

УДК 636.3.043

**РАЗРАБОТКА НОРМ КОРМЛЕНИЯ СТЕРЛЯДИ
ПРОДУКЦИОННЫМ КОМБИКОРМОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ МАССОНАКОПЛЕНИЯ**

Наталья Васильевна Сорокина, научный сотрудник, Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1, s.natashe@mail.ru

Александр Робертович Лозовский, доктор биологических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, all.lozo@yandex.ru

Разработаны нормы кормления стерляди продукционным комбикормом в индустриальной аквакультуре. Нормы кормления устанавливали с использованием их функциональной зависимости от величин относительного суточного прироста живой массы, кормового коэффициента, температурного коэффициента. Относительный суточный прирост живой массы прогнозировали с использованием стандартной модели массонакопления. Коэффициент массонакопления для стерляди был принят в пределах 0,07–0,087 г^{1/3}/сутки, кормовой коэффициент – 1,5. Пределы изменений живой массы рыб и температуры водной среды составляли 100–3000 г и +10...+24 °С, соответственно. Вычисления норм кормления выполняли на компьютере в электронных таблицах “Microsoft Excel 2003” с точностью до 0,001 %. Установлено, что нормы кормления стерляди при заданных параметрах изменяются от 0,160 до 3,536 %. Составлены детализированные нормы кормления стерляди для исследованных диапазонов живой массы и температуры водной среды в форме таблиц. Результаты выполненного исследования могут использоваться при товарном выращивании стерляди в индустриальной аквакультуре.

Ключевые слова: кормление рыб, продукционный комбикорм, норма кормления, осетровые рыбы, стерлядь, относительный суточный прирост живой массы, кормовой коэффициент, коэффициент массонакопления, стандартная модель массонакопления

**FEEDING RATES WHEN USING MIXED PRODUCTION
FODDER TO INCREASE THE ACCUMULATED BODY
WEIGHT OF STERLET FISH**

Sorokina Natalya V., Research Associate, Caspian Fisheries Research Institute, 1 Savushkin St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, s.natashe@mail.ru

Lozovskiy Alexander R., D.Sc. (Biology), Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, all.lozo@yandex.ru

The article indicates that mixed production fodder has been developed to improve the feeding rates of Sterlet fish under industrial aquacultural conditions. According to the paper, norms of feeding have been established using their functional dependences on the fishes' relative daily body weight gain, feed conversion and temperature coefficient. The relative daily body weight gain has been predicted using the standard model of an accumulation of body weight. The critique relates that an accumulated coefficient of body weight was adopted for Sterlet within 0.070–0.087 g^{1/3}/day, and a feed conversion rate of – 1.5. The body weight and aquatic temperatures' change limits, the paper relates, were 100–3000 g and +10...+24 °C, respectively. The feeding norm calculations, for their part, were performed using computer spreadsheet Microsoft Excel 2003 with an accuracy of 0.001 %. As a result of the research, the document found that the Sterlet feeding rate varies within given parameters from 0.160 to 3.536 %. Moreover, detailed Sterlet feeding rates were provided in the form of tables within the studied parameters of fish body weight and aquatic environmental temperature. The blueprint states that the results of the study could be used for commodity-type cultivation of the Sterlet under industrial aquacultural conditions.

Keywords: Feeding of fish, mixed fodder production, feeding rate, sturgeon fish, sterlet, relative daily gain of body weight, feed conversion, coefficient of accumulated body weight, standard model of accumulated body weight

Актуальной проблемой рыбоводства является совершенствование кормов и технологии кормления осетровых рыб, в рамках решения которой предложен продукционный комбикорм для осетровых рыб с тыквенным жмыхом, характеризующийся высокой питательностью и экологической безопасностью [3]. При индустриальном выращивании осетровых рыб обычно используют табличные нормы кормления, не учитывающие видовые особенности интенсивности роста и недостаточно детализированные [4; 6]. При установлении нормы кормления стерляди в индустриальной аквакультуре необходимо учитывать выраженность продуктивного действия комбикорма и интенсивность роста массы рыб.

Продуктивное действие комбикорма на организм рыб оценивают по отношению массы затраченного корма к приросту массы рыб. Это отношение называют коэффициентом конверсии корма, или кормовым коэффициентом. При товарном выращивании осетровых рыб на гранулированных комбикормах с высокой энергетической питательностью (до 18 мДж/кг) допустимой считается величина кормового коэффициента не более 1,5–1,8 [4; 6].

Интенсивность роста рыбы при индустриальном выращивании оценивают по величине относительного суточного прироста живой массы, величина которого может быть установлена при использовании стандартной модели массонакопления [1]. В данной модели масса тела растущей в стандартных условиях рыбы определяется по формуле (1):

$$M_t = \left(M_0^{\frac{1}{3}} + \frac{K_M t}{3} \right)^3, \quad (1)$$

где M_t – живая масса при продолжительности выращивания t ; M_0 – живая масса начальная; K_M – коэффициент массонакопления; t – продолжительность выращивания, сут.

Целью исследования явилась разработка детализированных норм кормления стерляди продукционным комбикормом с использованием стандартной модели массонакопления.

Материал и методика исследования

Норму кормления стерляди продукционным комбикормом устанавливали численными методами в электронных таблицах “Microsoft Excel 2003” по формулам, отражающим ее функциональную зависимость от кормового коэффициента, средней живой массы рыб, коэффициента массонакопления и температуры водной среды. Величина кормового коэффициента в модельных расчетах составляла 1,5.

За основу вычислений принято уравнение линейной зависимости нормы кормления от относительного суточного прироста массы и кормового коэффициента (2):

$$НК = ОП_{сут.} \times КК, \quad (2)$$

где $НК$ – норма кормления, %; $ОП_{сут.}$ – относительный суточный прирост массы, %; $КК$ – кормовой коэффициент.

Относительный суточный прирост массы рыбы определяли, исходя из формулы (3):

$$ОП_{сут.} = \frac{M_{0+1} - M_0}{M_0} \times 100, \quad (3)$$

где $ОП_{сут.}$ – относительный суточный прирост массы, %; M_0 – живая масса рыбы в начале суток; M_{0+1} – живая масса рыбы в конце суток.

Зависимость относительного суточного прироста массы от коэффициента массонакопления устанавливали по формуле (4), которая была получена путем математического преобразования формулы (3):

$$ОП_{сут.} = \frac{\left(M_0^{\frac{1}{3}} + \frac{K_M}{3} \right)^3 - M_0}{M_0} \times 100, \quad (4)$$

В качестве рабочей формулы для расчета нормы кормления при оптимальных температурных условиях выращивания (+20 °С) использовали выражение (5), которое получено путем алгебраического преобразования формул (2; 4):

$$НК = \frac{\left(M_0^{\frac{1}{3}} + \frac{K_M}{3} \right)^3 - M_0}{M_0} KK \times 100, \quad (5)$$

где НК – норма кормления, %; M_0 – живая масса рыбы в начале суток; K_M – коэффициент массонакопления, г 1/3/сутки; KK – кормовой коэффициент.

Параметры коэффициента массонакопления для стерляди, использованные для расчетов нормы кормления, были приняты в пределах 0,070–0,087 [3].

Аппроксимацию температурного коэффициента к нормам кормления выполняли по разработанной нами методике [3] уравнением полиномиальной функции (6):

$$y = 1,4661 \times 10^{-6} x^5 - 1,3731 \times 10^{-4} x^4 + 4,4406 \times 10^{-3} x^3 - 5,9050 \times 10^{-2} x^2 + (6) \\ + 3,4657 \times 10^{-1} x - 2,6 \times 10^{-2},$$

где y – температурный коэффициент; x – температура водной среды.

Целью исследования была разработка детализированных норм кормления стерляди продукционным комбикормом в диапазонах живой массы 100–3000 г и температуры водной среды +10...+24 °С.

Результаты исследований

При оптимальной температуре воды (+20 °С) и планируемом коэффициенте массонакопления 0,07 норма кормления стерляди массой 100 г составляет 2,274 % от биомассы рыбы в сутки с постепенным снижением до 0,729 % при достижении навески 3 кг (табл. 1). При снижении температуры воды норму кормления необходимо уменьшать до уровня не выше, чем указано в рекомендациях. Так, при +10 °С норма кормления стерляди при средней живой массе 100 г должна быть не более 0,5 %, а при средней живой массе 3000 г – не более 0,16 % от биомассы рыбы. Напротив, при повышении температуры воды норма кормления может быть увеличена. Так, при +24 °С она может достигать 2,842 % у стерляди живой массой 100 г и 0,912 % у стерляди живой массой 3000 г.

При благоприятных условиях выращивания можно ожидать повышения интенсивности роста стерляди до величины коэффициента массонакопления 0,087. В этом случае при оптимальной температуре воды норма кормления стерляди массой 100 г можно рекомендовать норму кормления 2,829 % с плавным снижением по мере роста рыбы до 0,907 % при средней живой массе 3000 г (табл. 2). При уменьшении температуры воды рекомендуемая норма кормления должна быть не выше 0,622 % при 10 °С (при средней живой массе 100 г) должна быть не более, а при средней живой массе 3000 г – не более 0,199 % от биомассы рыбы. При повышении температуры воды до +24 °С норма кормления стерляди живой массой 100 и 3000 г может быть увеличена до 3,536 и 0,912 %, соответственно.

Таблица 1

**Нормы кормления стерляди продукционным комбикормом
при коэффициенте массонакопления 0,07 (в % от биомассы в сутки)**

Живая масса, г	Температура воды, °С							
	10	12	14	16	18	20	22	24
100	0,500	0,662	0,957	1,362	1,826	2,274	2,635	2,842
150	0,437	0,578	0,836	1,189	1,594	1,985	2,300	2,481
200	0,397	0,525	0,759	1,080	1,448	1,803	2,089	2,253
250	0,368	0,487	0,704	1,002	1,343	1,673	1,939	2,091
300	0,346	0,458	0,663	0,943	1,264	1,574	1,824	1,967
350	0,329	0,435	0,629	0,895	1,200	1,495	1,733	1,869
400	0,315	0,416	0,602	0,856	1,148	1,430	1,657	1,787
450	0,302	0,400	0,579	0,823	1,104	1,374	1,593	1,718
500	0,292	0,386	0,559	0,795	1,065	1,327	1,538	1,659
550	0,283	0,374	0,541	0,770	1,032	1,285	1,490	1,607
600	0,275	0,363	0,526	0,748	1,002	1,248	1,447	1,560
650	0,267	0,354	0,512	0,728	0,976	1,215	1,409	1,519
700	0,261	0,345	0,499	0,710	0,952	1,186	1,374	1,482
750	0,255	0,337	0,488	0,694	0,930	1,159	1,343	1,448
800	0,249	0,330	0,477	0,679	0,911	1,134	1,314	1,417
850	0,244	0,323	0,468	0,666	0,892	1,111	1,288	1,389
900	0,240	0,317	0,459	0,653	0,875	1,090	1,263	1,363
950	0,236	0,312	0,451	0,641	0,860	1,071	1,241	1,338
1000	0,232	0,306	0,443	0,630	0,845	1,052	1,220	1,316
1100	0,224	0,297	0,429	0,611	0,819	1,019	1,182	1,274
1200	0,218	0,288	0,417	0,593	0,795	0,990	1,148	1,238
1300	0,212	0,281	0,406	0,578	0,774	0,964	1,117	1,205
1400	0,207	0,274	0,396	0,563	0,755	0,941	1,090	1,176
1500	0,202	0,267	0,387	0,551	0,738	0,919	1,065	1,149
1600	0,198	0,262	0,379	0,539	0,722	0,900	1,043	1,124
1700	0,194	0,257	0,371	0,528	0,708	0,881	1,022	1,102
1800	0,190	0,252	0,364	0,518	0,694	0,865	1,002	1,081
1900	0,187	0,247	0,358	0,509	0,682	0,849	0,984	1,062
2000	0,184	0,243	0,352	0,500	0,670	0,835	0,968	1,044
2100	0,181	0,239	0,346	0,492	0,660	0,821	0,952	1,027
2200	0,178	0,235	0,340	0,484	0,649	0,809	0,937	1,011
2300	0,175	0,232	0,335	0,477	0,640	0,797	0,924	0,996
2400	0,173	0,229	0,331	0,471	0,631	0,786	0,911	0,982
2500	0,170	0,226	0,326	0,464	0,622	0,775	0,898	0,969
2600	0,168	0,223	0,322	0,458	0,614	0,765	0,887	0,956
2700	0,166	0,220	0,318	0,452	0,607	0,755	0,875	0,944
2800	0,164	0,217	0,314	0,447	0,599	0,746	0,865	0,933
2900	0,162	0,215	0,310	0,442	0,592	0,738	0,855	0,922
3000	0,160	0,212	0,307	0,437	0,586	0,729	0,845	0,912

Таким образом, в результате выполненных исследований разработаны детализированные нормы кормления стерляди продукционным комбикормом. Предлагаемые рекомендации по кормлению стерляди при товарном выращивании были успешно апробированы в условиях садкового хозяйства [5]. При выборе нормы кормления пределов следует учитывать соответствие планируемых параметров кормового коэффициента и среднесуточного относительного прироста массы рыб за период выращивания между контрольными взвешиваниями, физиологическое состояние рыбы, физико-химические условия водной среды.

Таблица 2

**Нормы кормления стерляди продукционным комбикормом
при коэффициенте массонакопления 0,087 (в % от биомассы в сутки)**

Живая масса, г	Температура воды, °С							
	10	12	14	16	18	20	22	24
100	0,622	0,823	1,191	1,695	2,272	2,829	3,279	3,536
150	0,543	0,719	1,040	1,479	1,983	2,470	2,862	3,087
200	0,493	0,653	0,944	1,343	1,801	2,243	2,599	2,803
250	0,458	0,606	0,876	1,247	1,671	2,081	2,412	2,601
300	0,431	0,570	0,824	1,173	1,572	1,958	2,269	2,447
350	0,409	0,541	0,783	1,114	1,493	1,859	2,155	2,324
400	0,391	0,517	0,749	1,065	1,428	1,778	2,061	2,223
450	0,376	0,497	0,720	1,024	1,373	1,709	1,981	2,137
500	0,363	0,480	0,695	0,988	1,325	1,650	1,913	2,063
550	0,352	0,465	0,673	0,957	1,284	1,598	1,853	1,998
600	0,342	0,452	0,654	0,930	1,247	1,553	1,799	1,941
650	0,333	0,440	0,636	0,905	1,214	1,512	1,752	1,889
700	0,324	0,429	0,621	0,883	1,184	1,475	1,709	1,843
750	0,317	0,419	0,607	0,863	1,157	1,441	1,670	1,801
800	0,310	0,410	0,594	0,845	1,132	1,410	1,634	1,763
850	0,304	0,402	0,582	0,828	1,110	1,382	1,602	1,727
900	0,298	0,395	0,571	0,812	1,089	1,356	1,571	1,695
950	0,293	0,387	0,561	0,798	1,069	1,331	1,543	1,664
1000	0,288	0,381	0,551	0,784	1,051	1,309	1,517	1,636
1100	0,279	0,369	0,534	0,759	1,018	1,268	1,469	1,585
1200	0,271	0,358	0,518	0,738	0,989	1,231	1,427	1,539
1300	0,264	0,349	0,505	0,718	0,963	1,199	1,390	1,499
1400	0,257	0,340	0,492	0,701	0,939	1,170	1,356	1,462
1500	0,251	0,333	0,481	0,685	0,918	1,143	1,325	1,429
1600	0,246	0,325	0,471	0,670	0,898	1,119	1,296	1,398
1700	0,241	0,319	0,461	0,657	0,880	1,096	1,270	1,370
1800	0,237	0,313	0,453	0,644	0,864	1,075	1,246	1,344
1900	0,232	0,307	0,445	0,633	0,848	1,056	1,224	1,320
2000	0,228	0,302	0,437	0,622	0,834	1,038	1,203	1,298
2100	0,225	0,297	0,430	0,612	0,820	1,021	1,184	1,277
2200	0,221	0,293	0,423	0,602	0,808	1,006	1,166	1,257
2300	0,218	0,288	0,417	0,593	0,796	0,991	1,148	1,239
2400	0,215	0,284	0,411	0,585	0,784	0,977	1,132	1,221
2500	0,212	0,280	0,406	0,577	0,774	0,964	1,117	1,204
2600	0,209	0,277	0,400	0,570	0,764	0,951	1,102	1,189
2700	0,207	0,273	0,395	0,563	0,754	0,939	1,088	1,174
2800	0,204	0,270	0,391	0,556	0,745	0,928	1,075	1,160
2900	0,202	0,267	0,386	0,549	0,736	0,917	1,063	1,146
3000	0,199	0,264	0,382	0,543	0,728	0,907	1,051	1,133

Выводы

1. Разработаны детализированные нормы кормления стерляди продукционными комбикормами для индустриальной аквакультуры при параметрах живой массы 100–3000 г, температуры водной среды +10...+24 °С и коэффициента массонакопления 0,070–0,087 г 1/3/сутки.

2. Норма кормления стерляди при заданных параметрах может изменяться от 0,160 до 3,536 % .

Исследования выполнены при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках программы «Старт-09» (Государственный контракт № 6701р/9400 от 10.04.2009 г.).

Список литературы

1. **Баранов С. А.** Основные уравнения роста биологических объектов / С. А. Баранов, В. Ф. Резников, Е. А. Стариков, Г. И. Толчинский // Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР. – Москва, 1979. – С. 156–168.
2. **Лозовский А. Р.** Моделирование продуктивности осетровых рыб при интенсивном выращивании / А. Р. Лозовский. – Астрахань : Астраханский ун-т, 2008. – 114 с.
3. Пат. 2416980. Российская Федерация. Продукционный комбикорм для осетровых рыб / А. Р. Лозовский, Н. В. Сорокина. – 2009.
4. **Скляр В. Я.** Справочник по кормлению рыб / В. Я. Скляр, Е. А. Гамыгин, Л. П. Рыжков. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 120 с.
5. **Сорокина Н. В.** Влияние комбикорма с тыквенным жмыхом на рост и физиологическое состояние стерляди / Н. В. Сорокина, А. Р. Лозовский // Естественные науки. – 2010. – № 4 (33). – С. 74–79.
6. **Щербина М. А.** Искусственные корма и технология кормления основных объектов промышленного рыбоводства / М. А. Щербина, Н. А. Абросимова, Н. Т. Сергеева. – Ростов-на-Дону, 1985. – 48 с.

References

1. Baranov S. A., Reznikov V. F., Starikov Ye. A., Tolchinskiy G. I. Osnovnye uravneniya rosta biologicheskikh obektov [The basic equation of growth of biological objects]. *Biologicheskie resursy vnutrennikh vodoemov SSSR* [Biological Resources of Inland Waters of the USSR]. Moscow, 1979, pp. 156–168. (in Rus.)
2. Lozovskiy A. R. *Modelirovanie produktivnosti osetrovyykh ryb pri intensivnom vyrashchivani* [Modeling of growth of sturgeon under intensive cultivation]. Astrakhan, Publ. House “Astrakhan University”, 2008, 114 p. (in Rus.)
3. Lozovskiy A. R., Sorokina N. V. *Patent 2416980. Rossiyskaya Federatsiya. Produktsionnyy kombikorm dlya osetrovyykh ryb* [Patent 2,416,980. The Russian Federation. Productional mixed fodder for sturgeon fishes]. 2009. (in Rus.)
4. Sklyarov V. Ya., Gamygin Ye. A., Ryzhkov L. P. *Spravochnik po kormleniyu ryb* [Artificial feeds and feeding technology core of industrial fish farming]. Moscow, Light and Food Industries Publ., 1984, 120 p. (in Rus.)
5. Sorokina N. V., Lozovskiy A. R. Vliyanie kombikorma s tykvennym zhmykhom na rost i fiziologicheskoe sostoyanie sterlyadi [Effect of feed with pumpkin cake on growth and physiological condition sterlet]. *Yestestvennye Nauki* [Natural Sciences], 2010, no. 4 (33), pp. 74–79. (in Rus.)
6. Shcherbina M. A., Abrosimova N. A., Sergeeva N. T. *Iskusstvennye korma i tekhnologiya kormleniya osnovnykh obektov promyshlennogo rybovodstva* [Artificial feeds and feeding technology core of industrial fish farming]. Rostov-on-Don, 1985, 48 p. (in Rus.)