

## Эффективность искусственного воспроизводства сига (*Coregonus lavaretus* L.) Куршского залива Балтийского моря

DOI

Доктор биологических наук, профессор **С.В. Шибает** – Заведующий кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»); Кандидат биологических наук **Л.В. Шибает** – Зам. начальника Калининградского филиала ФГБУ «Главрыбвод»; аспирант **В.Г. Малиновский** – кафедра водных биоресурсов и аквакультуры Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

@ shibaev@kltgu.ru;  
shibaev.lv@gmail.com;  
malinovski@lenta.ru

### Ключевые слова:

Куршский залив, сиг, искусственное воспроизводство, популяционные параметры, индекс численности, размерно-возрастная структура, промысловые уловы

### Keywords:

Curonian lagoon, white-fish, artificial restocking, population parameters, abundance index, length-age structure, commercial catch

### EFFICIENCY OF ARTIFICIAL REPRODUCTION OF WHITEFISH (*COREGONUS LAVARETUS* L.) OF THE CURONIAN LAGOON OF THE BALTIC SEA

Doctor of Biological Sciences, Professor **S.V. Shibaev** – Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture Kaliningrad State Technical University (KSTU); Candidate of Biological Sciences **L.V. Shibaev** – Deputy. Head of the Kaliningrad Branch of the Federal State Budgetary Institution "Glavrybvod"; Postgraduate student **V.G. Malinovskiy** – Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture Kalinin-Gradsky State Technical University (KSTU)

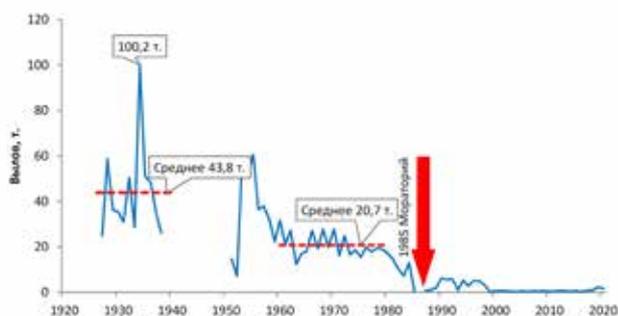
The paper examines the effectiveness of artificial reproduction of the whitefish of the Baltic Sea, which in autumn comes to spawn in the Curonian Lagoon. Reproduction of whitefish began in 2009 at the experimental fish farm of FSI "Zapaltrybvod". The planned volume of reproduction is 150 thousand juveniles of 1-10 g. Due to the technology improvement, the actual volume in recent years has reached 350 thousand pieces. The rate of commercial return of whitefish is unknown. As an indicator of the effectiveness of artificial reproduction, biological parameters of the whitefish spawning stock have been used, which are annually assessed based on the monitoring results. It has been established that over 10 years of operation of the fish-breeding plant, there has been a change in the size and age structure of the population towards rejuvenation, which indicates recruitment increase, possibly as a result of artificial reproduction. At the same time, an increase has been noted in the indices of the number of the spawning stock of whitefish by 10 times and the volume of commercial catch by 4 times. All these can serve as artificial reproduction effectiveness indicators. It is recommended to modify the monitoring system for whitefish during harvesting of its spawners in order to obtain a more complete picture of the state of its population and assess artificial reproduction effectiveness.

Искусственное воспроизводство ценных видов рыб, запасы которых находятся в депрессивном состоянии, является важнейшим способом сохранения биологического разнообразия и, в перспективе, обеспечения устойчивого рыболовства. В на-

стоящее время финансирование данного вида деятельности в России возможно, как за счет бюджетных средств, так и за счет средств, направляемых на компенсацию различных видов хозяйственной деятельности, наносящих ущерб

водным биоресурсам и среде их обитания. При этом одной из сложнейших проблем является оценка эффективности искусственного воспроизводства. В соответствии с действующей методикой оценки ущерба показателем эффективности выступает коэффициент промыслового возврата, который утвержден для многих видов водных биоресурсов. Значение их в большинстве случаев не подтверждено реальными исследованиями, что не позволяет оценить фактическую эффективность искусственного воспроизводства [7; 10]. Наиболее достоверным способом оценки промыслового возврата является мечение выпускаемой молодежи и затем подсчет количества возвращенных меток. Однако проведение подобных работ требует очень больших материальных затрат как по самому мечению, так и по учету меченых особей в улове. Кроме того, необходимо принимать во внимание тот факт, что первые метки могут быть получены только через период времени, когда впервые созревшие производители придут на нерестилища. Очевидно, что этот период равен возрасту наступления половозрелости данного вида рыбы и может составлять от двух лет, например, для горбуши, до 20 и более лет – для осетровых. Все указанные обстоятельства делают применение метода мечения весьма проблематичным.

В этой связи нам представляется возможной оценка эффективности искусственного воспроизводства по данным о биологических параметрах популяции. В соответствии с общими закономерностями динамики популяций рыб, поступление в популяцию дополнительного количества молодежи, полученной за счет искусственного воспроизводства, неизбежно должно отразиться на биологических параметрах запаса.



**Рисунок 1.** Динамика промысловых уловов сига в Куршском заливе

**Figure 1.** Dynamics of commercial whitefish catches in the Curonian Lagoon

К числу таких параметров можно отнести относительную численность нерестовой популяции, размерно-возрастную структуру, средние размерно-весовые показатели особей [5]. Оценка их входит в стандартную схему ихтиологического мониторинга, результаты которого таким образом могут служить показателем промыслового возврата и эффективности искусственного воспроизводства.

**Цель настоящей работы** – оценка эффективности искусственного воспроизводства сига Куршского залива.

Исследуется эффективность искусственного воспроизводства сига Балтийского моря, который в осенний период заходит на нерест в Куршский залив. Воспроизводство сига было начато в 2009 году в экспериментальном рыбноводном цехе ФГУ «Запбалтрыбвод». Плановый объем воспроизводства – 150 тыс. молоди навеской 1-10 граммов. За счет усовершенствования технологии фактический объем в последние годы достиг 350 тыс. штук. Коэффициент промыслового возврата сига неизвестен. В качестве показателя эффективности искусственного воспроизводства использовались биологические параметры нерестового стада сига, которые ежегодно оцениваются по результатам мониторинга. Установлено, что за 10 лет работы рыбноводного предприятия произошло изменение размерно-возрастной структуры популяции в сторону омоложения, что свидетельствует об увеличении численности пополнения, возможно, в результате искусственного воспроизводства. Одновременно с этим отмечено увеличение индексов численности нерестового стада сига в 10 раз и объемов промышленного вылова в 4 раза. Все это может служить показателем эффективности искусственного воспроизводства. Рекомендовано модифицировать систему мониторинга сига в период заготовки его производителей с целью получения более полной картины состояния его популяции и оценки эффективности искусственного воспроизводства.

Материалом для настоящей статьи послужили данные мониторинга нерестового стада сига, который осуществляется параллельно с заготовкой производителей для искусственного воспроизводства. Проанализированы уловы ставными сетями с шагом ячеи 55 мм за период 2009-2020 годов. Лов проводился на нерестилищах в период нереста с конца октября по начало декабря. Общее количество обловов – 450. После взятия половых продуктов для воспроизводства, вся рыба подвергалась полному биологическому анализу со взятием чешуи для определения возраста. Всего исследовано более 3 тыс. особей.

Полупроходной сиг обитает в прибрежной части Балтийского моря, но, начиная с возраста 4-5 лет, мигрирует в Куршский залив, где в период октябрь-декабрь происходит его нерест и до 1980-х годов велся его промышленный лов. На протяжении последних 100 лет вылов сига колебался в широких пределах. В период перед Второй мировой войной средняя величина улова сига составляла около 44,1 т, а максимальный вылов – 100,2 т, был отмечен в 1936 году. В послевоенный период, вероятно в связи с возрастанием запаса, обусловленного запуском рыболовства во время войны, российские рыбаки быстро освоили данный вид промысла и на несколько лет увеличили вылов до 50-60 тонн. В последующем произошла стабилизация улова на уровне около 25 т, который сохранялся на протяжении 20 лет вплоть до конца 1970-х годов. К середине 1980-х начали наблюдаться признаки деградации популяции

сига, проявившиеся в быстром снижении уловов [1; 2; 3]. Причинами такого явления могли быть либо чрезмерная интенсивность рыболовства, либо нарушение естественного воспроизводства. Для снижения возможного отрицательного влияния промысла, в 1985 г. был введен мораторий на промышленный лов сига, который, однако, не дал никакого результата – даже через 10 лет запас не восстановился (рис. 1). Этот факт может свидетельствовать о том, что не промысел стал причиной падения численности сига. В связи с этим было сделано предположение о нарушении условий естественного нереста данного вида и целесообразности организации его искусственного воспроизводства. В 2009 г. на Куршской косе в пос. Лесное ФГУ «Запбалтрыбвод» ввел в эксплуатацию экспериментальный рыболовный цех по воспроизводству сига в Куршском заливе. Плановая мощность цеха – 150 тыс. молоди сига навеской 1-10 граммов.

Технологическая схема работы цеха может быть описана следующим образом [4; 5; 6]. Заготовка производителей сига ведется на двух известных нерестилищах Куршского залива, расположенных в районах пос. Рыбачий и Киевское в период ноября-декабря, при снижении температуры воды до 5°C. Лов производится ставными сетями с шагом ячеи 55 мм. В среднем используется до 20 сетей длиной 50 метров. Пойманные производители выдерживаются в бассейнах с проточной водой, самки отдельно от самцов, до достижения ими пятой стадии зрелости. Гипофизарное стимулирование не применяется. Отобранная и осеменная икра инкубируется в аппаратах Вейса при температуре 2°C в течение 90-150 суток. Вылупление происходит обычно в феврале-апреле при повышении температуры до 6-7 градусов. Вылупившиеся личинки помещаются в личиночный цех, имеющий 6 бассейнов емкостью 0,9 куб. м, и 22 пластиковых бассейна емкостью 1 куб. м каждый, где подращиваются в течение 90 дней до достижения массы 300 мг. Затем подращенные личинки переводятся в мальковый цех, имеющий 29 бассейнов емкостью 2 куб. м каждый и выращиваются при температуре от 14 до 18 градусов в течение 90-180 дней до навески 1 грамм. Плотность посадки составляет 50 тыс. шт./м<sup>3</sup> для личинок и 12 тыс. шт./м<sup>3</sup> для мальков.

Цех имеет замкнутую систему водоснабжения. Подпитка водой осуществляется из скважины глубиной 68 метров. Вода подвергается обезжелезиванию и поступает в производственный процесс. Очистка воды происходит в 5 биофильтрах емкостью 5-32 м<sup>3</sup>. Общий объем воды в системе составляет 80 м<sup>3</sup>.

Подращенная молодь выпускается в Куршский залив в период май-август навеской от 1 грамма. Первоначально рекомендованная навеска выпускаемой молоди 10 гр. оказалась биологически необоснованной. Исследования показали [7], что в естественных условиях, после вылупления, молодь сига нагуливается в Куршском заливе в течение лета, а затем мигрирует в Балтийское море через Клайпедский пролив. В возрасте одного года молодь сига уже обитает в море и, согласно результатам обратных расчислений, имеет массу около 8 граммов. Поэтому при выращивании молоди в искусственных условиях до большей навески она либо потеряет миграционный инстинкт, либо не



**Рисунок 2.** Заготовка производителей сига в подледный период

**Figure 2.** Preparation of whitefish producers during the ice period

будет иметь достаточного времени для перемещения из района нерестилищ, которые расположены на расстоянии 75-90 км от Клайпедского пролива, в море.

Начало работы экспериментального цеха в 2009 г. совпало с периодом крайней депрессии популяции сига. В первые три года одной из главных проблем была заготовка необходимого количества производителей. В 2010 г. пришлось даже вести лов сига подо льдом, что создавало дополнительные сложности в организации работ (рис. 2). Несмотря на это даже в первые годы план по выпуску молоди выполнялся ежегодно – выпуск колебался в пределах 160-220 тыс. штук.

Анализ результатов работы показал, что предложенная первоначально, технологическая схема не является оптимальной. Так, имеющиеся мощности



**Рисунок 3.** Расположение нерестилищ и мест отлова производителей сига в Куршском заливе

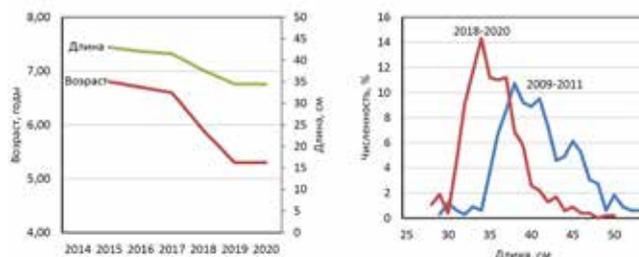
**Figure 3.** Location of spawning grounds and fishing grounds for whitefish producers in the Curonian Lagoon

инкубационного цеха используются только наполовину, а личиночный цех задействован только в течение одного месяца. В связи с этим была предложена и внедрена, так называемая, схема «двойного выклева» [6]. Суть ее заключается в следующем. Инкубация икры осуществляется при температуре 2°C в течение 90 суток. Затем одна партия икры продолжает инкубацию при этой же температуре, за счет искусственного охлаждения, а вторая переходит на стадию вылупления, за счет подогрева воды до 5-7°C. Полученные личинки подращиваются в личиночном цехе в течение 30 дней до навески 300 мг, а затем переводятся на выращивание в мальковый цех. К этому времени температура инкубации второй партии постепенно поднимается, что стимулирует вылупление личинок, которые пересаживаются в освободившийся личиночный цех. В течение 90 дней идет параллельное выращивание личи-



**Рисунок 4.** Выпуска молоди сига  
Экспериментальным рыбоводным  
заводом ФГБУ «Запбалтрыбвод»

**Figure 4.** The release of whitefish juveniles  
by the Experimental Fish Hatchery of the Federal State  
Budgetary Institution Zapbaltrybvod



Средне размерно-весовые  
показатели

Размерная структура  
улова

**Рисунок 5.** Размерно-возрастные  
характеристики нерестового стада сига

**Figure 5.** Size and age characteristics of a whitefish  
spawning herd

нок в личиночном цехе и мальков – в мальковом цехе. После достижения заданной навески, что обычно бывает в начале мая, происходит выпуск подращенной молоди в Куршский залив. Оставшиеся личинки распределяются между личиночным и мальковым цехами и дорастиваются до необходимой навески для выпуска в залив. Обычно это происходит в мае-июле.

Таким образом, совершенствование технологии инкубации и выращивания сига в условиях экспериментального цеха позволяет дважды использовать одни

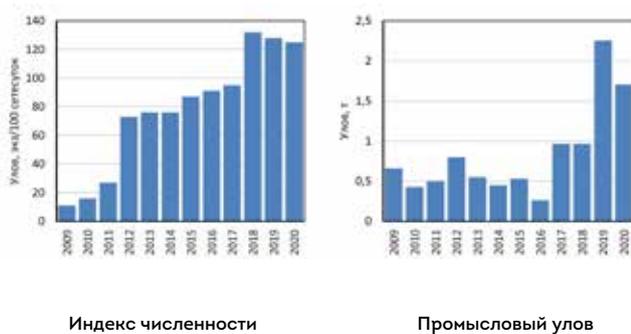
и те же выростные емкости и, по крайней мере, вдвое увеличить количество выпускаемой молоди. Фактически в последние годы объем зарыбления колебался в пределах 300-370 тыс. шт., т.е. превышал плановые показатели почти в 2,5 раза (рис. 4). Это позволило приблизиться к рекомендуемой величине приемной емкости [8] и, помимо государственного финансирования, вовлечь в процесс восстановления запаса сига Куршского залива компенсационные средства в объеме и по расценкам, утверждаемым ФГБУ «Главрыбвод».

Рассмотрим теперь насколько эффективными являются предпринимаемые меры по искусственному воспроизводству сига. В настоящее время фактический коэффициент промыслового возврата сига неизвестен и возможна только его теоретическая оценка путем математического моделирования [10]. В этой связи, в качестве реального показателя эффективности, могут использоваться следующие характеристики:

- 1) размерно-возрастная структура популяции сига;
- 2) плотность рыбного населения;
- 3) промысловые уловы.

1. Выпуск дополнительного количества молоди, за счет искусственного воспроизводства, должен отразиться на структурных характеристиках популяции. В частности, типичным признаком увеличения количества рыбы младших возрастов является омоложение популяции, которое проявляется в снижении средней массы, длины и возраста рыбы [5; 9]. Однако данный эффект может проявиться только через 4-5 лет после начала искусственного воспроизводства, когда в нерестовое стадо вступит особи, достигшие половой зрелости. Данная картина действительно имеет место (рис. 5). Начиная с 2015 г., наблюдается постепенное омоложение нерестового стада. Так, средний возраст особи снизился с 6,8 лет до 5,3, а средняя длина – с 43 до 35 см у самок и с 40 до 33 см у самцов. Изменение средних размерно-весовых показателей обусловлено структурной перестройкой нерестового стада сига, что отчетливо видно по изменению размерной структуры уловов. В период до начала искусственного воспроизводства (2009-2011 годы) нерестовая популяция была представлена более крупными особями, и модальная группа приходилась на рыб длиной 37-40 см. Через 7 лет, когда созрели особи, родившиеся в 2010-2011 годах, они пополнили запас. В результате увеличилось количество молоди, и в 2018-2020 гг. модальная группа сместилась на размеры рыб длиной 34-37 см. Данный факт может свидетельствовать о положительном влиянии искусственного воспроизводства на пополнение популяции сига.

2. Другим показателем, который может свидетельствовать об эффективности искусственного воспроизводства, является изменение численности нерестового стада. Ввиду того, что оценка абсолютной численности сига невозможна в условиях применения для отлова пассивных орудий лова – ставных сетей, приходится оперировать относительным показателем – индексом численности. В качестве индекса численности нами были использованы данные по уловам на единицу промыслового усилия – улов на 100 сетесуток в течение периода заготовки производителей. Оказалось, что если в первые годы работы экспериментального цеха заготовка производителей проводилась со значительными трудностями, т.к. уловы были очень



**Рисунок 6.** Динамика индекса численности нерестового стада и промыслового вылова сига в Куршском заливе

**Figure 6.** Dynamics of the index of the number of spawning herds and commercial whitefish catch in the Curonian Lagoon

низкими и не превышали 10 экз. на 100 сетесуток, то после 10 лет работы по искусственному воспроизводству индекс численности сига увеличился более чем в 10 раз (рис. 6). В этой связи исчезла проблема заготовки производителей, и в настоящее время рыбодный цех способен обеспечить получение икры сига, достаточного для искусственного воспроизводства одного и более миллиона штук молоди. Данный факт послужил основанием для расширения мощности завода, который уже в 2022 г. должен дать существенное увеличение объема зарыбления.

3. Третьим показателем увеличения численности популяции сига будет служить динамика промысловых уловов. В настоящее время лимитирование вылова осуществляется путем установления рекомендуемой величины на уровне 2,87 т, и вылов его допускается только в качестве прилова. Анализ промысловой статистики показывает, что, после семи лет проведения работ по искусственному воспроизводству, промысловый вылов увеличился в два раза с 0,5 до 1,0 т, а в последние годы возрос в четыре раза, по сравнению с начальной величиной.

Таким образом, примененный метод анализа биологических параметров нерестовой популяции сига в Куршском заливе позволяет сделать заключение о положительном влиянии искусственного воспроизводства на состояние запасов этого вида и о его эффективности даже без оценки величины промыслового возврата. Данный вывод позволяет рекомендовать модифицировать систему мониторинга нерестового стада сига. В частности, целесообразно проводить контрольный лов в течение всего периода нереста для получения наиболее полных данных о состоянии популяции. К сожалению, в настоящее время лов направлен только на получение необходимого для воспроизводства количества производителей и заканчивается, как только эта величина будет достигнута.

#### ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ:

1. Хлопников М.М. Состояние запасов рыб и их динамика в Куршском и Вислинском заливах Балтийского моря в современных экологических условиях // Гидробиологические исследования в Атлантическом

океане и бассейне Балтийского моря: сборник научных трудов. – Калининград: АтлантНИРО, 1994. – с.71-82.

1. Khlopnikov M.M. The state of fish stocks and their dynamics in the Curonian and Vislin bays of the Baltic Sea in modern ecological conditions // Hydrobiological research in the Atlantic Ocean and the Baltic Sea basin: a collection of scientific papers. – Kaliningrad: AtlantNIRO, 1994. – Pp.71-82.

2. Осадчий В.М. Регулирование рыболовства и стратегия использования рыбных ресурсов в Куршском заливе: Дис. ... канд. биол. наук: Калининград, 2000. – 178 с.

2. Osadchy V.M. Regulation of fishing and the strategy of using fish resources in the Curonian Lagoon: Dis. ... cand. biol. nauk: Kaliningrad, 2000. – 178 p.

3. Осадчий В.М. О состоянии естественного и искусственного воспроизводства европейского сига в Куршском заливе Балтийского моря. / В.М. Осадчий, О.А. Поляков, Л.В. Шибаев // Рыбное хозяйство. – 2011 – №6. – С. 72-73.

3. Osadchy V.M. On the state of natural and artificial reproduction of European whitefish in the Curonian Lagoon of the Baltic Sea. / V.M. Osadchy, O.A. Polyakov, L.V. Shibaev // Fisheries. – 2011 – No. 6. – Pp. 72-73.

4. Шибаев Л.В. Нерестовый ход сига в Куршском заливе и его зависимость от термических условия года / Л.В.Шибаев, С.В. Шибаев, А.В. Соколов // Рыбное хозяйство. – 2012 – №2. – С. 79-81.

4. Shibaev L.V. The spawning course of whitefish in the Curonian Lagoon and its dependence on the climatic conditions year / L.V.Shibaev, S.V.Shibaev, A.V.Sokolov // Fisheries. – 2012 – No. 2. – Pp. 79-81.

5. Шибаев Л.В. Характеристика нерестового стада сига (*Coregonus lavaretus* L.) Куршского залива / Л.В. Шибаев, Е.В. Шпокайте // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2014. – №32. – С. 91-98.

5. Shibaev L.V. Characteristics of the spawning herd of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) of the Curonian Lagoon / L.V. Shibaev, E.V. Shpokaite // Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – No.32. – Pp. 91-98.

6. Шибаев Л. В. Биотехника получения двух генераций сига (*Coregonus lavaretus*, L) Куршского залива при искусственном воспроизводстве на базе экспериментального рыбодного цеха управления «Запбалтрыбвод» // Известия КГТУ. – 2015. – № 39. – С. 31-38

6. Shibaev L.V. Biotechnics of obtaining two generations of whitefish (*Coregonus lavaretus*, L) of the Curonian Lagoon with artificial reproduction on the basis of the experimental fish-breeding workshop of the Zapbaltrybvod management // Izvestiya KSTU. – 2015. – No. 39. – Pp. 31-38

7. Шибаев Л.В. Эколого-биологические и биотехнические основы воспроизводства сига (*Coregonus lavaretus* L) Куршского залива Балтийского моря. - Дис...канд. биол. наук. Калининградский государственный технический университет. – Калининград, 2016 – 160 с.

7. Shibaev L.V. Ecological, biological and biotechnical bases of whitefish (*Coregonus lavaretus* L) reproduction in the Curonian Lagoon of the Baltic Sea. - Diss... cand. biol. sciences. Kaliningrad State Technical University. – Kaliningrad, 2016 – 160 p.

8. Шибаев С.В. К методике оценки приемной емкости и промыслового возврата при искусственном воспроизводстве сига (*Coregonus lavaretus*) Куршского залива. / С.В. Шибаев, Л.В. Шибаев // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2016а. – Т. 3. – № 2 (10). Апрель. – С. 56-69

8. Shibaev S.V. To the methodology for assessing the receiving capacity and fishing return during artificial reproduction of whitefish (*Coregonus lavaretus*) of the Curonian Lagoon. / S.V. Shibaev, L.V. Shibaev // Bulletin of Fisheries Science. - 2016a. – Vol. 3. – No. 2 (10). April. – Pp. 56-69

9. Шибаев С.В. Промысловая ихтиология. – Калининград: ООО «Аксиос», 2014а. – 535 с.

9. Shibaev S.V. Commercial ichthyology. – Kaliningrad: LLC "Axios", 2014a. – 535 p.

10. Шибаев С.В. Формализация методики оценки промыслового возврата при искусственном воспроизводстве водных биоресурсов. // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – № 2. – С. 247-264.

10. Shibaev S.V. Formalization of the methodology for assessing commercial return in the artificial reproduction of aquatic biological resources. // Fishing issues. - 2018. – Vol. 19. – No. 2. – Pp. 247-264.