



УДК 639.371.2: 639.31-97 (571.1)

М.А. ЧЕПУРКИНА, кандидат биологических наук, заведующая сектором,
А.И. КОВАЛЕНКО, старший научный сотрудник,
И.Н. СЕМЕНОВА, младший научный сотрудник

ФГУП «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»
e-mail: g-r-c@mail.ru

БИОТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОВАРНОЙ СТЕРЛЯДИ НА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Предложена энергосберегающая биотехнология использования природных термальных подземных вод, смешанных с речными поверхностными водами, для круглогодичного выращивания сибирской стерляди иртышской популяции *Acipenser ruthenus marsiglii* (Brandt) до товарной массы. Охарактеризованы солевой состав геотермальной воды хлоридно-натриевого класса с общей минерализацией до 5 г/дм³ и основные подготовительные работы ее применения в аквакультуре осетровых видов рыб. Выявлено, что в зависимости от этапов биотехнологического процесса выращивания стерляди степень использования термальной воды различна. С помощью метода УЗИ-сканирования проведен мониторинг маточного стада с целью ранней диагностики пола, стадий зрелости гонад и прогноза созревания производителей. Представлена биотехнологическая схема выращивания товарных двухлеток из сформированного маточного стада. Разработаны нормативы и технология товарного выращивания сибирской стерляди до двухлетнего возраста с учетом химических показателей геотермальной воды. Доказано, что применение термальных вод позволяет повысить годовой теплозапас в 1,6–2,4 раза и сократить период выращивания стерляди до товарной массы в 2–4 раза.

Ключевые слова: двухлетки стерляди, геотермальная вода, водоподготовка, биотехнологическая схема, нормативы, круглогодичное выращивание.

На территории Западной Сибири расположен обширный, площадью более 5 млн м², артезианский бассейн горячих подземных вод, запасы которых используются не более чем на 5 % [1]. Применение термальных вод, смешанных с речными поверхностными, позволяет существенным образом интенсифицировать круглогодичное выращивание товарной рыбы при бассейновом типе содержания с учетом химических показателей минерализованной воды.

Цель настоящей работы – разработать нормативы и технологию товарного выращивания сибирской стерляди иртышской популяции до двухлетнего возраста при использовании геотермальной воды.

В задачи исследований входили разработка методов подготовки геотермальной воды для рыбохозяйственного использования; проведение ранней прижизненной диагностики пола и стадий зрелости гонад методом ультразвукового сканирования для отбора товарной рыбы (самцы) и выявления самок с целью получения пищевой икры и формирования маточного стада; разработка технологической схемы и нормативов товарного выращивания стерляди с учетом химических показателей геотермальной воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Производственно-экспериментальные работы проводили в 1999–2010 гг. в условиях Тюменского рыбопитомника (ТРП). Объект исследований – сибирская стерлядь (иртышская популяция) *Acipenser ruthenus marsiglii* (Brandt). Для выращивания рыбы использовали геотермальную воду, смешивая ее с речной. Общий химический анализ воды осуществляли в гидрохимической лаборатории (аттестат аккредитации № ROCC RU 0001511311) по общепринятым методикам [2]. Для ранней диагностики пола и стадий зрелости гонад применяли цифровой ультразвуковой сканер «MY SONO-201» с линейным датчиком 5–9 МГц/40 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Тюменского рыбопитомника для индустриального рыбоводства пробурены четыре скважины с геотермальной водой. Термальная вода поступает с глубины 1100–1200 м под давлением в 5 атм с температурой на изливе 32–34 °C. Отличительные особенности ее – высокое содержание солей и аммонийного азота при отсутствии растворенного кислорода. Термальная вода чистая, прозрачная, по химическому составу хлоридно-натриевая, солоноватая ($\bar{\Omega}_{\text{ион}} < 5 \text{ г/дм}^3$). В связи с высокими концентрациями некоторых микрэлементов относится к йодобромным термам. Средняя минерализация в 2010 г. составила 4,34 г/дм³. Половина минерализации приходится на хлоридные ионы, 35 % – на щелочные ионы натрия и калия. В воде отмечено низкое содержание органических веществ. Активная реакция среды слабощелочная (рН 7,74–7,96 ед.). Общая жесткость составляет $3,25 \pm 0,16 \text{ ммоль/дм}^3$ эквивалента. Минерализация и солевой состав воды в течение ряда лет практически не меняются, за исключением сульфатов, концентрация которых фиксировалась в пределах 28,8 мг/дм³ в 1981 г. и 164,26 мг/дм³ в 2003 г. Из-за отсутствия кислорода для термальной воды характерны следовые количества нитритного и нитратного азота. Концентрация общего железа составляет 0,27–0,31 мг/дм³. Речная вода имеет гидрокарбонатно-кальциевый состав и малую минерализацию – в среднем 0,2 г/дм³. В ней зафиксировано значительное содержание общего железа – 1,42–2,58 мг/дм³, из-за чего высока цветность – 40–65°. Две трети минерализации воды приходятся на гидрокарбонатные ионы. Сульфатные и хлоридные ионы не превышают 10 мг/дм³. Общая жесткость 1,6–2,9 ммоль/дм³ эквивалента. Кислотно-основные свойства нейтральные, рН 7,09–7,47. Содержание органического вещества повышенное (перманганатная окисляемость 10,61 мг/дм³, БПК₅ 2,45 мгО₂/дм³).

Для применения минерализованной и речной воды с целью эффективного выращивания стерляди в индустриальных условиях необходимы следующие меры водоподготовки:

– дегазация, оксигенация и обезжелезивание термальной воды. Освобождение от газообразного метана и аммиака достигали путем пропуска воды через градирню или биоблоки. Кроме того, воду аэрировали (с 0 до 7,0 мг/дм³), и в зависимости от времени года происходило снижение ее температуры с 32–34 до 16–24 °C;

– механическая очистка речной воды. Для первичной механической очистки использовали барабанный фильтр. Очищаемая вода под силой тяжести поступала во вращающийся барабан и проходила через фильтрующее сито. Очистку фильтровальных тканей осуществляли за счет встроенного промывочного механизма;

– смешение минерализованной воды с речной. Применение чистой геотермальной воды при бассейновом методе выращивания стерляди осложнено даже после насыщения ее кислородом из-за высоких концентраций химических компонентов (Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Na^+ , K^+). Максимальная степень разбавления термальной воды с помощью речной составила 1,1 : 1 соответственно;

– обеззараживание смешанной воды. Для инактивации болезнетворных микроорганизмов, постоянно находящихся в речной воде, смешанная технологическая вода проходила через ультрафиолетовую установку (УФ). При инкубации икры применяли многократный проход обрабатываемой воды через УФ, если использовалась рециркуляционная система водоснабжения;

– механическая очистка от тонких фракций песка. При подращивании личинок смешанная вода дополнительно проходила через угольные фильтры, где освобождалась от взвешенных веществ и обогащалась кислородом.

В зависимости от этапов биотехнологического процесса выращивания стерляди степень использования геотермальной воды различна:

– круглогодичное выращивание товарной стерляди. При снижении температуры речной воды до 12–14 °C в систему водоснабжения добавляли теплую минерализованную воду. Выращивание рыбы проводили при постоянной температуре смешанной воды 16–18 °C; максимальная степень разбавления геотермальной воды с помощью речной 1,1 : 1 соответственно;

– зимовка РМС и МС стерляди. Перевод температуры технологической воды с исходных 16–18 °C до зимних 3–5 °C выполняли в течение 13–14 сут с градиентом 1 °C в сутки, увеличивая количество речной и уменьшая расход термальной воды. Геотермальную воду использовали весь зимний период (78–90 сут). Минимальное соотношение термальной воды к речной 1 : 9;

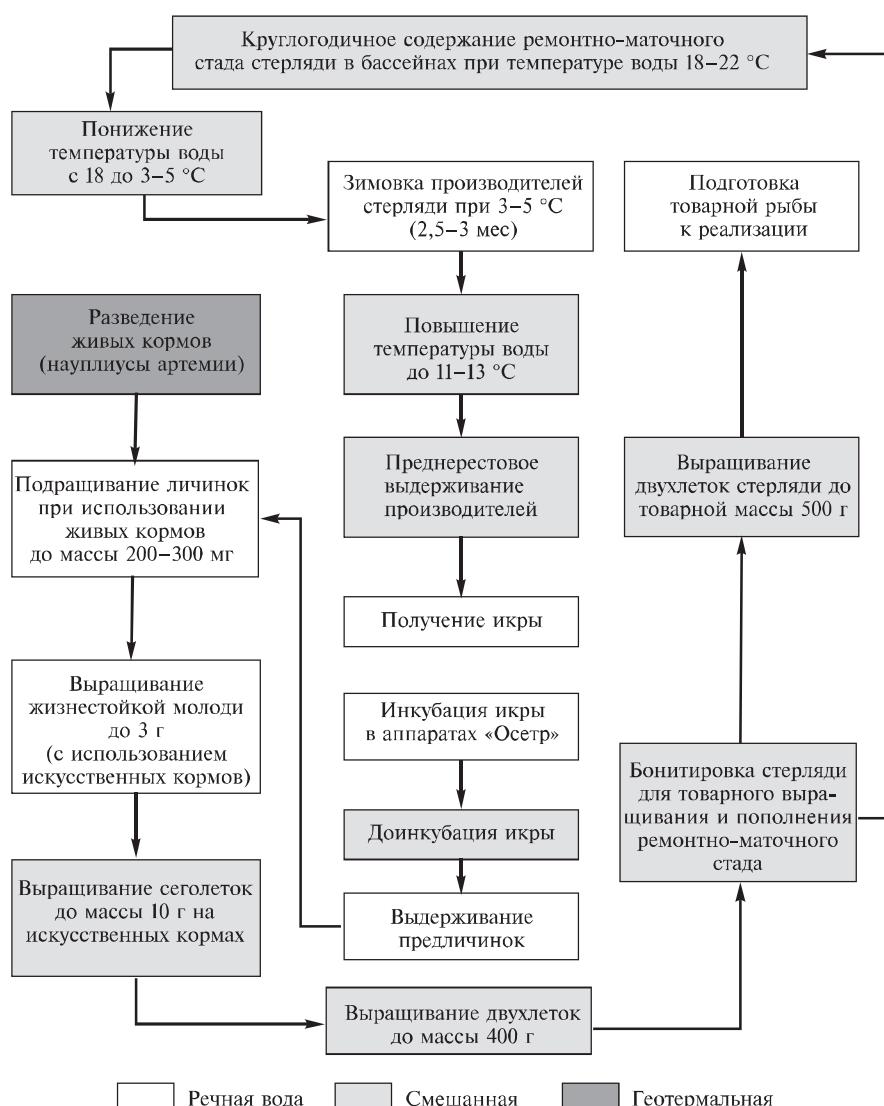
– преднерестовый период для производителей. Переход в нерестовый режим выполняли в течение 12–15 сут при естественном повышении температуры речной воды до 11–12 °C. Термальную воду добавляли в соотношении 1 : 4 для поднятия температуры речной воды (на 3–4 °C) с целью ускорения созревания производителей после гипофизарных инъекций;

– инкубация икры стерляди. В связи с повышенной чувствительностью эмбрионов к физико-химическим свойствам воды использовали лишь речную воду, особенно на первых стадиях зародышевого развития. Геотермальную воду применяли как вынужденную кратковременную меру при естественном понижении температуры речной воды (после 26-й стадии, не более 1/9 части);

– инкубация чист артемии. Теплую солоноватую воду с естественной соленостью (4,3 г/дм³) применяли как рабочий инкубационный раствор.

— подращивание молоди и содержание ремонтно-маточного стада. Использовали речную воду при естественном температурном режиме 18–22 °С.

Разработанная технологическая схема выращивания стерляди с применением геотермальной и речной воды позволяет за 11–12 мес получать товарных двухлеток средней массой 500 г (см. рисунок). Сортировку рыбы для товарного выращивания и для маточного стада проводили с помощью УЗИ-сканирования у двухлеток средней массой 400 ± 78 г в возрасте 10 мес по достижении у особей 2-й стадии зрелости гонад. Через год содержания



Технологическая схема выращивания сибирской стерляди до товарной массы при использовании геотермальной воды

PMC стерляди в технологический цикл начинали включать ежегодную искусственную зимовку продолжительностью 76–90 сут (середина января – апрель) при сумме температур 310,0–706,3 градусо-дней. Оptимальным способом перевода PMC в режим зимовки и вывода из него является содержание при естественной температуре водной среды (3–5 °C) не менее 3 мес.

Опыт бассейнового выращивания стерляди с использованием термальной воды показал быстрый рост этого вида по сравнению с особями, обитающими в природных условиях. Так, максимальная масса двухлеток составила 800 г, трехлеток – 1,6 кг, пятилеток – 4,5 кг. Удельная скорость роста рыбы была наибольшей у сеголеток – 0,05–0,06 при массе от $9,0 \pm 0,9$ до $22,0 \pm 1,4$ г. На основании полученных данных по удельной скорости роста стерляди массой от 0,05 до 1,6 кг для определения суточных норм расхода комбикормов составлены расчетные таблицы (табл. 1).

После проведения бонитировки небольшую часть особей, обладающих высоким темпом роста и развитыми гонадами, оставляли для формирования маточного стада. Объемы гонад рассчитывали по данным измерений линейных показателей на эхограммах [3]. Коэффициент зрелости гонад у самок в возрасте 1+ варьировал от 0,13 до 2,84 % при среднем значении 1,4 %. Яичники и семенники находились на 2-й завершенной стадии развития. При УЗИ-диагностике семенники 2-й стадии (*M 2*) легко идентифицировались, поскольку генеративная ткань гипоэхогенна, а жировая анэхогенная ткань еще не развита. У самок стерляди на стадии зрелости *F 2* хорошо просматривалась вертикальная исчерченность более светлых яйцевых пластин и темных полос анэхогенного жира. Следует отметить, что у некоторых наиболее крупных экземпляров (как самцов, так и самок) массой более 600 г гонады достигали 2-й жировой стадии зрелости (*F 2f, M 2f*). Генеративную ткань яичников и семенников при этом трудно визуализировать, поскольку большая часть гонады обрастила с латеральной и медиальной стороны жиром. На 3-й стадии развития гонад (*M 3*) самцы стерляди хорошо различимы. Структура гонад выглядела как очень светлая зона с четкими границами. Индекс зрелости гонад самок стерляди равен 6,8–7,7 %. Яичники находились как на 3-й завершенной стадии развития (*F 3*), так и на 3–4-й стадиях (*F 3–4*). На эхограмме такие

Таблица 1
Суточные нормы расхода комбикорма для PMC сибирской стерляди

Начальная	Конечная	Средняя	Период, сут	Удельная скорость роста	Суточный прирост, кг	Суточный рацион, кг	Суточная норма, %	
							расчетная	фактическая
0,05	0,1	0,075	70	0,0160	0,0012	0,0019	2,6	2,5
0,1	0,2	0,15	138	0,0071	0,0012	0,0017	1,1	1,5
0,2	0,4	0,3	195	0,0050	0,0015	0,0024	0,8	1,0
0,4	0,8	0,6	250	0,0030	0,0018	0,0029	0,5	0,5
0,8	1,6	1,2	548	0,0013	0,0015	0,0024	0,2	0,3–1,0

Примечание. Кормовой коэффициент составляет 1,6.

Таблица 2

Рыбоводно-биологическая характеристика самок стерляди при выращивании с использованием геотермальной воды; ТРИ

Возраст, лет	n	Масса рыбы, кг	Длина рыбы, см	Рабочая плодовитость, тыс. шт.	Число икринок в 1 г, шт.			Коэффициент зрелости икры, %
						Масса одной икринки, мг	Относительная плодовитость, тыс. шт./кг	
5	85	0,72 ± 0,98	41 ± 2	17,9 ± 6,4	0,2 ± 0,1	119 ± 5	8,4 ± 0,1	24,9 ± 1,0
6	63	1,05 ± 0,05	58 ± 1	15,9 ± 1,3	0,2 ± 0,1	132 ± 4	7,7 ± 0,2	15,6 ± 1,0
7	40	1,19 ± 0,06	60 ± 1	19,3 ± 1,2	0,2 ± 0,1	118 ± 3	8,5 ± 0,1	18,1 ± 1,0
9	2	1,40 ± 0,78	64 ± 1	14,4 ± 5,3	0,3 ± 0,1	80 ± 2	12,5 ± 0,3	11,0 ± 0,4
Среднее...		1,09 ± 0,47	56 ± 1	16,9 ± 3,6	0,2 ± 0,1	112 ± 4	9,3 ± 0,2	17,4 ± 0,9

ооциты имели неоднородную зернистую структуру и контрастно выделялись на фоне темной жировой ткани [3].

Использование термальных вод позволило повысить годовой теплозапас в 1,6–2,4 раза и сократить период выращивания стерляди в 2–4 раза. Созревание части самцов стерляди (до 10 %) началось в 2 года, самок (до 25 %) – в 3–4 года (сумма эффективных температур 18667–25780 градусо-дней). Средняя масса впервые нерестящихся самок составила $920,21 \pm 50,23$ г (с колебаниями от 543 до 1371 г); самцов – $800,0 \pm 34,1$ г. Число икринок в 1 г икры $153 \pm 7,2$ шт., средняя рабочая плодовитость $0,41 \pm 0,87$ тыс. шт. икринок с колебаниями от 5,37 до 18,16 тыс. шт. Массовое созревание самок стерляди отмечено в 5–6-годовалом возрасте при средней массе рыбы 1009 ± 47 г (максимальная – 4,5 кг). Средняя рабочая плодовитость $16,9 \pm 3,6$ тыс. икринок, наибольшая – 64,8 тыс. шт. Гонадо-соматический индекс у 5-летних самок достигал $20,8 \pm 2,6$ %. При ежегодном отборе икры его значения опускались до $13,3 \pm 1,7$ % (6 лет) и $16,8 \pm 1,0$ % (7 лет). При увеличении межнерестового интервала до 2 лет индекс зрелости увеличивался в 1,3–1,7 раза (до $22,1 \pm 1,1$ %) (табл. 2).

При стимуляции производителей для ускорения их созревания определено, что однократное использование препарата «Сурфагон» в количестве 10 мкг/кг не дает положительной реакции фолликулов на инъекцию. Выявлено, что наиболее эффективной схемой для стимуляции созревания самок является градуальное введение препарата (сенсибилизирующая и разрешающая инъекции) с интервалом 12 ч в следующих дозах: вариант С (1 + 15) – предварительная инъекция 1 мкг/кг, разрешающая – 15 мкг/кг; вариант С (1 + 30) – предварительная 1 мкг/кг, разрешающая – 30 мкг/кг. При повышении температуры воды до 18,0 °C следует рекомендовать использование сурфагона в количестве С (1 + 15) мкг/кг с двухступенчатой схемой инъектирования. При понижении температу-

ры до 16,0–16,2 рС необходимо увеличение препарата до 31 мкг/кг и применение варианта С (1 + 30) мкг/кг.

В ходе исследований разработан режим выдерживания и подращивания личинок стерляди при использовании смешанной термальной воды. Расход воды за время выдерживания сохраняли на уровне 5,9 л/мин. При температуре воды 19–21 рС период питания за счет запасов желточного мешка составлял 5–7 сут. Выживаемость личинок достигала 95–99 %. В период подращивания расход воды увеличивали до 6,3–8,3 л/мин. Температура воды колебалась в пределах 18,1–23,0 рС со средним значением 21,8 рС. Выживаемость личинок в возрасте до 19 сут достигала в среднем 80,4 % с колебаниями от 74,4 до 89,4 %. Максимальная интенсивность суточного отхода отмечена в первые 4 сут кормления (до 1,57 %). Подращивание личинок до массы 200–250 мг с помощью науплиусов артемии длилось 10–11 сут. В первые 2-е суток живой корм рекомендуется вносить 8 раз через каждые 3 ч, суточная норма – 10 % от массы тела личинок. На 3-и и последующие сутки кормление осуществляли каждый час по следующей схеме: 3-и сутки – 20 %, 4-е – 50, 5-е – 75, 6-е и последующие – 100 % от массы тела личинок.

При производстве живых кормов в значительных объемах для инкубации цист артемии используют не менее 20–35 г/дм³ соли NaCl, растворенной в пресной воде. Получены статистически достоверные результаты ($p < 0,05$) применения термальных вод с естественной соленостью (до 6 г/дм³) для инкубации цист артемии, которые позволили рекомендовать их использование без дополнительного внесения поваренной соли и подогрева воды. Установлена оптимальная норма загрузки сухих цист с активатором в количестве 12 г/дм³.

Реализация ростовых потенций молоди стерляди в аквакультуре может быть достигнута путем оптимизации условий кормления. Достоверно установлено ($p < 0,001$), что личинки стерляди при кормлении науплиусами артемии реализуют свои ростовые потенции на 23,1 %, при использовании науплиусов, обогащенных полиненасыщенными жирными кислотами (эйкозапентаеновой, докозагексаеновой) – на 31,6 %. С помощью метода биоценкапсуляции раков удалось повысить скорость весового роста личинок в 1,5 раза, калорийность сухого вещества – в 1,2 раза (с 4,60 до 5,29 кал/мг) и сократить период кормления живым кормом на 1,5–2 сут, что крайне важно в условиях промышленного подращивания молоди. Кроме того, метод обогащения применяли для введения личинкам стерляди витаминов и профилактических средств. После «пропитки» науплиусов пробиотиком «Нарине-форте» и комплексом витаминов «Триовит» совместно с жирными кислотами весовой рост рыбы увеличился в 2,8 раза по сравнению с кормлением необогащенным кормом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате комплексных рыбоводно-биологических исследований впервые разработана биотехнология товарного выращивания двухлеток стерляди на энергосберегающих геотермальных водах хлоридно-натриевого класса с общей минерализацией до 5 г/дм³, позволяющая сократить период выращивания рыбы до товарной массы в 2–4 раза. Предложенные

биотехнологическая схема и нормативы помогут рационально и эффективно управлять геотермальными ресурсами на разных этапах онтогенеза стерляди. Рекомендованные методы подготовки минерализованных вод позволяют их использование вне зависимости от условий окружающей среды, что крайне важно при индустриальном выращивании рыбы в Западно-Сибирском регионе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боронецкая О.И. Использование геотермальных вод в рыбоводстве // Рыб. хоз-во. – 2004. – № 5. – С. 54–56.
2. Алексин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев В.А. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 270 с.
3. Чебанов М.С., Галич Е.В. Ультразвуковая диагностика осетровых рыб. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. – 134 с.

Поступила в редакцию 30.09.2011

M.A. CHEPURKINA, Candidate of Science in Biology, Sector Head,
A.I. KOVALENKO, Senior Researcher,
I.N. SEMENOVA, Junior Researcher

Federal State Unitary Enterprise "State Scientific-and-Production Centre for Fisheries"
e-mail: g-r-c@mail.ru

BIOTECHNOLOGICAL METHODS TO REAR COMMERCIAL STERLET ON GEOTHERMAL WATER IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

There is suggested an energy-saving biotechnology of using natural thermal underground water mixed with river surface water to rear Siberian sterlet *Acipenser ruthenus marsiglii* (Brandt) from the Irtysh up to conditioned weight all year round. The salt structure of geothermal water classified as sodium chloride waters with total mineralization up to 5 g/dm³ has been determined, and the main preparatory work for applying it in sturgeon aquaculture has been characterized. It has been revealed that a degree of using thermal water varies depending on biotechnology process stages of sterlet rearing. Monitoring of brood stock by the method of ultrasonic scanning was carried out with the purpose of early detection of gender, gonad maturities and forecasting spawner maturation. There is presented a biotechnological scheme to rear commercial two-year-old sterlet from the brood stock formed. Specifications and technology for commercial rearing of Siberian sterlet up to the age of 2 have been developed taking into consideration chemical parameters of geothermal water. It has been proved that the use of thermal water allows increasing the annual sum of warm water temperatures 1.6–2.4 times and reducing the sterlet rearing period 2–4 times.

Keywords: two-year-old sterlet, geothermal water, water preparation, biotechnological scheme, specifications, all-year rearing.
