

УДК 639.2.081.1:551.465

В.И. Сеславинский*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ЗОНА ДЕЙСТВИЯ ЛОВУШЕК И СЕТЕЙ

Приведена методика расчета гидродинамической зоны действия ловушек для промысла рыбы. Дистанция обнаружения рыбой избыточного давления и изменения скорости течения зависит от порога чувствительности рецепторов боковой линии и пороговой скорости восприятия рыб. Представлены зависимости дистанции обнаружения рыбой турбулентных полей от скорости течения, площади сопротивления орудия лова, посадочных коэффициентов и ассортимента дели покрытия ловушек. Предложен вариант расчета зоны действия плоских сетных полотен.

Ключевые слова: давление и скорость течения, гидродинамическое поле, величина поля, скорость течения, параметры сетного полотна.

Seslavinsky V.I. Hydrodynamically effective area for traps and nets // Izv. TINRO. — 2015. — Vol. 183. — P. 278–283.

Method for estimation of hydrodynamically effective area for fishing traps and nets is presented. Fish can detect hydrodynamic excessive pressure and water flow turbulence on the distance that depends on its lateral line sensitivity and swiftness of perception, but also on the flow velocity, drag resistance of fishing gear, fit coefficients for its covering, and type of the covering. The latter dependencies are considered. Algorithm for calculation of the effective area for flat netting gears is derived.

Key words: hydrodynamic pressure, flow velocity, hydrodynamic field, field of food bait, netting gear.

Введение

Понятие «зона действия орудий лова» стали применять в промышленном рыболовстве в связи с необходимостью определения уловистости и коэффициентов уловистости сравниваемых орудий лова. Под коэффициентом уловистости орудия лова φ понимают отношение количества рыбы N_1 , пойманной за время N_1/t с определенной площади S , ко всей рыбе, находящейся на этой площади до начала лова $N_2 = Sq$ (Баранов, 1918; Денисов, 1978):

$$\varphi = \frac{N_1}{tN_2} = \frac{N_1}{qSt},$$

где q — плотность скопления.

В дальнейшем понятие «обловленная площадь» трансформировалось в зону влияния и зону действия орудия лова. Зона влияния — это пространство, в котором сказывается влияние орудия лова на поведение рыбы, из которого рыба еще может выйти, а в зоне действия рыба улавливается орудием лова (Войниканис-Мирский, 1963).

* Сеславинский Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: promryb@tinro.ru.

Seslavinsky Vyacheslav I., Ph.D., senior researcher, e-mail: promryb@tinro.ru.

И.В. Никоноров (1968, 1973) разделил зону влияния на «поле влияния», которое создается искусственно для привлечения или отпугивания рыбы от орудия лова, а также «зону удержания», в которой проявляются удерживающие свойства орудия лова. Зона влияния и поле влияния находятся перед зоной действия орудия лова. Зоной действия активных орудий лова А.И. Трещев (1974) предложил считать процеженный орудием лова объем воды. Для пассивных орудий лова, имеющих направляющие крылья (ставные невода, вентери), под зоной действия понимается объем воды, профильтрованной через орудия лова и направляющие крылья. По аналогии зону действия крючкового яруса А.И. Трещев (1974) предложил рассчитывать в виде объема шара с радиусом, равным длине крючкового поводца. Для ориентировочных расчетов зоны действия орудия лова В.Н. Мельников (1983) предлагает определять ее как расстояние, с которого рыба реагирует на избыточное давление, возникающее перед орудием лова.

Актуальность определения гидродинамической зоны орудия лова очевидна, так как к этому параметру постоянно обращаются биологи при определении сырьевых запасов, специалисты промышленного рыболовства при совершенствовании и определении эффективности орудий лова, изучении поведения объектов лова в зоне орудий лова.

Цель исследования — обоснование параметров зоны действия на рыб гидродинамических полей ловушек и сетных полотен.

Материалы и методы

Исследователи (Баранов, 1918; Войниканис-Мирский, 1963; Никоноров, 1968, 1973; Трещев, 1974; Денисов, 1978; Мельников, 1983) предлагают варианты расчета зоны действия орудий лова, но при этом не учитывают влияние биологических особенностей объектов лова, технических характеристик орудия лова и режима их работы на форму и размеры зоны действия орудия.

Дистанция обнаружения рыбой сетного полотна зависит от величины избыточного давления, появляющегося при движении орудий лова или наличии течения в месте установки стационарных орудий лова. Величина избыточного давления зависит от сопротивления орудия лова, которое определяется по формуле

$$R = C_x F_n \cdot \frac{\rho V^2}{2}, \quad (1)$$

$$F_n = F \frac{d}{a} \cdot \frac{1}{u_x u_y}, \quad (2)$$

где C_x — гидродинамический коэффициент сопротивления; ρ — плотность жидкости; V — скорость течения, м/с; F_n — площадь деля ловушки, м²; F — площадь сетного полотна; d/a — ассортимент деля; $u_x \cdot u_y$ — посадочные коэффициенты деля на ловушке, т.е. гидродинамическое возмущение в придонном слое, создаваемое орудием лова, зависит от скорости течения и площади ниток, которая, в свою очередь, зависит от габаритной площади сетного полотна, толщины ниток, шага ячеи и посадочных коэффициентов.

В малогабаритные ловушки рыба заходит, привлекаемая пищевыми приманками, а при отсутствии приманки побуждаемая исследовательским рефлексом. Очевидно, рыба обнаружит ловушку тем быстрее, чем больше ее гидродинамическое поле. При слабом освещении и отсутствии аттрактантов в ловушке рыба движется к ловушке по турбулентному следу, возникающему при обтекании ловушки течением. На любой глубине в результате придонных конвективных течений при постановке ловушек возникает гидродинамический подпор, по которому рыба, попавшая в эту зону, определяется с направлением движения на ловушку.

Гидродинамические поля, возникающие при постановке орудий лова, зависят от процессов переноса в водной среде. Для открытых частей океана вертикальные составляющие скорости ветровых и конвекционных течений в поверхностном слое изменяются в диапазоне 10^{-4} – 10^{-5} м/с (Степанов, 1968), а горизонтальные составляющие — в диапазоне 0,1–1,0 м/с (Войтов, 1965). На больших глубинах вертикальные составляющие течения уменьшаются до 10^{-5} – 10^{-6} , а горизонтальные составляющие — до 0,01–0,10 м/с.

В прибрежной зоне подводные течения имеют горизонтальную составляющую скорости, равную 0,01–1,0 м/с. В этой зоне доминируют ветровые и приливо-отливные течения с величиной скорости 1,0–1,5 м/с. В шельфовой зоне дальневосточных морей скорость придонных течений достигает 1,2 м/с. При постановке орудий лова на грунт происходит искажение придонного течения. Обнаружение рыбой таких искажений зависит от пороговой чувствительности рецепторов боковой линии, величина восприятия которых составляет 10^{-4} – 10^{-5} Па (Протасов, 1978; Мельников, 1983). Гидродинамическая зона действия орудия лова представляет собой объем, оконтуренный максимальной дистанцией обнаружения рыбой изменения давления или скорости в пограничном слое по сравнению с естественным гидродинамическим полем.

Результаты и их обсуждение

Для определения дистанции реагирования рыб на избыточное давление, создаваемое постановкой орудия лова, можно воспользоваться формулами гидромеханики для простых тел, например тел цилиндрической формы (Мельников, 1983):

$$P - P_0 = 2\mu V r_n / L^2, \quad (3)$$

где μ — коэффициент вязкости морской воды, $\mu = 1,052 \cdot 10^{-3}$ Н · с/м²; r_n — характерный параметр модельного тела, м; $\Delta P = P - P_0$ — пороговое избыточное давление, воспринимаемое рыбой, которое составляет 10^{-4} – 10^{-5} Па (Н/м²); L — расстояние от поверхности тела до исследуемой точки в направлении движения тела.

Для перехода от простого тела, например цилиндра, к цилиндрической сетной ловушке преобразуем характерный линейный размер модели r_n в характерный параметр сетного полотна, например площадь ниток, для чего умножим и разделим подкоренное выражение в формуле (3) на $2H$, где H — высота орудия лова. После этого преобразования получим формулу для определения дистанции реагирования рыбы на сетное орудие лова в виде цилиндра, например в виде круглой цилиндрической ловушки:

$$L = \sqrt{\frac{2\mu V (2r_n H)}{\Delta P (2H)}}. \quad (4)$$

Выражение $2r_n H = F_n$ — это площадь ниток сетного полотна ловушки, которую рассчитываем по формуле (2) (Фридман, 1969).

Подставим значение площади в этой формуле в формулу (4) и получим выражение для определения дистанции реагирования рыбы на поставленные орудия лова в виде объемных сетных фигур, например цилиндрических ловушек:

$$L = \sqrt{\frac{\mu V F d/a}{\Delta P H u_x u_y}}. \quad (5)$$

Площадь сетного полотна $F = BH$, где $B = 2r$. Высота ловушки задается с учетом постановки ловушки на грунт рабочим основанием. Экспериментально установлено, что наиболее приемлемо высоту ловушки задавать $H = 0,4r$. Отсюда $F = 0,8r^2$.

Задаем диапазон исследуемых параметров: скорость течения $V = 0,1$ – $1,0$ м/с, радиус ловушек $r_n = 0,3$ – $1,5$ м, $d/a = 0,04$ – $0,12$, $u_x \cdot u_y = 0,1$ – $0,5$, $\Delta P = 10^{-5}$ Па. Дистанцию реагирования рыбы на поставленную ловушку в зависимости от скорости течения, размера ловушки, ассортимента дели покрытия и коэффициента посадки определяем по формуле (5) при фиксированных значениях $V = 0,1$ м/с, $r_n = 0,3$ м, $d/a = 0,04$, $u_x \cdot u_y = 0,1$. Искомые зависимости имеют вид, представленный на рис. 1–4.

Из полученных зависимостей видно, что рыба ощущает присутствие ловушек на расстоянии от 5 до 16 м. В мировом рыболовстве некоторых рыб, например групперов и луциановых, ловят без использования пищевых приманок (Oleson, 1981). В этом случае рыбы в большей степени проявляют интерес к ловушке с максимальной гидродинамической зоной давления. Зона подпора перед ловушкой максимальна в пограничном слое, совпадающем с сетным полотном. В самой ловушке при этом наблюдается разрежение. После ловушки давление опять возрастает до максимума, т.е.

Рис. 1. Дистанция реагирования рыбы в зависимости от размера ловушки

Fig. 1. Reaction distance of fish to trap in dependence on the trap size

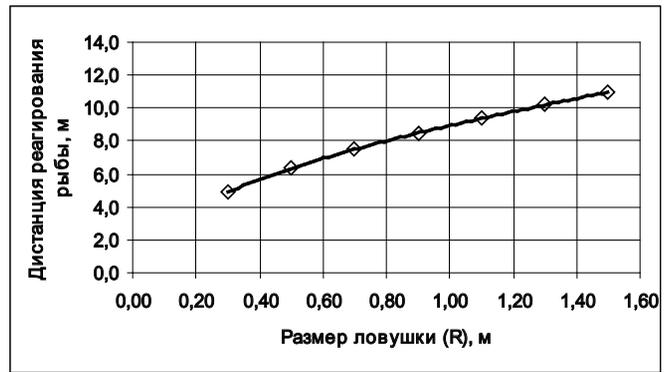


Рис. 2. Дистанция реагирования рыбы на ловушки в зависимости от скорости течения

Fig. 2. Reaction distance of fish to trap in dependence on the flow velocity



Рис. 3. Дистанция реагирования рыбы в зависимости от ассортимента дели ловушек

Fig. 3. Reaction distance of fish to trap in dependence on type of the trap covering



Рис. 4. Дистанция реагирования рыбы в зависимости от посадочных коэффициентов сетного покрытия ловушек

Fig. 4. Reaction distance of fish to trap in dependence on fit coefficients of the trap covering



рыба, подходящая к ловушке против или по течению, почувствует перепад давления. Величина подпора зависит от изменяемых параметров сетного полотна. Протяженность зоны перепада давления или зоны действия ловушки зависит от всех рассмотренных параметров лова и размеров ловушки.

Формула (5) может быть также использована для определения зоны действия плоских сетных пластин, из которых состоят ставные невода, вентери и т.д. Так как гидродинамика сетного полотна зависит от фильтрации воды через ячейку, которая, в свою очередь, зависит от толщины нитей сетного покрытия и коэффициентов посадки, то при определении зоны действия расчет осуществляем для единицы площади полотна, например одного квадратного метра. Зависимости для определения дистанции реагирования рыбы на орудие лова, состоящее из плоских сетных полотен, представлены в виде формул (6–8) (при фиксированных значениях $d/a = 0,04$; $u_x \cdot u_y = 0,1$; $V = 0,1$):

$$L = 9,17 V^{0,5}; \quad (6)$$

$$L = 0,92 u_x^{-0,5}; \quad (7)$$

$$L = 14,5 d/a^{0,5}. \quad (8)$$

В орудиях лова, элементы которых играют направляющую или ориентирующую роль, например в крыльях и открьлках ставных неводов и вентерей, следует задавать характеристики сетных полотен, создающих эффект отпугивания рыбы. Характеристики полотна, используемого для входных устройств, должны обладать минимальным гидродинамическим сопротивлением, позволяющим рыбе проходить через них без ощущения опасности. Жаберные сети улавливают случайно прикоснувшуюся к сетному полотну рыбу, поэтому чем позднее рыба почувствует препятствие в виде избыточного давления, тем больше вероятность запутывания и удержания рыбы сетью. В связи с этим сети с меньшим гидродинамическим возмущением обладают более высокой уловистостью. За исключением скорости течения, не поддающейся регулированию, наиболее эффективной характеристикой сетного полотна, изменяющей дистанцию реагирования, являются коэффициенты посадки.

Выводы

Предложен способ определения гидродинамической зоны ловушек и сетных полотен, в которой зона орудия лова определяется объемом, оконтуренным максимальной дистанцией обнаружения рыбой избыточного гидродинамического давления, которое для рыб равно 10^{-4} – 10^{-5} Па.

Представлены зависимости дистанции реагирования рыбы на ловушки и сетные полотна с учетом изменения скорости течения в диапазоне $V = 0,1$ – $1,0$ м/с, размера ловушек $r_{\text{л}} = 0,3$ – $1,5$ м, ассортимента дели $d/a = 0,04$ – $0,12$ и посадочных коэффициентов $u_x = 0,1$ – $0,7$. В зависимости от параметров ловушек и технологии лова дистанция реагирования изменяется от 5 до 16 м.

Список литературы

- Баранов Ф.И.** К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Изв. отдела рыбоводства и науч.-промысл. исследований. — 1918. — Т. 1, вып. 1. — С. 82–128.
- Войниканис-Мирский В.Н.** Теория уловистости и классификация орудий промышленного рыболовства // Тр. Дальрыбвтуза. — Владивосток, 1963. — Вып. 3. — С. 29–40.
- Войтов В.И.** К вопросу формирования оптической структуры вод // Тр. ИОАН СССР. — 1965. — Т. 77. — С. 84–91.
- Денисов Л.И.** Рыболовство на водохранилищах: современное состояние и пути совершенствования : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1978. — 284 с.
- Мельников В.Н.** Биотехнические основы промышленного рыболовства : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — 216 с.
- Никонов И.В.** Взаимодействие орудий лова со скоплениями рыб : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1973. — 235 с.
- Никонов И.В.** Классификация орудий лова // Рыб. хоз-во. — 1968. — № 6. — С. 36–39.

Протасов В.Р. Поведение рыб. Механизмы ориентации рыб и их использование в рыболовстве : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1978. — 295 с.

Степанов В.Н. Воды океана и климат планеты // Океан и человечество. — М. : Знание, 1968. — С. 12–35.

Трещев А.И. Научные основы селективного рыболовства : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1974. — 445 с.

Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1969. — 568 с.

Oleson R. Trap fishing in Florida is bruised by outcry misinformed public // Nat. Fisherman. — 1981. — Vol. 62, № 5. — P. 20–21.

Поступила в редакцию 28.08.15 г.