

УДК 639.2.081  
ББК 47.225.2.02

*А. В. Мельников, В. Н. Мельников, Ю. Б. Гребенщиков*

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ СЕТНЫХ ОРУДИЙ ЛОВА

*A. V. Melnikov, V. N. Melnikov, Yu. B. Grebenschchikov*

## SOME STUDY RESULTS OF NETTING FISHING GEAR SELECTIVITY

Обобщены закономерности селективных свойств и селективности сетных мешков и сетей на основе ранее выполненных теоретических и экспериментальных работ авторов статьи. В результате обобщения уточнена область применения математических моделей для оценки селективных свойств и селективности концентрирующих частей орудий лова; определены особенности оценки оптимального размера ячеи сетных мешков и сетей при облове одновидовых и многовидовых скоплений рыбы; установлены условия совместного или раздельного определения размера ячеи для различных объектов, районов и сезонов промысла; показаны особенности оценки и регулирования промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров; разработаны новые комплексные способы оценки размера ячеи, промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров; определены условия регулирования лова только интенсивностью вылова, только селективностью лова и тем и другим одновременно; уточнены способы контроля селективности рыболовства для установления времени перехода на новые регламентирующие селективность лова показатели. По результатам обобщения всех материалов по селективности в целом установлено, что повышение эффективности селективного лова возможно в основном путем регулирования размера ячеи, промысловой меры на рыбу, допустимого прилова рыб непромысловых размеров, видового и размерного состава облавливаемых скоплений.

**Ключевые слова:** лов рыбы, селективность, экономическая эффективность, способы оптимизации.

The regularities of selective properties and selectivity of mesh bags and nets were summarized on the basis of previously performed theoretical and experimental works of the authors of the article. As a result of generalization, the application field of mathematical models for evaluation the selective properties and selectivity of concentrating parts of fishing gear was clarified; the features of evaluation of optimal mesh size of mesh bags and nets for fishing on single-species and multi-species fish aggregations were identified; the conditions for joint or separate determination of the mesh size for different objects, areas and seasons of fishing were determined; the features of assessment and management of fisheries measures for fish and the allowable by-catch of noncommercial fish sizes were shown; the new complex methods for evaluating mesh size, fishing measures for fish and the allowable by-catch of noncommercial fish sizes were developed; conditions for regulating of fishing only by the intensity of catch, the selectivity of fishing and both at once were stated; the ways of fishing selectivity control for establishing of transition time to new indicators regulating the selectivity of fishing were refined. By summarizing the results of all the materials on the selectivity in general it was found that the increasing of the efficiency of selective fishing was possible mainly by regulating the mesh size, the fishing measures for fish, the allowable catch of noncommercial fish size, species and size composition of fished aggregations.

**Key words:** fishing, selectivity, parameters of selectivity, optimization techniques.

### Введение

В последние годы изучению селективности лова, промысла и рыболовства уделяется много внимания. Показано, что селективность сетных орудий лова оказывает на состояние запасов и управления запасами не меньшее влияние, чем интенсивность рыболовства [1–4].

В результате наших исследований селективности рыболовства установлен ряд важных закономерностей и предложено несколько новых способов оптимизации селективности сетных мешков и сетей, которые облегчают решение практических задач управления селективностью рыболовства.

### Селективность сетных мешков

Селективность сетных мешков определяет селективные свойства наиболее важных орудий лова – тралов, кошельковых неводов, подхватов, ловушек. Получены следующие основные результаты и закономерности, связанные с селективностью рассматриваемых орудий лова:

- предложены новые полуэмпирические математические модели для оценки селективных свойств сетных мешков; полученные выражения позволяют рассчитывать параметры кривой селективности и строить кривые селективности для различных размеров ячеи с учетом всех основных факторов, влияющих на селективные свойства сетных мешков;
- разработаны многочисленные способы определения оптимального размера ячеи сетных мешков при облове одновидовых и многовидовых скоплений рыбы при самых разнообразных ограничениях на селективность и требованиях к селективности сетных мешков;
- сформулированы основные принципы регулирования селективности сетных мешков, прежде всего путем регулирования размера ячеи;
- установлены требования к точности расчетов размера ячеи и точности его измерения в процессе лова для различных условий лова;
- определены критерии перехода от действующего размера ячеи на новый размер при изменении условий лова;
- показано, что в ряде случаев, в основном из-за колебаний размерного и видового состава облавливаемых скоплений, размер ячеи сетных мешков следовало бы менять несколько раз в сутки и что такая замена не всегда возможна и целесообразна лишь из эксплуатационных соображений;
- определены условия совместного или раздельного определения размера ячеи для различных объектов, районов и сезонов промысла;
- показано, что при совместном определении размера ячеи, промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров по конкретным исходным данным независимыми являются лишь два значения из трех; это означает, например, что расчетному значению размера ячеи соответствует не одна, а множество пар взаимосвязанных значений промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров, и один из этих показателей (обычно промысловую меру на рыбу) можно принимать по данным какого-либо другого вида обоснования, а другой – по остаточному принципу;
- установлено, что допустимый прилов рыб непромысловых размеров необходимо ограничивать не только сверху, но и снизу;
- показано отрицательное влияние занижения допустимого прилова рыб непромысловых размеров на эффективность лова; особенно опасны в этом отношении требования практически нулевого прилова таких рыб, когда уход через ячею рыб промысловых размеров может достигать 50 % и более;
- определено правило для оценки максимально допустимых значений промысловой меры на рыбу;
- показано, что если число рыб непромысловых размеров в облавливаемых скоплениях (с учетом заданной промысловой меры на рыбу) превышает 25–30 %, то наблюдается или повышенный прилов рыб непромысловых размеров, или очень большой уход из сетного мешка рыб промысловых размеров;
- установлены негативные последствия резкого увеличения размера ячеи и промысловой меры на рыбу при переходе на новый уровень селективности и несовершенство в связи с этим известного метода «потерь и выгод» от изменения уровня селективности; предложен альтернативный вариант постепенного увеличения размера ячеи, при котором переход на новый уровень селективности более выгоден;
- показано, что, при прочих равных условиях, промысловая мера на рыбу и допустимый прилов рыб непромысловых размеров при лове объеживающими и отцеживающими орудиями лова в общем случае должны быть неодинаковыми;
- разработаны способы определения промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров; в соответствии со способами эти показатели определяют не только с учетом биологических показателей, но и размаха колебаний пополнения промыслового стада, интенсивности вылова, доли рыб непромысловых размеров в облавливаемых скоплениях, коэффициента естественной смертности и т. д.;

- разработан способ определения промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров с учетом наиболее рационального использования биомассы поколения промысловых рыб;
- разработаны новые комплексные способы оценки размера ячеи, промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров (в дополнение к известным способам их биологического обоснования и обоснования с применением основных уравнений селективности); они особенно полезны, например, при постоянном увеличении числа мелких рыб в облавливаемых скоплениях;
- показано, что повышение селективности сетных мешков связано не с увеличением коэффициента селективности, а с ростом диапазона селективности и доли рыб, не подверженных селективному действию ячеи сетного мешка, например, из-за больших уловов;
- определены условия, при которых необходимую селективность орудий лова можно получить только путем ограничения величины улова, времени производительной части цикла лова, остановки перемещения сетного мешка;
- определены селективные свойства сетных мешков из различных видов сетематериалов, с различной формой ячеи, из безузловых сетематериалов и установлена область их возможного применения;
- разработаны конструкции сетных мешков, обладающих повышенной селективностью;
- определены условия, при которых изменение селективности рыболовства оказывает на величину улова и интенсивность вылова большее влияние, чем изменение величины промыслового усилия, т. е. когда селективность рыболовства влияет на промысел и запасы больше, чем интенсивность рыболовства;
- определены условия, при которых рыболовство можно регулировать только интенсивностью вылова, только селективностью лова и когда тем и другим одновременно;
- разработаны способы контроля селективности рыболовства; они позволяют определять изменение селективности в пространстве и времени, соответствие принятых мер регулирования селективности реальным условиям промысла, устанавливать время перехода на новые регламентирующие селективность лова показатели.

### **Селективность сетей**

При изучении селективности обьечаивающих орудий лова прежде всего рассматривают селективные свойства сетей.

В соответствии с моделью А. В. Мельникова [5], функция кривой относительной уловистости выражена в виде полуэмпирической зависимости через параметры кривой – коэффициент селективности и диапазон селективности. Обычно для учета асимметрии рассматривают отдельно правую и левую половину кривой. Точнее асимметричность можно оценить, если в исходном уравнении кривой диапазон селективности выразить через «текущее» значение длины рыбы.

Одно из уточнений селективных свойств сетей связано с зависимостью деформации ячеи от размера ячеи и размера рыбы. Подставляя значение относительного удлинения ячеи в исходные выражения для коэффициента и диапазона селективности, получим выражения для коэффициента селективности и диапазона селективности с учетом влияния на эти параметры деформации ячеи.

На вид и параметры кривой относительной уловистости сети влияет способ обьечаивания рыбы – классический и «косое» обьечаивание, особенности запутывания и зацепления рыбы сетью и соотношение между этими видами захвата рыбы сетью. В уравнение кривой относительной уловистости входят параметры кривой в случае классического обьечаивания и параметры кривой в случае «косого» обьечаивания. При этом учитывают соотношение между долей рыб, обьеченных каждым из способов. Различные виды запутывания и зацепления рыбы в сочетании с обьечаиванием приводят к снижению селективности сетей, в результате чего увеличивается диапазон селективности сетей, а вершина кривой становится более плоской.

Следующее уточнение кривой относительной уловистости связано с учетом колебаний периметра максимального поперечного сечения тела рыбы, сжатия тела рыбы сетными нитями, размера ячеи, деформации ячеи. Показано, что неравномерность перечисленных показателей приводит прежде всего к увеличению ширины кривой и показателей ее эксцесса.

Получены простые и приближенные выражения коэффициента селективности и диапазона селективности сетей, в которых эти параметры зависят в основном от коэффициента полноты тела.

Для коэффициента селективности и диапазона селективности сетей характерны колебания. Показано, что для одного и того же объекта лова колебания этих параметров связаны в основном с неравномерностью обхвата тела рыбы, сжатия тела рыбы сетными нитями, с неравномерностью размера ячеи и деформации ячеи. Как правило, распределение параметров кривой относительной уловистости подчиняется закону нормального распределения.

Эффективность регулирования и контроля селективности сетей можно значительно повысить, если известны количественные и качественные закономерности влияния различных факторов на селективность сетей. Рассмотрены особенности влияния на параметры кривых относительной уловистости сетей коэффициента полноты и коэффициента сжатия тела рыбы, рабочего относительного удлинения ячеи, диаметра сетных нитей, размера ячеи.

Показано, что практически селективные свойства сетей можно регулировать размером и рабочим относительным удлинением ячеи, посадочным коэффициентом и толщиной сетных нитей. Если все факторы, кроме размера ячеи, способны увеличить или уменьшить коэффициент селективности и диапазон селективности кривой относительной уловистости максимум на 20–30 %, то влияние этих факторов на абсолютную уловистость чрезвычайно велико.

Селективные свойства сетей отличаются большей стабильностью, чем селективные свойства сетных мешков. Нестабильность селективных свойств сетей связана в основном с колебаниями видового и размерного состава облавливаемых скоплений. Такая нестабильность может носить неслучайный (например, сезонный) или случайный характер. Некоторые колебания параметров кривой относительной уловистости сетей обусловлены изменением полноты и механических свойств тела рыбы, деформацией ячеи в процессе эксплуатации. Наибольшие колебания коэффициента селективности связаны с сезонными изменениями полноты тела рыбы и могут достигать 0,03–0,04.

На основе анализа селективных свойств сетей рассмотрены особенности регулирования селективности с учетом различных ограничений на селективность и требований к селективности этих орудий лова.

Селективные свойства сетей регулируют, чтобы удовлетворить какие-то требования в отношении селективности, например в отношении прилова рыб промысловых размеров, ухода через ячею рыб промысловых размеров, гибели рыб, ушедших через ячею, вылова различных видов рыб или рыб разного пола в определенном соотношении, получения максимального улова и т. д. Регулирование может быть связано с повышением, снижением или стабилизацией селективности сетей, необходимостью соблюдения Правил рыболовства при колебаниях условий лова.

Регулирование селективных свойств сетей целесообразно при систематическом невыполнении требований в отношении селективности по объективным причинам, в связи с изменением техники и технологии лова, условий внешней среды, Правил регулирования рыболовства и т. д.

Селективные свойства сетей регулируют изменением размера ячеи, коэффициента селективности и диапазона селективности, показателей асимметрии и эксцесса.

Показано, что при лове сетями с одинаковым размером ячеи регулирование селективности сетей возможно прежде всего последовательным изменением размера ячеи.

Аналитическое решение задачи дискретного регулирования в подавляющем большинстве случаев невозможно по причине случайного, часто нестационарного характера изменения факторов, влияющих на регламентирующие селективность лова показатели. С учетом этого в основном применяют методы регулирования, основанные на контроле хода процесса изменения фактической селективности и прогнозирования этого процесса, например, с учетом прогноза размерного состава облавливаемых скоплений.

Для реального регулирования целесообразно возможно более тщательно установить постоянные границы районов, в пределах которых в дальнейшем производят регулирование во времени тех или иных показателей, регламентирующих селективность лова. Основой для установления постоянных границ районов могут служить рассмотренные нами методы объединения (или раздельного определения) показателей, регламентирующих селективность рыболовства для различных районов, сезонов и объектов лова, а также методы определения осредненных промысловых участков и осредненных периодов промыслового времени при решении различных промыслово-биологических задач.

Размер ячеи рассчитывают для некоторого периода времени и промыслового участка (периода осреднения и осредненного промыслового участка), которым соответствует по крайней мере достаточно постоянный размерный состав облавливаемых скоплений, производительность лова и постоянные физико-технические свойства материала сетей. По окончании периода осреднения расчеты размера ячеи повторяют для нового периода осреднения с иными размерным составом облавливаемых скоплений и параметрами кривой относительной уловистости.

Различие в размере ячеи для двух периодов осреднения может быть случайным и неслучайным. Если различие случайно, то размер ячеи можно оставить неизменным. Если различие неслучайно, то или переходят на новый размер ячеи, или корректируют (если возможно) Правила регулирования рыболовства в отношении промысловой меры на рыбу или допустимого прилова рыб непромысловых размеров с тем, чтобы оставить размер ячеи неизменным.

Случайный или неслучайный характер необходимого изменения размера ячеи в следующем периоде времени предложено оценивать методами дисперсионного анализа. Рассмотрена методика такой оценки. Такими же методами можно оценить целесообразность или нецелесообразность перехода на новый размер ячеи при различных ограничениях на рыболовство.

Часто рассчитывают размер ячеи для нескольких периодов промыслового времени. Тогда для каждого из периодов определяют расчетный размер ячеи, вычисляют средний размер ячеи и оценивают приемлемость его применения для всех периодов осреднения, исходя из заданного значения допустимого прилова рыб непромысловых размеров. Если применение среднего размера ячеи невозможно, то используют максимальный размер ячеи из полученных размеров.

Иногда в нескольких промысловых районах желательно применять одинаковый размер ячеи. В этом случае для каждого района строят графики в соответствии с основными уравнениями селективности сетей и для каждого из них определяют расчетный размер ячеи. Затем, сравнивая случайные колебания размера ячеи с неслучайными, методами дисперсионного анализа определяют, целесообразно ли в различных районах применять один размер ячеи.

Иногда регулирование размера ячеи сводится к поверочному расчету размера ячеи. Такой расчет служит, например, для уточнения срока действия и района действия заданного Правилами рыболовства размера ячеи; для оценки прилова рыб непромысловых размеров, ухода рыб промысловых размеров при этом размере ячеи и различных характеристиках промысла; при изменении конструкции и материала сетей; для оценки возможности применения заданного размера ячеи для другого допустимого прилова рыб непромысловых размеров или другой промысловой меры на рыбу.

Задача регулирования селективности лова набором сетей с различными размерами ячеи состоит в регулировании селективных свойств сетей с каждым размером ячеи, числа типоразмеров сетей с различными размерами ячеи и числа сетей каждого типоразмера.

Кривую относительной уловистости набора сетей с различными свойствами, в т. ч. с различным размером ячеи, необходимо определять с учетом производительности лова сетями разного типоразмера. Для этой цели используют математическую модель производительности лова сетями, разработанную А. В. Мельниковым [5].

Рассмотрены различные способы определения результирующей кривой относительной уловистости набора сетей с несколькими размерами ячеи. Учтено при этом, что производительность лова сетей разного типоразмера в общем неодинакова и что количество сетей в наборе с одинаковыми селективными свойствами может быть одинаковым или различным.

Особенности регулирования ассортимента набора сетей во многом зависят от ограничений на селективность и требований к селективности. Рассмотрены особенности решения задачи, когда необходимо вылавливать рыб заданного размера и вида в некотором соотношении и когда необходимо обеспечить максимальный улов на сеть.

Большое значение имеют особенности регулирования промысловой меры на рыбу и допустимого прилова рыб непромысловых размеров при лове сетями. Рассмотрены особенности их регулирования с учетом заданного размера ячеи и без его учета с применением основных уравнений сетей. Показано, что эти величины целесообразно ограничивать как сверху, так и снизу. Ограничение сверху способствует сохранению запасов промысловых рыб. Заниженный допустимый прилов рыб непромысловых размеров приводит к повышенному уходу через ячеи рыб промысловых размеров.

### Заключение

Таким образом, в ходе исследований обобщены селективные свойства и селективность сетных мешков и сетей, установлены основные факторы, влияющие на показатели селективности этих орудий лова, рассмотрены особенности регулирования их селективных свойств и селективности, показано, что повышение эффективности лова в рассматриваемом случае возможно в основном выбором размера ячеи, промысловой меры на рыбы допустимого прилова рыб непромысловых размеров, видового и размерного состава облавливаемых скоплений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников В. Н. Биотехнические основы промышленного рыболовства / В. Н. Мельников. М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. 216 с.
2. Мельников А. В. Селективность рыболовства / А. В. Мельников, В. Н. Мельников. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2005. 376 с.
3. Мельников А. В. Объячеивающие орудия лова. Техника. Теория. Проектирование / А. В. Мельников, В. Н. Мельников. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. 272 с.
4. Мельников А. В. Общая классификация и характеристика экологических систем управления / А. В. Мельников, В. Н. Мельников // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Рыбное хозяйство. 2009. № 1. С. 10–16.
5. Мельников А. В. Определение параметров кривой относительной уловистости и обоснование размера ячеи объячеивающих орудий лова / А. В. Мельников // Астрахань: Деп. в ЦНИТЭИРХ, 1988. рх-935. 39 с.

### REFERENCES

1. Mel'nikov V. N. *Biotekhnicheskie osnovy promyshlennogo rybolovstva* [Biotechnological basis of commercial fishing]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost', 1983. 216 p.
2. Mel'nikov A. V., Mel'nikov V. N. *Selektivnost' rybolovstva* [Fishing selectivity]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2005. 376 p.
3. Mel'nikov A. V., Mel'nikov V. N. *Ob"iacheivaiushchie orudiia lova. Tekhnika. Teoriia. Proektirovanie* [Meshing tools of catch. Technique. Theory. Designing]. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2010. 272 p.
4. Mel'nikov A. V., Mel'nikov V. N. *Obshchaia klassifikatsiia i kharakteristika ekologicheskikh sistem upravleniia* [General classification and characteristic of ecological systems of control]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Rybnoe khoziaistvo*, 2009, no. 1, pp. 10–16.
5. Mel'nikov A. V. *Opreделение parametrov krivoi otноситel'noi ulovistosti t obosnovanie razmera iachei ob"iacheivaiushchikh orudii lova* [Determination of parameters of curved relative catchability and justification of mesh size of meshing tolls of catching]. Astrakhan': Dep. v TsNITEIRKh, 1988. rkh-935. 39 p.

Статья поступила в редакцию 2.12.2013

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мельников Александр Викторович** – Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры «Промышленное рыболовство»; alex\_meln@list.ru.

**Melnikov Alexander Victorovich** – Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department "Industrial Fishery"; alex\_meln@list.ru.

**Мельников Виктор Николаевич** – Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры «Промышленное рыболовство»; alex\_meln@list.ru.

**Melnikov Victor Nickolaevich** – Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department "Industrial Fishery"; alex\_meln@list.ru.

**Гребенщиков Юрий Борисович** – Астраханский государственный технический университет; старший преподаватель кафедры «Промышленное рыболовство»; alex\_meln@list.ru.

**Grebenshchikov Yuriy Borisovich** – Astrakhan State Technical University; Senior Lecturer of the Department "Industrial Fishery"; alex\_meln@list.ru.