемости подращиваемой молоди.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергнер Х., Кетц Х. Научные основы питания сельскохозяйственных животных. М. : Колос, 1973. 319 с.
2. Абрамова Ж. И., Афанасьева Ю. О., Остроумова И. И. Содержание нуклеиновых кислот в тканях карпа и форели, выращиваемых на искусственных кормах // Эколого-физиологические основы повышения эффективности кормления рыб в промышленном рыбоводстве : тр. ГосНИОРХ. 1986. Вып. 246. С. 53–62.
3. Ананичев А. В. Сравнительно-биохимическая характеристика некоторых пресноводных рыб и беспозвоночных // Биохимия. 1961. Т. 26, вып. 1. С. 24–28.
4. Климов В. И., Кокоза А. А. О дальнейшем совершенствовании процесса перевода личинок осетровых на экзогенное питание // Осетровое хозяйство водоемов СССР : тез. науч. докл. к всесоюз. совещ. Астрахань, 1984. С. 141–142.
5. Афанасьев С. Г. Экологические основы воспроизводства байкальского осетра (*Acipenser baeri baikalensis* A. Nikolski) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск : Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2006. 19 с.
6. Краснодембская К. Д., Семенкова Т. Б. Основные принципы биотехники перевода на экзогенное питание личинок сибирского осетра при бассейновом выращивании // Осетровое хозяйство водоемов СССР : тез. науч. докл. к всесоюз. совещ. Астрахань, 1984. С. 159–162.
7. Федосеева Е. А. Рыбоводно-биологическая и морфофизиологическая характеристика гибридов русского осетра : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. : Изд-во ВНИИПРХ, 2004. 24 с.
8. Нефедов С. А., Нефедова И. В., Ширяев А. В. Выращивание молоди обского осетра при формировании маточного стада в установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ ВНИИПРХ) // Аквакультура осетровых рыб : достижения и перспективы развития : тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань : Изд-во ВНИРО, 2004. С. 107–109.
9. Гершанович А. Д., Пегасов В. А., Шатуновский М. И. Экология и физиология молоди осетровых. М. : ВО Агрпромиздат, 1987. 52 с.
10. Иванов С. А., Литовченко Ж. С., Кошелев В. Н. Использование *Artemia salina* для подращивания личинок амурского осетра (*Acipenser schrenckii* Brandt) // Аквакультура осетровых рыб : достижения и перспективы развития : материалы Четвертой Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань : Изд-во ВНИРО, 2006. С. 244–247.
11. Ebrahimi E. Determination of the best time to transfer Beluga (*Huso huso*) juveniles from natural to commercial diets // Journal of Applied Ichthyology. 2006. Vol. 22. P. 274–277.
12. Пласкачевская Т. Г. Результаты определения кормовой ценности *Artemia salina* // Осетро-

- вое хозяйство водоемов СССР. М. : Пищевая пром-сть, 1963. С. 74–76.
13. Мельченков Е. А. Биологические основы разведения и выращивания веслоноса *Polyodon spathula* (Walbaum) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М. : Изд-во ВНИИПРХ, 2001. 64 с.
  14. Литвиненко Л. И., Мамонтов Ю. П., Литвиненко А. И. и др. Инструкция по использованию артемии в аквакультуре. Тюмень, 2000. 58 с.
  15. Berge J.P., Barnathan G. Fatty acids from lipids of marine organisms: molecular biodiversity, roles as biomarkers, biologically active compounds, and economical aspects *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 2005. № 96. С. 49–105.
  16. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph., Tackaert W., Versichele D. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. Belgium : Chent universiteit, 1986. 319 p.
  17. Nouri F., Takami, G.A., Sorgeloos P. Enrichment of *Artemia* with essential fatty acids, Lipid emulsions and vitamin C and its effect on the performance of *Acipenser persicus* larvae under the effect of salinity stress // 5<sup>th</sup> International Symposium on Sturgeon, Extended Abstracts, Aquaculture. Ramsar, Iran, 2005. P. 100–102.
  18. Fashtomi H.R.P., Mohseni M. Survival and growth of larval and juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) using formulated diets and live food // *Journal of Applied Ichthyology.* 2006. Vol. 22. P. 303–306.
  19. Najdegerami E.H., Baruah K., Shiri A., Rkecki A., Van den Broeck W., Sorgeloos P., Boon N., Bossier P., De Schryver P. Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) larvae fed *Artemia* nauplii enriched with poly- $\beta$ -hydroxybutyrate (PHB): effect on growth performance, body composition, digestive enzymes, gut microbial community, gut histology and stress tests // *John Wiley and Sons LTD. Aquaculture Research.* 2013. P. 1–12.
  20. Сидоров В. С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. М. : Наука, 1983. 240 с.
  21. Соловов В. П., Студеникина Т. Л. Рачок артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1990. С. 74–76.
  22. Николаев А. И. Рост, выживание и физиолого-биохимическая характеристика селекционируемых форм бестера : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. : Изд-во ВНИРО, 1985. 24 с.
  23. Янченко Ю. К. Исследование разнокачественности и путей ее регулирования при подращивании молоди осетровых в заводских условиях : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. : Изд-во ВНИИПРХ, 2001. 24 с.
  24. Речинский В. В. Рыбоводно-биологическая характеристика гибридов стерляди с сибирским осетром : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. : Изд-во ВНИИПРХ, 2003. 24 с.
  25. Чепуркина М. А. Сохранение биоресурсов осетровых видов рыб Обь-Иртышского бассейна путем искусственного воспроизводства с использованием геотермальных вод : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск : Госрыбцентр, 2010. 20 с.

## THE USE OF METHOD OF LIVE FEED ENRICHMENT IN STURGEON AQUACULTURE

M.A. Chepurkina<sup>1</sup>, E.A. Gilyeva<sup>1</sup>, M. Prusinska<sup>2</sup>, R. Kolman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The State Research and Production Center of Fishery, Russia, Tyumen

<sup>2</sup>Institute of Freshwater Fishery, Poland, Olshtyn

marinachep@yandex.ru, elenagilyeva@mail.ru, maja@infish.com.pl, kolrys@infish.com.pl

The methods of sterlet, Siberian and Russian sturgeons larvae fed *Artemia* nauplii enriched with different highly unsaturated fatty acids (HUFA: DHA, EPA, oleum lini) together with vitamins and probiotics are considered in the article. Data on rates of juvenile linear and weight growth and survival are given. This method allows to improve technology and to increase the efficiency of larval rearing in the tanks at the earliest larval stages of sturgeon fish.

*Key words:* rearing, larvae, sturgeon, sterlet, *Artemia* nauplii, enriched alive feed, fatty acids.