

УДК 639.32.06: 574.5

Оценка влияния искусственного рифа на пресноводное сообщество гидробионтов

В.В. Кузнецов, Е.Н. Кузнецова, С.М. Гончаров, С.Б. Попов, С.А. Белорусцева,
А.В. Митителло

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)
e-mail: kuz@vniro.ru

Изучено влияние искусственного рифа на сообщество гидробионтов на экспериментальном участке Вазузского водохранилища (Тверская область). Исследования проводились в связи с проблемами рыбозащиты при заборах воды из пресноводных водоёмов с целью выявления возможностей привлечения молоди рыб в безопасные места за счёт сооружения искусственных рифов. До установки искусственного рифа было проведено предварительное рекогносцировочное обследование участка водохранилища в районе Зубцовского рыбозавода и выбран модельный полигон. Элементарной структурой искусственного рифа явилась конструкция в виде гексапода, выполненная из керамзито-бетонных балок. В ледовый период было установлено 15 гексаподов в линию перпендикулярно береговой линии. Рифовый комплекс пересекал все изобаты от 5 м до русловой части водоёма глубиной более 14 м. Подавляющее большинство зарегистрированных подводных объектов в раннелетний период представляли собой плотные малообъёмные косяки рыб (молодь окуня *Perca fluviatilis*, плотвы *Rutilus rutilus*), расположенные в пелагиали и, реже, — у дна. Скопления рыб распределялись на свалах русловой части полигона, в меньших количествах — в мелководной части. Непосредственно в русловой части отсутствовали заметные концентрации рыб. Параллельно с гидроакустическими работами были выполнены ихтиологические и гидробиологические исследования на участке с рифом и контрольном участке водоёма, удалённом от рифа. Учёт видового состава и величины уловов на усилие контрольных сетей с различным шагом ячеи показал, что у рифа наблюдаются более значительные скопления рыб, чем на контрольном участке. Уловы на рифе превосходили уловы на контрольном участке в 1,6–1,8 раза по числу особей и в 1,5–2,25 раза по массе.

Ключевые слова: пресноводный водоём, рыбозащита, искусственный риф, гидроакустические исследования, ихтиологические исследования, гидробиологические исследования.

ВВЕДЕНИЕ

Работы по изучению влияния искусственного рифа на сообщество гидробионтов проводились на экспериментальном участке Вазузского водохранилища в связи с проблемами рыбозащиты при заборах воды из населенных рыбами водоёмов.

Известны три принципа рыбозащиты: физический, поведенческий и экологический [Павлов, Пахоруков, 1983 и др.].

Физический принцип основан на использовании ряда физических явлений при условии сохранения жизнеспособности рыб (например, задержание их механическими преградами, ис-

пользование разницы между плотностью воды и рыб). При реализации физических способов защиты рыб осуществляется подход к рыбам как к неживым телам, которые нужно отделить от жидкости (фильтрационный способ, способ циркуляционной сепарации, эрлифтный способ). Известно, что эти способы могут быть эффективны только при малом объёме водозабора.

Поведенческий принцип основан на использовании реакций рыб на те или иные раздражители (сетчатое полотно, свет, звук, электрическое поле и др.). Рыбозащитные устройства (РЗУ), основанные на поведенческом принципе, наиболее распространены. Для их успешного применения должны быть выполнены два условия:

- 1) организация управления поведением рыб с помощью определённых раздражителей;
- 2) отвод защищаемых рыб из зоны действия РЗУ.

Имеются три пути использования поведенческих реакций рыб: отпугивание, привлечение, создание условий ориентации в потоке. Третий путь, помимо самостоятельного значения, является обязательным элементом применения первых двух.

Для эффективного отведения молоди и особенно ранней молоди рыб в зоне действия РЗУ должен быть организован транзитный рыбоотводный поток. При отсутствии естественного транзитного потока необходимо создание искусственного.

Экологический принцип основан на использовании закономерностей, связанных с образом жизни рыб (распределением, миграциями) и особенностями их попадания в водозаборные сооружения. Наиболее распространённый способ рыбозащиты, основанный на данном принципе, — это регулирование водозабора на акватории: вертикальное, суточное и сезонное.

В настоящее время универсальных средств, обеспечивающих стопроцентную защиту рыб, нет. Поскольку даже наиболее эффективные из поведенческих РЗУ малоприспособлены для защиты рыб длиной менее 10–12 мм, ведущую роль в защите на первых этапах развития должны играть экологические способы.

Способы, основанные на экологическом принципе, пока не нашли достаточно широкого

применения, хотя они обладают чрезвычайно большими нереализованными возможностями и именно с них рекомендуется начинать разработку системы защиты рыб на водозаборных сооружениях.

Целью данной работы является выяснение возможностей привлечения молоди рыб в безопасные для неё места в пресноводном водоёме за счёт сооружения искусственного рифа. Основной задачей исследования являлась оценка воздействия искусственного рифового комплекса на рыбное население пресноводного водоёма.

Создание искусственных рифов, преимущественно в прибрежьях морей, в настоящее время широко распространено во многих странах. Оно преследует различные цели, в частности повышения биоразнообразия, ускорения процессов биологической очистки вод от антропогенных загрязнений, улучшения возможностей промышленного, любительского рыболовства и дайвинга, защиты береговой линии от воздействия волн и т.д. [Мочек, Вальдес, 1982; Васильев, Крюкова, 1987; Вышкварцев и др., 1987; Гершанович, 1987; Лапшин, 1990; Явнов, Гладких, 2001; Rilov, Benavahu, 2002; Маркевич, 2005; Иванов, 2015 и мн. др.]. При правильном выборе материалов и конструкций искусственные рифы долговечны, а эффективность их создания оказывается высокой. Биомасса гидробионтов, включая рыб, в местах установки искусственных рифов возрастает многократно. В связи с этим сооружение искусственного рифа можно рассматривать как один из экологических способов защиты рыб — за счёт их концентрации в безопасных для них местах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

15–16.06.2011 г., до установки рифового комплекса, лабораторией промысловой гидроакустики ВНИРО было проведено предварительное рекогносцировочное гидроакустическое обследование Вазузского водохранилища в районе Зубцовского рыбозавода. Гидроакустические исследования были выполнены с использованием норвежского одночастотного (70 кГц) научного эхолота EY-500 (фирма «Симрад») с антенной ES70–11, изготовленной по технологии расщеплённого луча [Carlson, Jackson, 1980].

Для установки рифового комплекса был выбран модельный полигон, характеризующийся низкими оценками рыбных концентраций. Предполагалось, что низкая исходная плотность скоплений в выбранной части водоёма позволит более наглядно продемонстрировать возможное увеличение плотности (количества рыб) в зоне влияния искусственного рифа. При высокой начальной численности эффект воздействия искусственного рифа мог быть менее заметен. Для построения карты батиметрии, на акватории модельного полигона была выполнена подробная гидроакустическая съёмка.

Экспериментальный полигон представляет собой участок Вазузского водохранилища, характеризующийся рельефом каньонного типа. На акватории полигона имеется достаточно широкая русловая часть с ровным дном. Координаты полигона и место установки рифового комплекса показаны на рис. 1. При выборе участка для полигона существенно было отсутствие на дне каких-либо крупных предметов, которые могли бы проявить эффект естественного рифа.

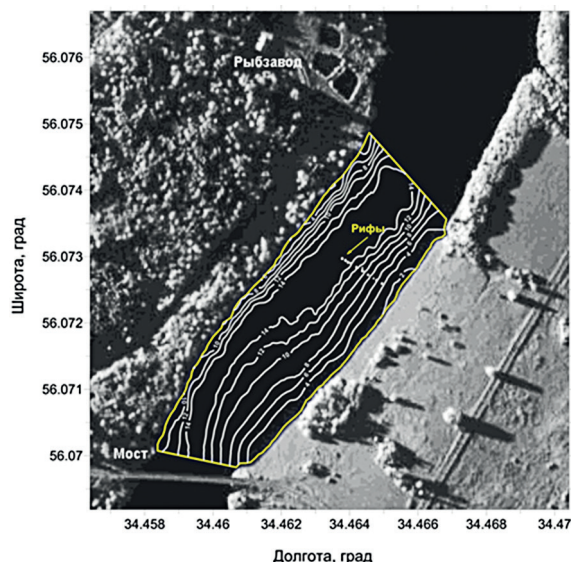


Рис. 1. Карта батиметрии модельного полигона и расположения гексаподов рифа

Элементарной структурой искусственного рифа явилась конструкция в виде гексапода (рис. 2), выполненная из керамзитобетонных балок длиной 1550 мм сечением 90×90 мм [Иванов, Филиппов, 2006, 2007, 2012; Ива-

нов 2012, 2015]. На полигоне в марте 2012 г. был установлен искусственный риф, состоящий из 15 гексаподов. Риф был расположен в линию перпендикулярно береговой линии, пересекал все изобаты от 5 м до русловой части водоёма глубиной более 14 м (рис. 3). Пилообразная линия рельефа дна на рис. 3 получена по данным эхолота и показывает глубину установки 15 гексаподов.



Рис. 2. Гексапод перед установкой на дно водоёма

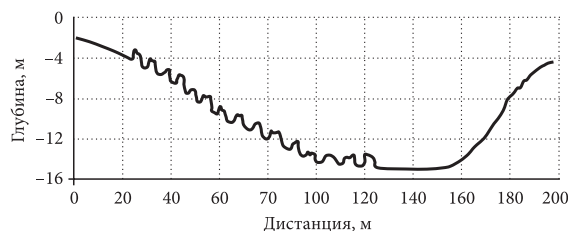


Рис. 3. Рельеф дна и искусственный риф по показаниям гидроакустической аппаратуры

Исследование состояния сообщества гидробионтов было проведено в период с 25 по 29 июня 2013 г. и включало ихтиологическое и гидробиологическое обследование акватории экспериментального полигона и прилегающей акватории.

Ихтиологические исследования проводились с использованием отдельно установленных ставных жаберных сетей с ячейёй 16, 20, 40 мм, жаберных сетей, соединённых в один порядок с ячейёй от 14 до 70 мм (сеть с ячейёй 14 мм длиной 5 м; сети с ячейёй 18, 22, 27 мм длиной по 10 м; сети с ячейёй 30, 35, 40, 45, 50, 60, 65, 70 мм длиной по 30 м); высота в посад-

ке всех жаберных сетей составила 1,8 м. Чтобы оценить влияние рифа на концентрацию рыб, работы проводились у искусственного рифа и на контрольном участке водоёма, расположенном на расстоянии около 430 м от рифа за пределами полигона. Контрольный участок характеризовался приблизительно таким же рельефом дна, что и экспериментальный, и отсутствием каких-либо крупных предметов на дне. Значительная удалённость контрольного участка от экспериментального исключала влияние искусственного рифа на контрольный участок водоёма. Параллельно проводился сбор проб планктона и бентоса.

Анализ уловов заключался в определении их величины, видового и размерно-вещного состава. Фактические данные по вылову рыб на основе данных о рабочей площади и времени застоя сетей пересчитывали на стандартное рыболовное усилие — улов на 100 м² сети в час. В работе использована промысловая длина рыб.

Сбор гидробиологических данных проводился на акватории экспериментального полигона — в местах постановок сетей, а также на контрольном участке вне акватории экспериментального полигона. Пробы зоопланктона отбирали количественной планктонной сетью Джеди (малая модель, газ № 36), от поверхности до дна. Пробы зообентоса отбирали дночерпателем ДАК-250 с площадью захвата 0,025 м². При отборе гидробиологических проб регистрировались глубина, характер грунта, присутствие видимых следов загрязнения. Все отобранные пробы фиксировали 4%-м раствором формальдегида для последующей камеральной обработки. Отбор, обработка проб и последующий анализ проводились по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рекогносцировочное гидроакустическое обследование. Карта батиметрии модельного полигона показана на рис. 1. Планшет распределения рыбных концентраций в размерности коэффициента поверхностного рассеяния S_A , м²/га, представлен на рис. 4. Данный параметр характеризует величину эхосигнала и чем выше его значение, тем выше концентрация рыб [MacLennan et al., 2002].

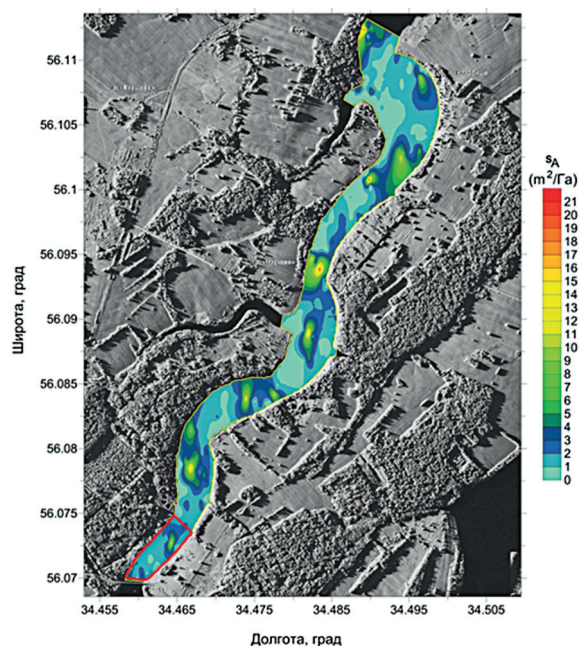


Рис. 4. Планшет распределения S_A , м²/га. Красными линиями показана акватория модельного полигона (пояснения в тексте)

Подавляющее большинство зарегистрированных подводных объектов представляло собой плотные малообъёмные косяки рыб (молодь окуня *Perca fluviatilis*, плотвы *Rutilus rutilus*), расположенные в пелагиали и, реже, — у дна. Крайне редко регистрировались одиночные крупноразмерные рыбы в русловой части водоёма. Скопления рыб распределялись на свалах русловой части полигона, в меньших количествах в мелководной части. Непосредственно в русловой части отсутствовали заметные концентрации рыб. Как уже упоминалось, на акватории модельного полигона значительных скоплений рыб не наблюдалось.

Ихтиологические исследования. 25.06 в 17 ч 20 мин непосредственно у рифового комплекса на дно был выставлен порядок из нескольких связанных между собой сетей с ячейей от 14 до 70 мм длиной 400 м. Сети были выставлены поперёк водохранилища вдоль рифового комплекса (рис. 5). Одновременно на удалении около 50 м, ближе к рыбозаводу, был выставлен аналогичный порядок сетей. В обоих порядках нижняя подбора сетей касалась дна водоёма.

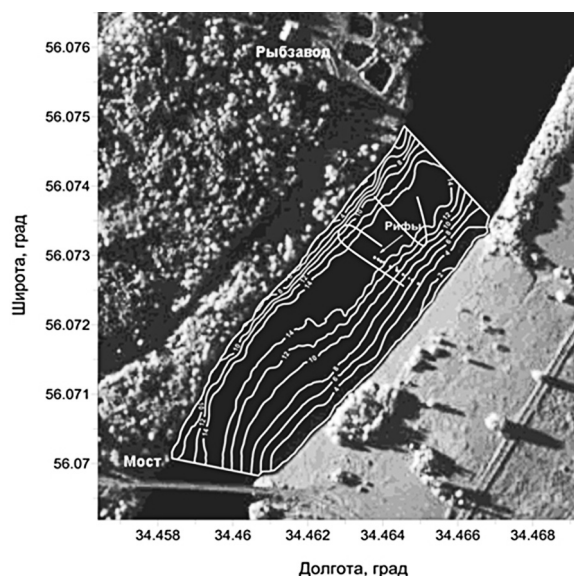


Рис. 5. Схема постановки двух порядков сетей (непосредственно у искусственного рифа и на расстоянии около 50 м в сторону рыбозавода)

Первая проверка двух порядков, выставленных на полигоне, была осуществлена вечером в 21 ч 40 мин. В первом порядке, расположенном непосредственно у рифового комплекса, была поймана всего 1 рыба (плотва

массой 22 г) в сеть с шагом ячеей 18 мм, во втором порядке улова не было.

Обследование эхолотом акватории, прилегающей к искусственному рифу, показало, что основные скопления рыб распределяются от поверхности воды до глубины 4 м. В связи с этим порядок, выставленный у рифа, был переставлен таким образом, что его мелководнейшая часть стала располагаться вблизи пологого берега на глубинах 3–4 м, а участок порядка, расположенный на больших глубинах (12 м и более), был приподнят на горизонт 2 м от поверхности воды, считая по верхней подборе.

Следующая проверка 1-го порядка, выставленного непосредственно у искусственного рифа, была произведена 26.06 в 18 ч 40 мин. Вылов пришёлся на участок, примыкающий к берегу, где глубины составляли 3–4 м. Здесь располагались сети с ячейей 14, 18, 22, 27 и 30 мм. В улове обнаружены окунь, густера *Blicca bjorkna*, плотва, ерш *Gymnocephalus cernuus*, лещ *Abramis brama*, судак *Sander lucioperca*. Состав полученных уловов показан в табл. 1. В сетях с более крупной ячейей рыба отсутствовала.

Таблица 1. Состав уловов комбинированной сети с ячейей 14–30 мм, выставленной у рифового комплекса

| Вид | Число экз. | <i>M</i> , мм | <i>Lim</i> , мм | Общая масса, г |
|--------------------|------------|---------------|-----------------|----------------|
| <i>Ячейя 14 мм</i> | | | | |
| Плотва | 7 | 108,6 | 100–114 | 155 |
| Окунь | 49 | 100,6 | 88–162 | 903 |
| Густера | 26 | 86,0 | 75–108 | 360 |
| Судак | 1 | 128 | — | 24 |
| Лещ | 5 | 85,0 | 77–94 | 64 |
| Ёрш | 10 | 89,9 | 83–99 | 139 |
| <i>Ячейя 18 мм</i> | | | | |
| Плотва | 23 | 125,0 | 107–135 | 770 |
| Окунь | 10 | 119,8 | 106–140 | 293 |
| Густера | 9 | 108,2 | 97–122 | 249 |
| Ёрш | 1 | 110 | — | 22 |
| <i>Ячейя 22 мм</i> | | | | |
| Окунь | 2 | 155,0 | 153–157 | 120 |
| Густера | 4 | 103,7 | 82–113 | 77 |
| <i>Ячейя 27 мм</i> | | | | |
| Окунь | 3 | 185,0 | 170–207 | 311 |

Окончание табл. 1

| Вид | Число экз. | <i>M</i> , мм | <i>Lim</i> , мм | Общая масса, г |
|--------------------|------------|---------------|-----------------|----------------|
| Густера | 4 | 130,7 | 82–149 | 197 |
| Ёрш | 1 | 120,0 | — | 30 |
| Лещ | 2 | 139,0 | 136–142 | 104 |
| <i>Ячейя 30 мм</i> | | | | |
| Плотва | 1 | 175 | — | 110 |
| Лещ | 2 | 150 | 150–150 | 138 |
| Судак | 3 | 303,0 | 280–320 | 852 |

Примечания. *M* — средняя длина; *Lim* — пределы колебаний длины.

Во втором порядке, выставленном параллельно рифовому комплексу на удалении 50 м в сторону завода, сети с ячейей от 35 до 70 мм также были подняты и установлены на горизонт от 2 до 3,8 м от поверхности. Мелкоячейная часть комбинированной сети поднята не была в связи с тем, что задела неровности грунта и осталась на глубине. При вечерней проверке 26.06 улова ни в одной части сети не было.

Далее лов проводился только в поверхностном слое. На горизонт от 2 до 3,8 м от поверхности у рифа была выполнена постройка сети с ячейей 16 мм длиной 30 м, время застоя сети составило 80 мин. В уловах сети наблюдались следующие виды рыб: плотва, окунь, густера, укля *Alburnus alburnus* (табл. 2).

Сразу же после выборки эта сеть была выставлена на контрольный участок водоёма с координатами 56°04'577" с.ш. 34°28'144"

в.д., за пределами полигона заведомо вне зоны влияния искусственного рифа. Постановка была осуществлена в 18 ч 35 мин, время застоя составило 1 час. В улове наблюдалось 3 вида рыб: плотва, окунь, густера (табл. 3).

На следующий день, 27.06, в 13 ч 48 мин у рифа были выставлены: сеть с ячейей 20 мм длиной 14 м и сеть с ячейей 40 мм длиной 14 м. Точно такие же сети были выставлены на контрольном участке водоёма за пределами полигона в 14 ч 27 мин. Снятие сетей у рифа произведено в 15 ч 01 мин, на контрольном участке сети сняты в 15 ч 21 мин. Время застоя сетей составило 73 мин и 54 мин соответственно. Уловы сетей с ячейей 20 мм у рифа показаны в табл. 4, уловы сетей на контрольном участке — в табл. 5.

В сетях с шагом ячейи 40 мм уловы отсутствовали как у рифа, так и на контрольном участке.

Таблица 2. Состав улова сети с шагом ячейи 16 мм, выставленной у искусственного рифа 26.06

| Вид | Число экз. | <i>M</i> , мм | <i>Lim</i> , мм | Общая масса, г |
|---------|------------|---------------|-----------------|----------------|
| Плотва | 75 | 107,0 | 89–121 | 1841 |
| Окунь | 88 | 104,6 | 90–152 | 1897 |
| Густера | 53 | 96,4 | 81–116 | 1012 |
| Укля | 5 | 127,4 | 128–150 | 120 |

Таблица 3. Состав улова сети с шагом ячейи 16 мм, выставленной на контрольном участке водоёма 26.06

| Вид | Число экз. | <i>M</i> , мм | <i>Lim</i> , мм | Общая масса, г |
|---------|------------|---------------|-----------------|----------------|
| Плотва | 57 | 109,5 | 95–126 | 1437 |
| Окунь | 31 | 100,2 | 92–112 | 577 |
| Густера | 6 | 101,8 | 92–115 | 142 |

Таблица 4. Состав улова сети с шагом ячеи 20 мм, выставленной у рифа 27.06.

| Вид | Число экз. | <i>M</i> , мм | <i>Lim</i> , мм | Общая масса, г |
|---------|------------|---------------|-----------------|----------------|
| Плотва | 2 | 127,0 | 124–130 | 69 |
| Густера | 43 | 116,0 | 96–149 | 1387 |

Таблица 5. Состав улова сети с шагом ячеи 20 мм, выставленной на контрольном участке водоёма

| Вид | Число экз. | <i>M</i> , мм | <i>Lim</i> , мм | Общая масса, г |
|---------|------------|---------------|-----------------|----------------|
| Плотва | 7 | 125,6 | 116–138 | 254 |
| Окунь | 3 | 132,0 | 118–158 | 128 |
| Густера | 11 | 113,6 | 101–134 | 346 |

Обследование с помощью эхолота и постановок сетей показало, что на опытном полигоне в исследуемый период, в начале лета, рыба держалась в верхнем слое воды толщиной около 4 м. Эхолот также показывал наличие рыбы на глубине 8–10 м, однако сети не дали уловов на этих глубинах.

Таким образом, применение сетей с шагом ячеи от 14 до 70 мм у искусственного рифа в поверхностном слое (2–3,8 м) показало наличие рыб следующих 7 видов: плотва, окунь, густера, лещ, ёрш, укля, судак. Преобладали плотва, окунь, густера. Данные эхолота и сетные уловы показали наличие пелагических скоплений мелкой рыбы. Средняя длина рыб разных видов попадала обычно в интервал от 9 до 12 см. В сеть с ячейей 30 мм поймано 3 экз. судака длиной 280–320 мм. Более крупноречейные сети уловов не дали.

Уловы на сеть с шагом ячеи 16 мм у искусственного рифа и на контрольном участке

26.06 несколько различались видовым составом, общим числом и массой рыб. У рифа преобладающим видом был окунь, на контрольном участке — плотва. На контрольном участке относительно малочисленна была густера. У рифа улов составил 221 экз. рыб разных видов при общей массе 4870 г, на контрольном участке — 94 экз. и 2156 г соответственно. В пересчёте на стандартное рыболовное усилие (100 м² сети, 1 час) (табл. 6) улов у рифа по числу особей был выше, чем на контрольном участке в 1,8 раза, по массе — в 2,25 раза.

Уловы 27.06 на сеть с ячейей 20 мм у рифа и на контрольном участке имели небольшие различия в видовом составе. На обоих участках преобладала густера. У рифа улов составил 45 экз. при общей массе 1456 г, на контрольном участке — 21 экз. общей массой 728 г. В пересчёте на стандартное рыболовное усилие улов у рифа превзошел улов на контрольном участке в 1,6 раза по числу особей и в 1,5 раза по массе.

Таблица 6. Уловы на искусственном рифе и контрольном участке в пересчёте на 100 м² сети и 1 час застоя

| Дата | Место лова | Ячея, мм | Рабочая площадь, м ² | Средняя глубина, м | Время застоя, ч | Общий улов на сеть, экз. | Улов, экз./100 м ² сети в час | Общий улов на сеть, г | Улов, г/100 м ² сети в час |
|---------------|------------|----------|---------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|--|-----------------------|---------------------------------------|
| 25–26.06.2013 | риф | 14–30 | 63 | 12 | 21 | 163 | 12,32 | 4918 | 371,7 |
| 26.06.2013 | риф | 16 | 54 | 12 | 1,33 | 221 | 307,71 | 4870 | 6780,8 |
| 26.06.2013 | контроль | 16 | 54 | 12 | 1 | 94 | 174,07 | 2156 | 3992,6 |
| 27.06.2013 | риф | 20 | 25,2 | 12 | 1,22 | 45 | 146,73 | 1456 | 4747,6 |
| 27.06.2013 | контроль | 20 | 25,2 | 12 | 0,90 | 21 | 92,40 | 728 | 3203,2 |

Таким образом, в исследованном районе в начале лета наблюдались пелагические скопления мелкой неполовозрелой рыбы. Большинство особей имели массу от 10 до 40 г, и их половые продукты находились на стадии зрелости II.

Мелкие рыбы имеют малые бросковую и максимальную скорости движения, и поэтому подвержены попаданию в водозаборы. В связи с этим совокупность пелагических скоплений рыб в исследованной части водохранилища представляет собой подходящий модельный объект.

Гидробиологические исследования. На участке рифового комплекса были отобраны 3 пробы зообентоса на глубине от 6 до 14 м. В составе организмов зообентоса обнаружено 5 таксономических единиц, среди которых 1 вид малощетинковых червей-олигохет (*Olygochaeta*), 3 вида личинок хирономид (*Chironomidae*) и 1 вид брюхоногих моллюсков (*Gastropoda*). Грунт в пробах был представлен преимущественно частицами ила, песка, крупными и мелкими растительными остатками.

Общее число организмов зообентоса варьировало в пробах от 320 до 840 экз./м², общая биомасса — от 2,6 до 15,8 г/м². Средняя численность и биомасса составила 613 экз./м² и 10,6 г/м² соответственно. Наименьшие значения численности и биомассы в пробе отмечены на глубине 6 м, наибольшие показатели — в пробе на глубине 12 м.

По численности и биомассе значительно преобладали личинки хирономид, их доля в общей численности и биомассе составила 78,3 и 95,6% соответственно. Самым массовым видом являлись крупные личинки *Chironomus plumosus*. В целом можно отметить, что участок водоёма с расположенным на нём рифовым комплексом по средней биомассе — 10,6 г/м², согласно классификации Пидгайко и др. [1968], можно оценить как высококормный.

В пробе, отобранной на контрольном участке, вне экспериментального полигона, отсутствовали организмы зообентоса. Грунт в пробе, отобранной на глубине 14 м, был представлен исключительно иловыми частицами и небольшим количеством мелкого растительного детрита.

Зоопланктон в 3 пробах, полученных у рифового комплекса, был представлен коловратками (*Rotatoria*), ветвистоусыми (*Cladocera*) и веслоногими (*Copepoda*) рачками и личинками комаров семейства *Culicidae*. В составе зоопланктона обнаружено 2 вида коловраток, 6 видов кладоцер, 2 вида рачков-циклопов, 1 вид рачков-калянусов, науплиальные и копеподитные стадии *Cyclopoida*, а также 1 вид хищной планктонной личинки комаров *Corethra plumicornis* L.

Численность организмов зоопланктона варьировала в пробах от 619360 до 717360 экз./м³, средняя численность составила 663787 экз./м³. Основу численности составили ветвистоусые ракообразные, их доля в общей численности составила 54,7%. Среди них массовыми видами являлись *Chydorus sphaericus*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia* spp. Доля веслоногих ракообразных в общей численности составила 44,3%. Биомасса организмов зоопланктона варьировала в пробах от 37,9 до 52,2 г/м³, средняя биомасса составила 45,8 г/м³. По биомассе доминировали *Cladocera*, их доля в общей биомассе составила 81,8%.

На контрольном участке видовое разнообразие зоопланктона представлено сходным составом, за исключением нескольких отсутствующих видов. Количественные показатели (численность и биомасса) были представлены несколько меньшими значениями. Так, общая численность и биомасса составили 560560 экз./м³ и 32,5 г/м³ соответственно. При этом, как и на рифовом комплексе, основу численности и биомассы составили *Cladocera* (53,1 и 85,3% соответственно). Численность и биомасса веслоногих составили 46,2 и 14,7% соответственно. В целом можно отметить, что по биомассе зоопланктона участок у рифового комплекса и контрольный участок, согласно классификации Пидгайко и др. [1968], являются весьма высококормными.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Фактические данные показали, что в июне у искусственного рифа наблюдались более значительные скопления рыб, чем на контрольном участке. Уловы на рифе превосходили уловы на контрольном участке в 1,6–1,8 раза по числу особей и в 1,5–2,25 раза по массе.

Результаты предварительного гидроакустического обследования показали, что до сооружения рифа рыб на полигоне было меньше, чем на соседних участках, однако этот вывод является результатом кратковременного наблюдения. Следует заметить, что в условиях гетерогенного распределения, когда участки с довольно плотными скоплениями чередуются с участками с малым количеством рыбы, учитывая также заметную подвижность скоплений, нельзя исключить роль случайного стечения обстоятельств. Поэтому исследования в данном направлении следует продолжить, как в раннелетний, так и в другие периоды.

В пробе, полученной дночерпателем на контрольном участке, организмы бентоса отсутствовали, тогда как у рифового комплекса они были достаточно многочисленны. Мозаичный характер распределения бентоса и малое число проб могут определять наблюдаемое различие, хотя влияние рифа исключить нельзя. Этот вопрос также нуждается в дальнейшем исследовании. Поскольку в период наблюдений рыба не встречалась у дна, богатство донной фауны не могло быть фактором, непосредственно влияющим на характер её распределения по акватории. Полученные различия в численности зоопланктона у рифового комплекса и на контрольном участке нельзя считать достоверными. В целом, высокая численность и биомасса организмов зоопланктона у рифового комплекса и на контрольном участке определяют возможность существования значительных пелагических скоплений мелких рыб, питающихся планктоном.

Не совсем ясен механизм возможного воздействия искусственного рифа на плотность рыбных концентраций. Его расположение (от 5 м и глубже) практически затрудняло прямое его воздействие на косяки рыб, располагавшиеся в период наблюдений в верхнем 4-метровом слое. Следует, однако, заметить, что, несмотря на пелагическое расположение скоплений, рыбы, очевидно, реагируют на подводный рельеф. В частности, это выражалось в том, что их скопления наблюдались преимущественно в области свалов, реже — на мелководье, и практически отсутствовали в русловой части.

Следует также отметить, что даже одна небольшая линия гексаподов общим объёмом

керамзитобетона всего 0,55 м³, по-видимому, оказывает заметное влияние на распределение рыб на исследуемом участке водоёма. Тем не менее, нынешние параметры экспериментального искусственного рифа представляются недостаточными для существенного воздействия на локальную экосистему. Накопленный опыт работы с искусственными рифами в морских условиях показывает, что значительная площадь искусственного рифа является важным фактором привлечения рыб. Со временем искусственные рифы обрастают водорослями, моллюсками и привлекают различных обитателей водной толщи и дна, включая фильтраторов, способствующих очистке воды. При этом они не только становятся подобны естественным образованиям, но могут обеспечить более высокие показатели биомассы гидробионтов — организмов бентоса, планктона в силу повышенной экологической ёмкости искусственных рифовых конструкций и, соответственно, их высокой аттрактивности.

ЛИТЕРАТУРА

- Васильев М.А., Крюкова Е.В. 1987. Рифы и рифовые системы как способ повышения биопродуктивности прибрежных вод // Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Тез. докл. Всесоюз. конф. (Москва, 2—4 декабря 1987 г.). М. С. 43—45.
- Вышковарцев Д.И., Табаев Д.Д., Лебедев Е.Б. 1989. Всесоюзная конференция по искусственным рифам для рыбного хозяйства. Москва, 2—4 декабря 1987 г. // Биология моря. № 3. С. 95—96.
- Гершанович Д.Е. 1987. Экологическая роль искусственных рифов в море // Искусственные рифы для рыбного хозяйства. Тез. докл. Всесоюз. конф. (Москва, 2—4 декабря 1987 г.). М. С. 10—13.
- Иванов А.В. 2012. Риф-трансформер. Патент РФ № 112812 на полезную модель. Б.И. № 3.
- Иванов А.В. 2015. Современные меры по предотвращению попадания рыб и других водных биологических ресурсов в водозаборные сооружения объектов энергетики. Учебно-методическое пособие. М.: Корпоративный энергетический университет. 43 с.
- Иванов А.В., Филиппов Г.Г. 2006. Рыбозащитное убежище. Патент РФ № 57758 на полезную модель. Б.И. № 30.
- Иванов А.В., Филиппов Г.Г. 2007. Рыбообитаемое убежище. Патент РФ № 68530 на полезную модель. Б.И. № 33.
- Иванов А.В., Филиппов Г.Г. 2012. Фишгард. Патент РФ № 112811 на полезную модель. Б.И. № 3.

- Лапшин О.М. 1990. Комплексные искусственные рифы для рыбохозяйственных целей. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 21 с.
- Маркевич А.И. 2005. Динамика заселения рыбами экспериментального искусственного рифа в заливе Петра Великого // Биология моря. Т. 31. № 4. С. 262–266.
- Мочек А.Д., Вальдес М.Э. 1982. Искусственные рифы в морях разных широт // Поведение и миграции рыб. М.: ИЭМЭЖ АН СССР. С. 26–32.
- Павлов Д.С., Пахоруков А.М. 1983. Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. М.: Легк. и пищ. пром-сть. 264 с.
- Павлов Д.С., Скоробогатов М.А. 2014. Миграции рыб и их обеспечение при зарегулировании и изъятии стока рек. М.: Товарищество научных изданий КМК. 425 с.
- Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И., Максимова Л.П., Петров В.В., Саватеева Е.Б., Салазкин А.А. 1968. Краткая биолого-продукционная характеристика водоёмов Северо-Запада СССР // Известия ГосНИОРХ. Т. 67. С. 205–228.
- Явнов С.В., Гладких Г.Н. 2001. Изменение фитопланктонного сообщества в районах постановок искусственных рифов в прибрежных водах Приморья // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 902–906.
- Carlson T.J., Jackson D.R. 1980. Empirical Evaluation of the Feasibility of Split-Beam Methods for Direct in situ Target Strength Measurements of Single Fish. Report of the Applied Physics Laboratory. University of Washington. Apl-UW8006.
- MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J. 2002. A Consistent Approach to Definitions and Symbols in Fisheries Acoustics // ICES Journal of Marine Science. 59. P. 365–369.
- Rilov G., Bonavahu Y. 2002. Rehabilitation of Coral Reef Fish Communities: The Importance of Artificial Reef Relief to Recruitment Rates // Bull. Mar. Sci. V. 70. № 1. P. 185–197.

Поступила в редакцию 01.04.15 г.
Принята после рецензии 22.05.15 г.

Assessment of Influence of an Artificial Reef on Freshwater Hydrobionts

V.V. Kuznetsov, E.N. Kuznetsova, S.M. Goncharov, S.B. Popov, S.A. Belorusceva, A.V. Mititello

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO», Moscow)

The results of the study of artificial reef influence on the community of aquatic organisms in the experimental area of Vazuza reservoir (Tver region) are presented. The studies were conducted in connection with the problems of fish protection at water withdrawals from freshwater to identify opportunities to attract young fish to safe places through the construction of artificial reefs. Before installing an artificial reef a preliminary survey of the reservoir area in the vicinity of Zubtsov fish factory was made and model polygon was selected. The basic structure of an artificial reef was the six-pointed construction made of keramzit-concrete beams. In the ice period were installed 15 of the constructions in a line perpendicular to the shoreline. The reef complex crossed all isobaths from 5 m to drainage channel deeper than 14 m. The vast majority of reported underwater objects in the early summer were dense shoals of small fish (juvenile perch *Perca fluviatilis*, roach *Rutilus rutilus*), located in the pelagic zone and, less frequently, near the bottom. The fish aggregations were distributed at the slope of the river bed of the reservoirs, in lower quantities in the shallow part. Directly into the drainage channel were not detected significant concentrations of fish. In parallel with the hydro-acoustic works have been performed ichthyological and hydrobiological studies on the section of the reef and the control section of the reservoir remote from the reef. Accounting for species composition and magnitude of catch to effort of control nets with various mesh size showed that fish aggregations at the reef were larger than in the control plot. The catches of fish on the reef exceeded the catches on the control plot in 1.6–1.8 times by the number of individuals and 1.5–2.25 times by mass.

Keywords: freshwater, fish protection, artificial reef, hydroacoustic researches, ichthyological researches, hydrobiological researches.