

УДК 57.022.591.131.1.591.185.31.597.551.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПИЩЕВЫХ ХИМИЧЕСКИХ АТТРАКТАНТОВ ДЛЯ САЗАНА *CYPRINUS CARPIO* (CYPRINIDAE) В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОГО ВОДОЁМА

© 2024 г. А. О. Касумян¹, *, К. В. Кузищин¹, М. А. Груздева¹

¹Московский государственный университет, Москва, Россия

*E-mail: alex_kasumyan@mail.ru

Поступила в редакцию 11.09.2023 г.

После доработки 18.09.2023 г.

Принята к публикации 04.10.2023 г.

Приведены результаты полевых экспериментов по оценке эффективности химических аттрактантов для лова сазана *Cyprinus carpio* удобными донными орудиями лова (карповый монтаж с бойлами и макушанка) в естественном водоёме (р. Ахтуба) 19.06–05.09.2018 г. Использованы насадки: подсолнечный шрот и бойлы “Клубника”, “Слива”, “Тутти-фрутти”, “Сладкая кукуруза” и “Мидия”. Через 2–3 сут после начала внесения прикормки (подсолнечный шрот, зёрна кукурузы и пшеницы, глина в соотношении 1 : 1 : 1 : 5) количество сазана на полигоне и его улов повысились и через неделю достигли уровня, остававшегося стабильным до завершения исследования. Всего выловлено 1048 сазанов массой тела 2–14 кг, средний суточный улов составил 7.23 ± 2.13 экз. Уловы при использовании подсолнечного шрота не менялись на протяжении всего исследования (13–15% суммарного вылова), динамика уловов донками с бойлами с разными ароматизаторами различалась. С применением бойлов “Мидия” в начале исследования поймано большинство рыб, затем уловы стали снижаться и прекратились. Но начали повышаться уловы донками с бойлами “Сладкая кукуруза”, достигнув 70–75% вылова в период массового появления на водоёме рыболовов-любителей, использующих зерновые прикормки. Уловы при использовании бойлов с фруктово-ягодными ароматизаторами оставались невысокими. Рыбы, выловленные с применением разных насадок, по размерам не различались. Результаты подтверждают сведения из литературы о важной роли хеморецепции в поведении сазана. Привлечение рыб к месту лова предположительно обеспечивали запаховые вещества приманки, тогда как уловы зависели от запаховых, вкусовых и текстурных качеств насадок. Меняющаяся эффективность пищевых аттрактантов (летний сезон) указывает на пластичность хемосенсорно регулируемых предпочтений рыб.

Ключевые слова: аттрактанты, ароматизаторы, приманки, насадки, бойлы, пищевое поведение, обоняние, вкус, хеморецепция, карповые рыбы.

DOI: 10.31857/S0042875224040128 EDN: EXGPBW

Сведения о хемосенсорных системах рыб (обонятельной, вкусовой и общем химическом чувстве) получены в подавляющем числе случаев в лабораторных условиях с использованием морфологических, электрофизиологических, иммунологических, молекулярно-генетических, поведенческих и других экспериментальных методов и подходов. Такие исследования позволили выяснить структурную организацию, базовые функциональные характеристики и специализацию хемосенсорных систем, темпы их онтогенетического развития, зависимость от внешних факторов и особенности реагирования рыб на химические стимулы различной природы. Лабораторные исследования дали возможность оценить роль

хеморецепции в поведении, коммуникации и миграциях рыб (Kasumyan, 2004; Hamdani, Døving, 2007; Burnard et al., 2008; Caprio, Derby, 2008; Lastein et al., 2015; Morais, 2017; Korsching, 2020; da Silva et al., 2021).

Специфика лабораторных экспериментов предполагает регистрацию ответов рыб на предъявляемые стимулы в строго контролируемых условиях. Однако в природных водоёмах реакции рыб на действующие раздражители протекают на сложном и постоянно меняющемся многофакторном фоне, влияние которого на результирующий ответ рыб трудно прогнозируем. Имитировать эту особенность природной обстановки в искусственных условиях затруднительно, и поэ-

тому такие эксперименты выполняют редко, хотя их результаты важны для понимания поведения рыб (Павлов и др., 1997; Pavlov et al., 2000).

Другим путём получения необходимых сведений являются полевые эксперименты, в которых действие стимулов на рыб исследуют непосредственно в природных водоёмах. Для изучения ориентации и поискового поведения акул, вызванного пищевыми запахами и другими химическими раздражителями, выполнены эксперименты в отгороженных от океана крупных лагунах коралловых островов (Gilbert, Springer, 1963; Hobson, 1963). Для определения скорости и дальности распространения пищевых запахов и дистанции поиска рыбами их источника эксперименты проведены в море, в том числе на больших глубинах (Wilson, Smith, 1984; Stoner, 2004). Наблюдения за перемещениями мигрирующих лососей вблизи устьев нерестовых рек позволили обнаружить важные особенности ориентации рыб, проявляющих хоминг (Døving et al., 1985; Tanaka et al., 2001; Ueda, 2016). В речных условиях исследовали распространение феромона тревоги и реакцию рыб на него (Mathis, 2009). Аверсивное действие на рыб другого химического сигнала опасности — алломона тревоги мраморной солеи *Pardachirus marmoratus* — изучали в прибрежной зоне тропических морей с использованием крючковых орудий лова (Clark, 1983). Аттрактивное действие искусственных насадок, содержащих различные химические компоненты, выясняли с использованием промышленных ярусов, установленных в местах промысла (Sutterlin et al., 1982; Løkkeborg et al., 1989). Для оценки эффективности природных вкусовых детеррентов, накапливаемых водными животными для защиты от рыб, выполнены эксперименты в биотопах с высокой плотностью рыбного населения — в мангровых зарослях и на коралловых рифах (Bobzin, Faulkner, 1992; Wilson et al., 1999; Kubanek et al., 2000). Особенностью этих и других трудоёмких полевых экспериментов является сочетание многих одновременно действующих внешних факторов и слабое или почти полное отсутствие возможности их контролировать. Как следствие, это приводит к низкой воспроизводимости и сложностям при интерпретации получаемых данных. Несмотря на очевидные методические недостатки, результаты полевых испытаний крайне востребованы, поскольку они важны для верификации выводов и заключений, формулируемых на основании лабораторных исследований.

Карп (одомашненная форма сазана *Cyprinus carpio*) относится к традиционным объектам экспериментальных исследований в области хеморецепции рыб. На примере карпа изучали обонятельные и вкусовые спектры, уровень чувствительности и скорость адаптации к различным стимулам, способность рыб различать близкие по структуре вещества, функцию мозговых центров и многие другие характеристики хемосенсорных систем (Marui et al., 1983; Yoshii, Kurihara, 1983; Irvine, Sorensen, 1993; Kasumyan, Marusov, 2005; Satou et al., 2005, 2006; Chervova, Lapshin, 2010; Wood, Azócar, 2013; Kirino et al., 2013; Девицина, Головкина, 2020). С использованием поведенческих тестов выяснены запаховые и вкусовые предпочтения и стереотипы реагирования карпа на различные вещества, влияние абиотических факторов и состояния рыб на их восприимчивость к хемосенсорным стимулам (Saglio, Blanc, 1983; Кружалов, 1986; Лебедева, Головкина, 1988; Касумян, Пономарев, 1990; Saglio et al., 1990; Касумян, Морси, 1996; Callan, Sanderson, 2003; Kasumyan, Marusov, 2005; Касумян и др., 2009; Касумян, Сидоров, 2010; Касумян, 2012).

Сведения о проявляемых в водоёмах реакциях сазана на химические раздражители крайне малочисленны (Lim, Sorensen, 2012; Carl et al., 2016). Вопрос, в какой мере результаты лабораторных исследований роли хеморецепции в пищевом поведении карпа соотносятся с хемосенсорно обусловленным поведением сазана в природных условиях, остаётся невыясненным. Цель настоящей работы — оценить эффективность различных пищевых хемосенсорных аттрактантов для сазана по результатам длительных полевых испытаний.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работы проведены 19.06–05.09.2018 г. на полигоне, расположенном на левом берегу р. Ахтуба в 150 км выше по течению от верхней границы дельты р. Волга (Харабалинский р-н, Астраханская обл.) и по своим параметрам соответствующим участкам реки выше и ниже по течению (рис. 1) (Николаев, 1962).

Полигон. Река в месте расположения полигона представляет собой плёс шириной 360 м (в межень 190–420 м), верхним краем примыкающий к русловой яме (глубина >20 м). Прибрежные заросли высшей водной растительности на полигоне и на удалении не менее 5 км вверх и вниз по течению отсутствуют. Речное

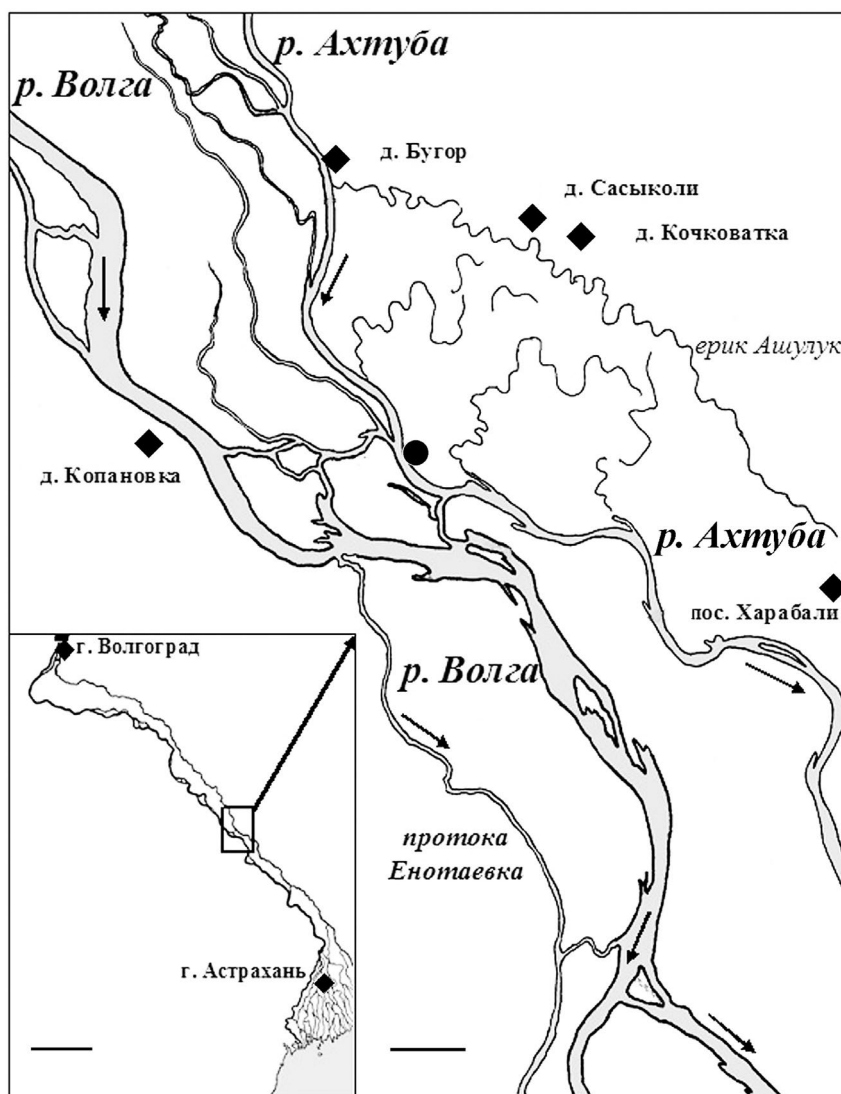


Рис. 1. Карта-схема района работ: (●) — местоположение полигона на левом берегу р. Ахтуба, (→) — направление течения, (◆) — населённые пункты. Масштаб, км: основная карта — 30, выноска — 3.

ложе имеет резкий уклон, на удалении 35–40 м от левого берега глубина составляет 6.0–6.5 м, далее профиль ложа остаётся неизменным на протяжении ~ 30–35 м, образуя “полку”. Затем глубина постепенно нарастает, на середине реки она составляет 7.5 м и постепенно уменьшается в направлении противоположного пологого берега (рис. 2). Профиль ложа реки определяли с применением эхолотов Lowrance Gen3 Carbon (“Navico Inc.”, США) и Hummingbird HDSI (“Hummingbird Electronics Inc.”, Австралия), имеющих функцию картплоттера — построения двумерного изображения донного рельефа. Дно глинисто-песчаное, с большой долей песка у обоих берегов и резким преобладанием глины на глубинах ≥ 2 м. Скорость течения воды сни-

жалась с 0.6 м/с в конце июня до 0.4 м/с в середине июля и до начала сентября.

Полигон имел форму прямоугольника размером 80×30 м, располагался в границах “полки” реки и был обозначен сигнальными якорными буями для предотвращения прохождения через него моторных лодок. Судовой ход был удалён не менее чем на 30 м от границы полигона в сторону стрежня реки. В течение всего светлого времени суток на участке реки, где располагался полигон, движение маломерных судов было интенсивным (до 20–30 судов в час, мощность двигателей до 220 л.с., скорость 30–50 км/ч). Крупнотоннажные речные суда с большой осадкой по реке не проходили.

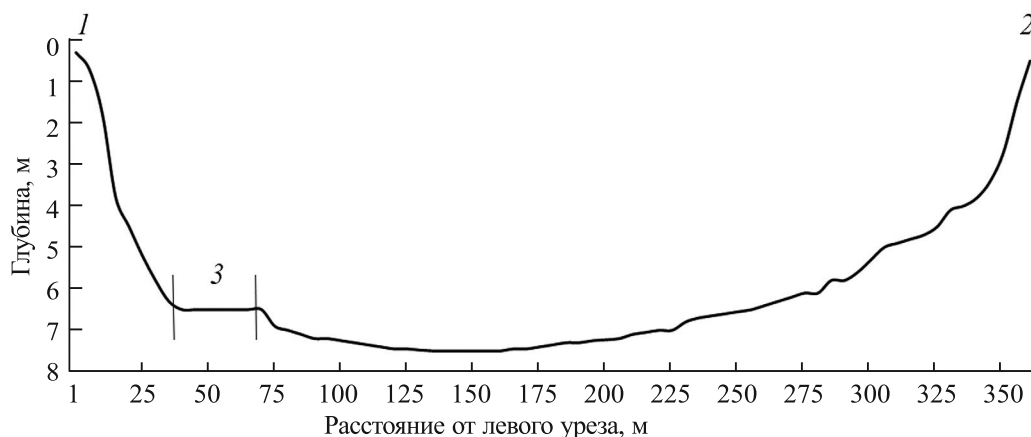


Рис. 2. Профиль ложа р. Ахтуба на участке расположения полигона: 1, 2 — соответственно левый и правый берег, 3 — “полка”.

Глубина и ложе полигона одинаковы по всей площади, коряги и иные крупные объекты на дне отсутствовали. В пределах полигона до полудня регистрировали температуру воды на глубине 0.8 (ежедневно) и 5 м (еженедельно) по показаниям температурных датчиков эхолотов.

Для мониторинга встречаемости рыб ежедневно в светлое время суток проводили гидроакустическое обследование акватории полигона и прилегающих к нему участков реки с применением эхолотов, установленных на катере Alumacraft Competitor 175 (“Alumacraft Boat Co”, США) (длина 5.4 м) или Crestliner Raptor 180 (“Brunswick”, США) (длина 5.2 м), движущемся по определённой траектории со скоростью 3–4 км/ч при 800 об/мин двигателя (рис. 3). При такой скорости уровень шума от мотора минимален. Функция бокового сканирования эхолотов позволяла обнаруживать рыб в полосе 20 м по обе стороны от катера. Присутствие сазана определяли по овальным контрастно-белым крупным эхо-отметкам на мониторе эхолота, хорошо отличимым от эхо-отметок других рыб согласно предварительно выполненным авторами калибровкам.

Приманка. Для привлечения сазана к полигону использовали прикормочные ядра-приманки, изготовленные из глиняно-зерновой смеси, состоявшей из зёрен кукурузы и пшеницы, подсолнечного шрота (= жмых или макуха) и сырой красной карьерной глины в объёмном соотношении 1 : 1 : 1 : 5 (рис. 4а). Кукурузу предварительно варили в течение 1 ч, пшеницу замачивали в речной воде (1 : 1) и использовали на третий день после выдерживания при температуре 20–25°C и появления характерного запаха брожения. Прессованный подсолнечный шрот

размачивали в речной воде 5–10 мин. Готовые компоненты перемешивали, затем к 150–170 кг смеси добавляли 5 л концентрата свекольной патоки (= меласса). Смесь вновь тщательно перемешивали и формировали 80–90 ядер-приманок диаметром ~ 15 см и массой 1.5–2.0 кг каждое. После подсушивания на воздухе в течение 3–4 ч ядра-приманки сбрасывали с борта катера, равномерно распределяя их по всей площади полигона. Ядра-приманки вносили ежедневно в 14:00–15:00 начиная с 23.06.2018 г. Компоненты смеси хранили при температуре ≤ 10°C.

Орудия лова. Сазана ловили забрасываемыми с берега донками: самодельными макушанками (местное название) и донками с карповым монтажом для бойлов (рис. 4б, 4в). В обоих типах донков использовали леску Berkley Trilene XL Smooth Casting (“Berkley”, США) диаметром 0.45 мм. Макушанка представляла собой снасть с жёстко закреплённым кубиком (длина ребра 5 см) прессованного подсолнечного шрота и одним рыболовным крючком с круглым цевьём № 10 или 12 (по отечественной классификации). Донку с карповым монтажом оснащали одним бойлом (диаметр 2.2–2.4 см) из пшеничного теста с ароматизатором и одним крючком с такими же цевьём и размером, что и в макушанке. Для лова применяли бойлы с популярными среди рыболовов-любителей фруктово-ягодными ароматизаторами — “Клубника” (содержит этилбутират, *цис*-3-гексенол, этилкапроат, фуранеол, этилацетат, диметилсульфид¹), “Тутти-фрутти” (мультифруктовая, с ароматом ананаса, груши, персика и дыни; содержит гуммиарабик E414,

¹ Здесь и далее информация о составе приведена на основе сведений, указанных производителем на упаковке бойлов.

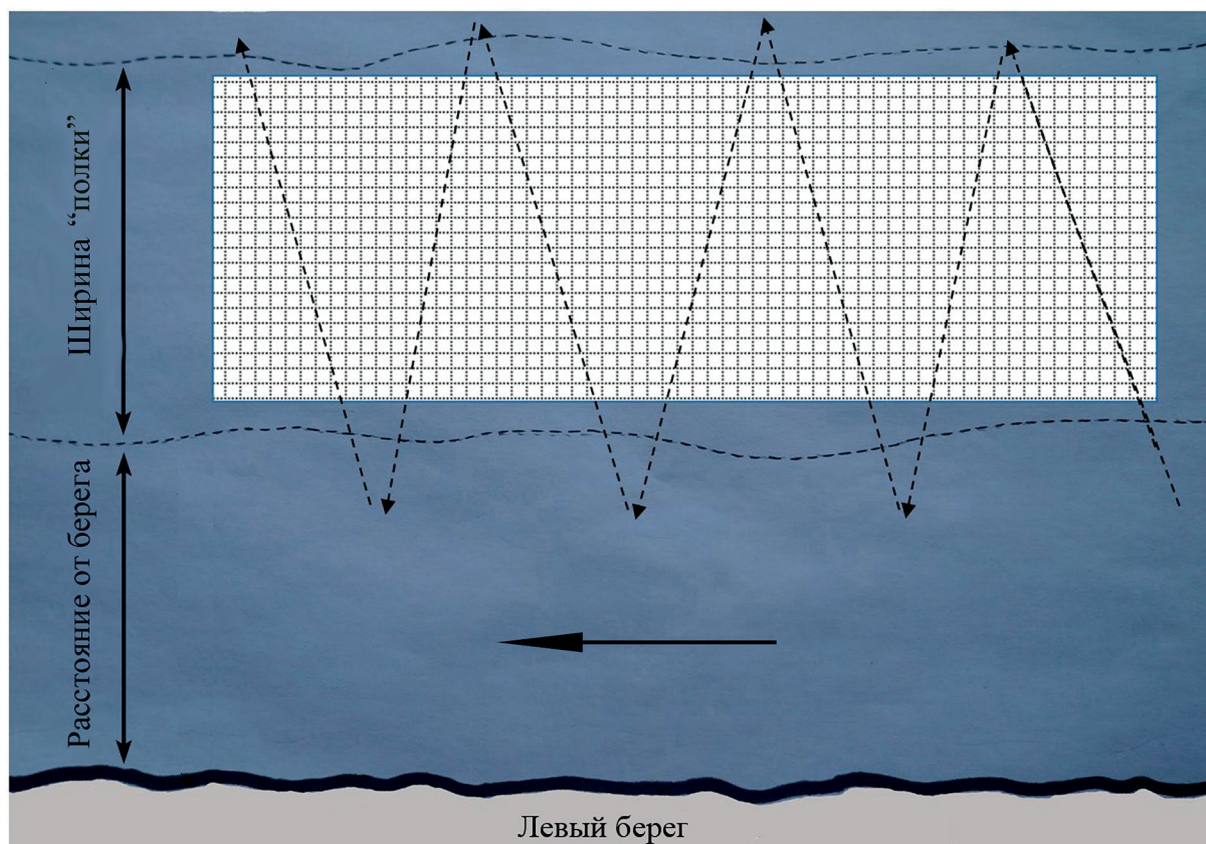


Рис. 3. Границы полигона (■) и «полки» (— —) в реке р. Ахтуба: (— — ►) — траектория гидроакустической съёмки, (←) — направление течения.

пропиленгликоль E1520, 3-метил-1-бутилацетат, β -пинен, β -мирцен, гексилацетат, 3-метилбутилбутират, 3,7-диметил-2,6-октадиеналь [E], 3,7-диметил-2,6-октадиен-1-ил ацетат (Z), этил-2,4-декадиеноат, деканаль, ацетат 3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ола, этил-2-деценоат, лимонен и другие) и «Слива» (содержит 3-метил-1-бутилацетат, β -пинен, β -мирцен, гексилацетат, 3-метилбутилбутират, 3,7-диметил-2,6-октадиеналь [E], 3,7-диметил-2,6-октадиен-1-ил ацетат (Z), этил-2,4-декадиеноат, этилванилин), а также бойлы с компонентами животного происхождения — «Мидия» (содержит порошок из лиофилизата мяса мидии *Mytilus edulis*) и бойлы с зерновыми материалами — «Сладкая кукуруза» (содержит сахарозу в количестве 10 г на 100 г бойла и дроблённые зёрна кукурузы размером частиц ~ 1 мм). Все бойлы, а также прессованный подсолнечный шрот и концентрат свекольной патоки предоставлены производителем — ООО «Фирма Миненко» (г. Краснодар, Россия). Бойлы относились к одной партии, до использования их хранили в герметичной полиэтиленовой упаковке при температуре 4°C.

Лов проводили круглосуточно на протяжении 71 сут (27.06—05.09.2018 г.) 10 донными удобными снастями одновременно — пятью макушанками и пятью снаряжёнными бойлами пяти разных типов донками. Донки забрасывали таким образом, чтобы их оснастка попадала в зону, в которую вносили ядра-приманки. Оснастки разных донков в зоне лова распределяли случайным образом и с интервалом 3—4 м между ними. Расположение донков сохраняли постоянным в течение всего периода работы. О поклевках сигнализировали звуковые и световые индикаторы Radar Solar Strike Indicator («JRC-PureFishing Inc.», Великобритания). Дату и время поимки сазана, массу тела, орудие лова и тип насадки (для бойлов), а также погодные и другие внешние условия (уровень и цветение воды) регистрировали в журнале наблюдений. Пойманного сазана снимали с крючка, а снасть оснащали свежей насадкой того же типа и забрасывали в реку. При отсутствии поклёвок снасти проверяли с частотой 1 раз каждые 2—3 ч вне зависимости от времени суток, в случае необходимости насадку заменяли свежей. Лов на протяжении всего периода исследований проводил один и тот же оператор. При-

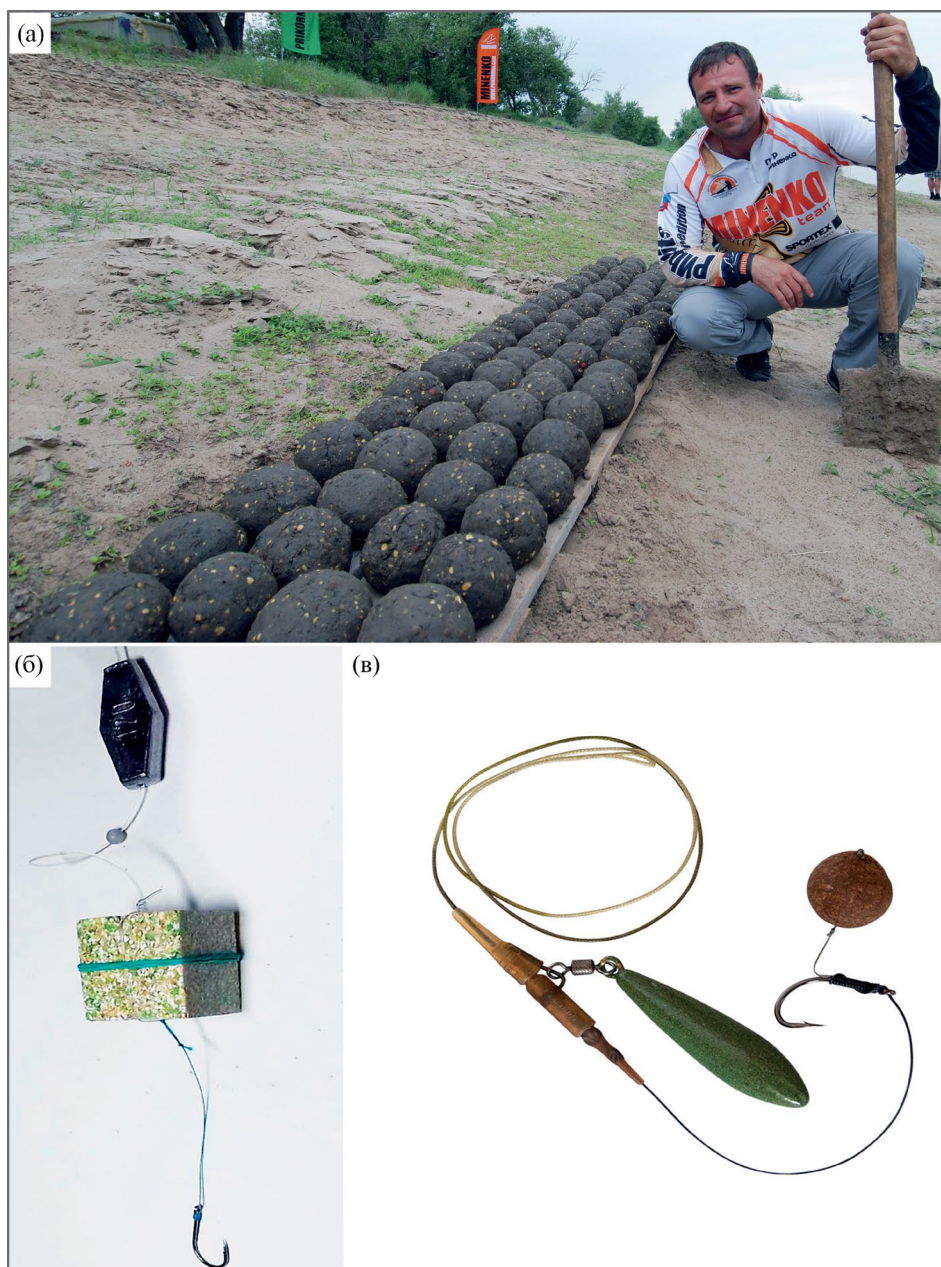


Рис. 4. Прикормочные ядра-приманки из глиняно-зерновой смеси (а); донки: б — макушанка, в — с карповым монтажом для бойлов.

лов рыб (серебряного карася *Carassius gibelio*, синца *Ballerus ballerus*, густеры *Blicca bjoerkna*, леща *Abramis brama* и некоторых других видов) не регистрировали². После взвешивания большинство рыб отпущено в реку вблизи полигона.

Материал обработан методами стандартного унивариантного анализа, для сравнения рядов данных использовали непараметрический *U*-критерий Манна–Уитни, корреляционные

связи между переменными определяли по рассчитанным коэффициентам корреляции Пирсона с применением программы Statistica, для построения диаграмм использовали программу Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидрологический режим. В начале периода работ дневная температура воды в реке быстро повышалась и в первой половине июля достигла максимальных значений — 26.7°C. С конца второй декады июля температура очень медленно

² Чаще других вылавливали серебряного карася, в начале июля до 50 экз/сут суммарно всеми орудиями лова.

понижалась и к концу периода работ составляла чуть менее 25°C. Разница температуры воды на глубинах 0.8 и 5.0 м составляла не более 0.2°C во второй половине дня при максимальной дневной температуре воздуха и не различалась в ранние рассветные часы. Уровень воды в реке быстро и монотонно снижался до середины июля, перепад уровня за первые 3 нед. наблюдений составил > 150 см (рис. 5). С середины июля наступила летняя межень, когда уровень воды менялся незначительно, не более чем на 2–3 см в отдельные дни. Изменения уровня в р. Ахтуба обусловлены работой Волгоградской ГЭС. В период исследований состояние воды в реке оставалось примерно сходным, за исключением последней недели июля, когда наблюдалась вспышка численности фитопланктона, особенно в непроточных затонах и у берега (по визуальным оценкам).

Гидроакустический мониторинг. На полигоне и прилегающих участках реки 09–23.06.2018 г., когда глиняно-зерновые ядра-приманки ещё не вносили, эхолотами ежедневно регистрировали небольшие скопления мелких рыб, по-видимому, серебряного карася, густеры, синца, леща и плотвы *Rutilus rutilus* на глубине < 4 м, а также единичных особей судака *Sander lucioperca* на глубине 5–6 м. Сазаны с 19 по 25 июня отмечены только дважды (19 и 22 июня) – не более чем по 2–3 экз. на глубине 4–5 м. Утром 26 июня, т.е. на третий день после начала ежедневных внесений ядер-приманок, на полигоне обнаружено 10 групп сазана небольшого размера (масса тела ~ 2–3 кг) по 6–10 экз. в каждой, а также шесть одиночных крупных сазанов (масса тела > 5 кг).

Резко увеличилось количество рыб других видов вплоть до полной засветки экрана сонара на глубинах 3–7 м. В последующие дни при гидроакустических съёмках обычно обнаруживали не менее 9–10 групп относительно небольших сазанов по 5–12 экз. в каждой, а также не менее 12–13 крупных одиночных сазанов. При каждой гидроакустической съёмке расположение мелких и крупных сазанов было разным, но рыбы всегда были у дна. Одиночные особи, как правило, подходили в зону прикормки через 2–3 ч после внесения очередной дневной порции ядер-приманок и оставались здесь ~ 3–4 ч, после чего смещались в сторону стрежня реки на глубину > 7 м. Группы мелкого сазана перемещались в зоне прикормки вверх и вниз по течению и в сторону стрежня или к берегу, но не заходили на глубину < 4 м. Выявить тенденции в перемещениях групп не крупного сазана не удалось. В последние дни работы (первые числа сентября) регистрировали меньше групп мелкого сазана – четыре–шесть, но они состояли не менее чем из 15 особей, число крупных одиночных сазанов сократилось в среднем до семи–восьми.

Гидроакустические наблюдения не выявили сколько-нибудь заметных двигательных реакций у сазана и других видов рыб на приближающийся катер с эхолотом или на проходящие по реке с большой скоростью моторные лодки и катера: скопления рыб или одиночные крупные сазаны не совершали бросков, не уходили в сторону от источника шума и не меняли своего местоположения.

Уловы. До внесения ядер-приманок и через 2–3 сут после начала их применения уловы сазана

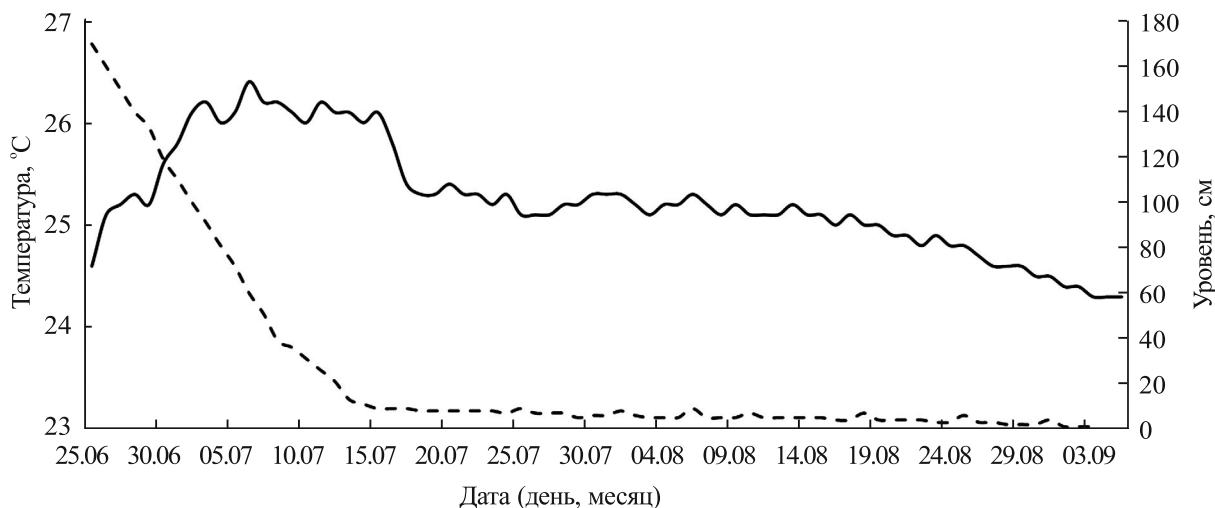


Рис. 5. Динамика температуры воды на глубине 0.8 м (—) и уровня воды относительно ординара среднегогодовой межени (---) в р. Ахтуба на полигоне в 2018 г.

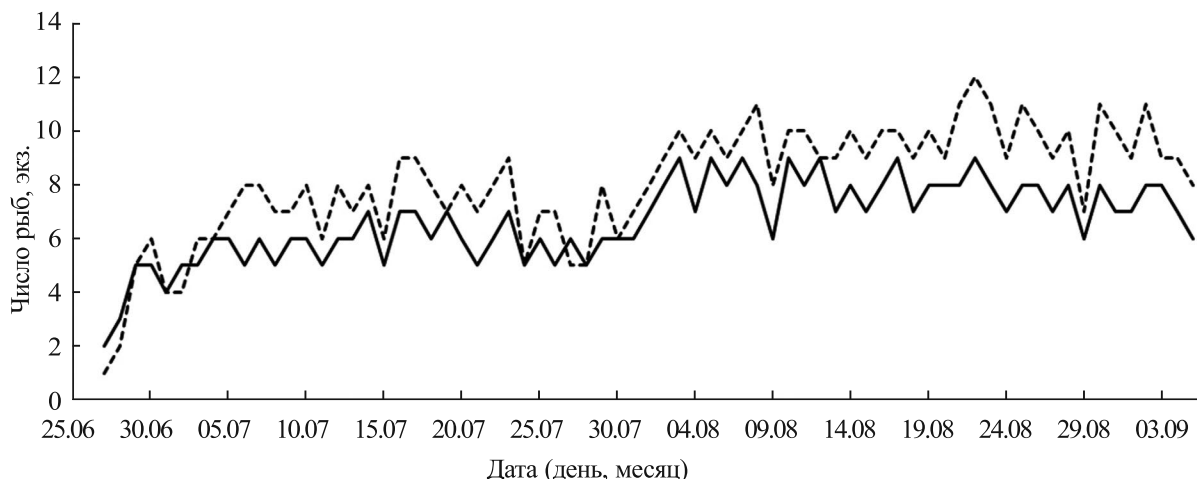


Рис. 6. Динамика уловов сазана *Cyprinus carpio* разными донками в 2018 г.: (—) — макушанка, (---) — с карповым монтажом для бойлов.

на были низкими, но быстро повышались и примерно через неделю достигли высокого и относительно стабильного уровня. В последнюю неделю июля, когда в реке наблюдали интенсивное цветение воды, уловы несколько снизились, но затем стали ещё больше и сохранялись на новом уровне в течение всего августа и начала сентября, т.е. до завершения работы (рис. 6).

В целом погодные условия не оказывали существенного влияния на среднесуточные уловы, но изменяли время поимки рыб. На фоне преобладающих в регионе восточного и юго-восточного ветра и солнечной погоды ~ 50% поимок приходилось на дневное время (10:00–18:00), 35–40% — на ночные часы и 10–15% — на период от утренних сумерек до момента, когда солнечный диск полностью поднимался над линией горизонта. В конце августа ночных поимок рыб стало меньше — не более 20%, но существенно возросла доля рыб, пойманных в рассветные часы — 25–30%. При пасмурной погоде и юго-западном ветре большинство рыб выловлено в дневное и вечернее время. Как правило, увеличение уловов совпадало с частыми подъёмами сазана к поверхности, шумными всплесками и прыжками.

Всего за период работ поймано 1048 сазанов, средний суточный улов составил 7.23 ± 2.13 экз. Рыбы были пойманы донками обоого типа, общая динамика поимок, несмотря на вариабельность суточных уловов, была сходной (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0.90$, $p < 0.01$) (рис. 6). Однако уловистость донки с бойлами была выше, чем макушанками — 575 против 473 экз., в среднем соответственно по 8.09 ± 2.02 и 6.67 ± 1.87 экз/сут ($p < 0.01$). В августе, ког-

да было поймано 543 экз. (51.8% всех сазанов), средний суточный улов составлял 8.72 экз/сут, при этом 9.68 и 7.84 экз/сут соответственно для донки с бойлами и для макушанок ($p < 0.01$).

Масса тела выловленных сазанов варьировала от 2 до почти 14 кг, и по этому параметру их можно разделить на три условные группы (рис. 7). Наиболее многочисленными в уловах были рыбы массой 2.2–3.5 (в среднем 3.02) кг — 89% всех рыб. В этой группе из 27 исследованных особей 14 оказались неполовозрелыми самками, остальные были неполовозрелыми ($n = 9$) и половозрелыми ($n = 4$) самцами, последние имели массу тела > 3 кг. Существенно реже в уловах присутствовали рыбы массой 5–8 (в среднем 6.9) кг — обычно не более 2–3 экз/сут. Это были половозрелые самки и самцы ($n = 11$), принимавшие, по-видимому, участие в нересте весной текущего года. Рыбы третьей условной группы массой тела > 10 кг в уловах были редкими, их общее число — 13, частота поимок 1 экз/5.3 сут. Все рыбы этой группы были выпущены в реку. Разные по размеру рыбы присутствовали в уловах всеми типами донки.

Макушанки и бойлы. Удельный улов сазанов макушанками (улов на одну условную макушанку) не менялся в течение сезона и составлял 13–15% суммарного вылова одной донкой каждого типа (рис. 8). Уловы сазана донками, снабжёнными бойлами с разными ароматизаторами, различались и имели разную динамику на протяжении периода исследований. В начале периода (конец июня–начало июля) большинство пойманных рыб, а в первые два дня лова все рыбы, были выловлены донками с бойлами

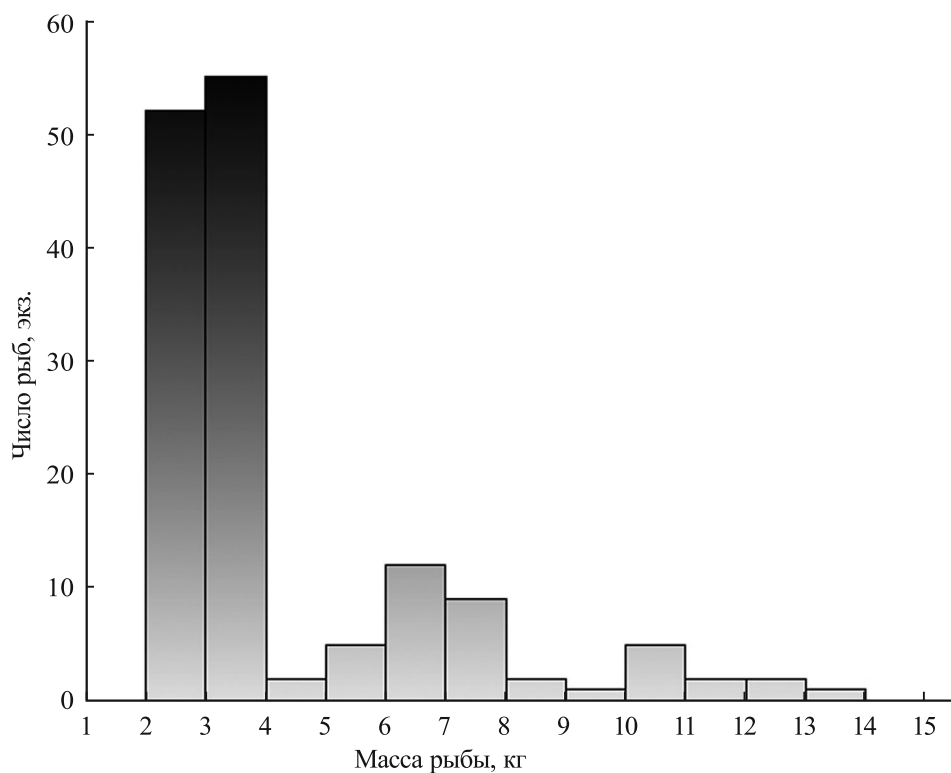


Рис. 7. Распределение по массе особей сазана *Cyprinus carpio* в объединённой выборке из уловов 2018 г.

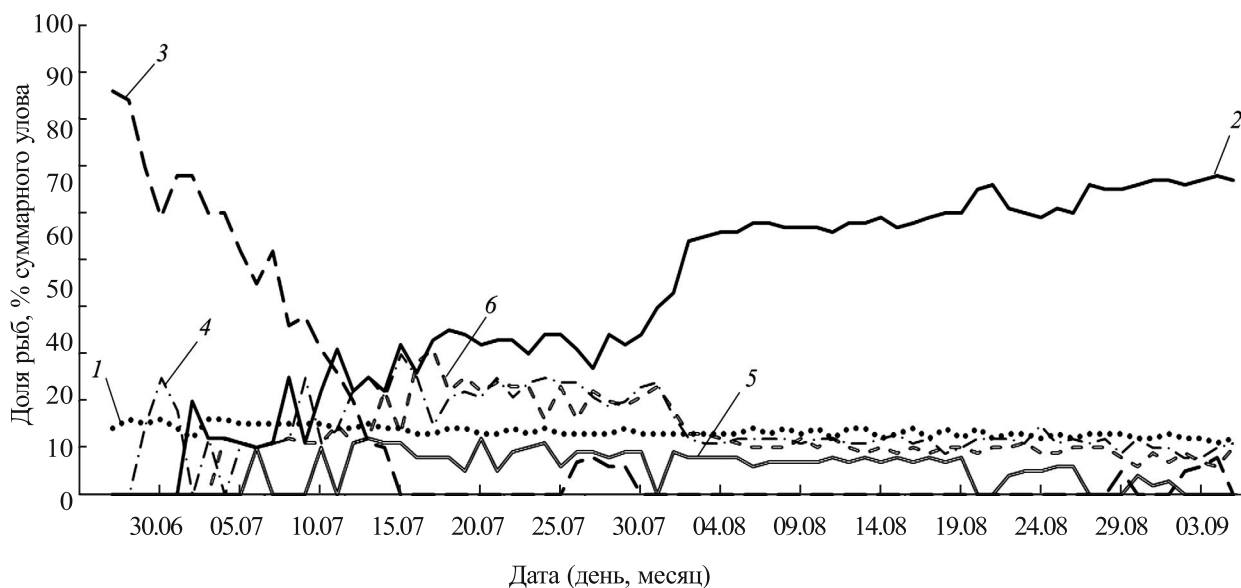


Рис. 8. Динамика уловов сазана *Cyprinus carpio* разными донками в 2018 г.: 1 — макушанка; донки с карповым монтажом с разными бойлами: 2 — “Сладкая кукуруза”, 3 — “Мидия”, 4 — “Тутти-фрутти”, 5 — “Клубника”, 6 — “Слива”.

“Мидия”. Уловы сазана этими донками быстро снижались и после середины июля почти полностью прекратились, за исключением поимок небольшого числа рыб в конце июля и в начале сентября (рис. 8). С первых чисел июля и до конца периода работ последовательно возрастали уловы донками, снабжёнными бойлами “Слад-

кая кукуруза”, особенно резко в начале августа, когда доля рыб, выловленных этими донками, превысила 60%, а к концу августа достигла 70–75% суммарного улова донками с бойлами всех типов. При использовании бойлов с фруктовыми ароматизаторами самыми низкими были уловы донками с бойлами “Клубника”.

Уловы донками с бойлами “Тутти-фрутти” и “Слива” повышались в июле, но не превышали 30% суммарного улова, с наступлением августа уловы быстро сократились и продолжали медленно снижаться до завершения работ. Каких-либо заметных различий размеров рыб, выловленных донками с разными типами бойлов, не выявлено. Как правило, наиболее крупных сазанов вылавливали донками с теми бойлами, при использовании которых улов сазанов в конкретный день был наибольшим. Наиболее крупный сазан, массой тела 13.73 кг, был выловлен в начале июля донкой, снабжённой бойлом “Мидия”.

ОБСУЖДЕНИЕ

Запаховая эффективность аттрактантов. Выполненное нами исследование показало, что пищевые химические аттрактанты являются эффективными регуляторами поведения сазана в природных водоёмах. Согласно результатам гидроакустического мониторинга, до начала использования ядер-приманок сазан на полигоне встречался эпизодически, т.е. не каждый день и лишь единично. После начала регулярного внесения ядер-приманок число сазанов, одновременно регистрируемых на полигоне, многократно увеличилось и их общее количество достигло ≥ 100 экз. Несомненно, что привлечение сазана к полигону обеспечивалось обонятельной рецепцией — хемосенсорной системой, обладающей наибольшей дистантностью и позволяющей рыбам обнаруживать приманки и другие удалённые запаховые объекты (Wilson, Smith, 1984; Stoner, 2004). Другие хемосенсорные системы — вкусовая и общее химическое чувство — такой дистантностью не обладают (Atema, 1980). На полигоне сазаны располагались у дна, что типично для карпа и других рыб-бентофагов при пищевом поиске — направленном следовании к источнику пищевого запаха (Касумян, Пономарев, 1989; Павлов, Касумян, 1998).

Внесение ядер-приманок привлекало на полигон не только сазана, но и других карповых рыб (Cyprinidae), большие и плотные скопления которых на разных глубинах отображались на экране эхолота в виде сплошной засветки. Эти скопления образовывали, наиболее вероятно, серебряный карась, лещ, густера, синец, плотва, попадавшие в прилове донками. Концентрирование на полигоне сазана и других карповых рыб указывает на то, что вещества, вымывающи-

еся из ядер-приманок, не являются аттрактантами, специфичными для сазана. Это универсальные аттрактанты, эффективные для карповых рыб, а также, возможно, и для других рыб. Такие результаты соответствуют представлениям об ограниченной видовой специфичности обонятельных спектров у близкородственных видов рыб (Kasumyan, 2004).

Привлечение сазана к полигону стало заметным не сразу, а спустя двое суток после начала внесения ядер-приманок, что указывает на относительно низкую плотность популяции сазана на данном участке р. Ахтуба. Учитывая скорость течения (0.4–0.6 м/с), запах, исходящий от ядер-приманок, распространялся вниз по реке на большое расстояние. Однако определить даже примерные размеры активной запаховой зоны без данных о темпах высвобождения запаховых веществ из ядер-приманок в воду, турбулентности и скоростной структуре потока и знаний о пороговой концентрации запаховых веществ для сазана не представляется возможным (Westerberg, Westerberg, 2011; Masilan et al., 2022). Тем не менее, запаховая зона, создаваемая ядрами-приманками, по-видимому, имела протяжённость не менее нескольких километров, чтобы обеспечить привлечение рыб с большого участка реки и создать благодаря этому высокую концентрацию сазана на полигоне.

Имеются данные, что породные и одичавшие двух- и трёхлетние карпы после однократного вылова крючковой снастью и последующего возвращения в экспериментальный пруд обычно не попадают повторно в течение длительного времени. Считается, что карп, однократно испытавший сильный стресс от вылова, запоминает это событие (инсайт) и память о нём сохраняется до нескольких месяцев или не менее года (Beukema, 1970; Czapla et al., 2023). Общее число выловленных нами на полигоне сазанов составило 1048, основная их часть была возвращена в реку. С большой вероятностью можно считать, что всех этих рыб вылавливали лишь однократно, и после высвобождения они скорее всего покидали район лова. Сведения о реакции этих рыб на поимку, низкая плотность популяции сазана в реке, а также то, что концентрация сазана на полигоне была высокой в течение всего периода работ, а общее количество выловленных нами рыб было значительным, указывают на то, что запах ядер-приманок действительно распространялся по реке на большое расстояние и привлекал сазана издалека.

В течение периода наблюдений среднее число сазанов на полигоне поддерживалось на относительно стабильном уровне, даже несмотря на частичную элиминацию отловленных рыб и вероятное покидание места лова высвобожденными особями. По-видимому, привлечённые к полигону рыбы не покидают в поисках корма этот участок реки сразу же и задерживаются здесь на какое-то время, поскольку было замечено, что после внесения очередной дневной порции ядер-приманок сазан скапливался в зоне прикормки уже через 2–3 ч, т.е. значительно быстрее, чем в первые дни наблюдений. Ранее методами телеметрии было показано, что одичавший карп в небольшом замкнутом озере (40 га) обнаруживает место прикормки на 3–4 сут, запоминает его расположение и регулярно возвращается к нему из участков, предпочитаемых для дневного отдыха (Bajer et al., 2010). С применением радиометок показано, что карп может придерживаться определённых участков какое-то время, но для него возможны и протяжённые кочёвки и миграции — на расстояние до 120 км за месяц наблюдений (Koehn, Nikol, 2016). Такие же результаты получены ранее для полозрелого сазана дельты Волги (Неловкин, 1963).

Было замечено также, что спустя 3–4 ч после привлечения сазан начинал перемещаться по полигону или выходить за его пределы. Можно предположить, что время пребывания сазана на полигоне связано с длительностью сохранения ядрами-приманками физической целостности. Каких-либо наблюдений за устойчивостью ядер-приманок в реке мы не выполняли. Скорее всего, они разрушаются уже через несколько часов потоком воды и рыбами, пытающимися отыскать в глиняной массе частицы корма. По нашим оценкам, это время может составлять ~ 5–7 ч.

Хемосенсорная эстафета пищевого поведения, сравнение насадок. Запахи, привлекающие рыб, поступали в воду не только из ядер-приманок, но и из подсолнечного шрота и бойлов, которыми снаряжали донки. Учитывая значительную разницу в размерах, запаховый вклад насадок (шрота и бойлов) в дальний поиск и привлечение рыб к полигону следует считать минимальным по сравнению с ядрами-приманками. Однако роль запаха насадки в ближнем пищевом поиске и поведении рыб, т.е. в пределах полигона, может быть важной, поскольку этот запах будет влиять на привлечение и выбор (схватывание) рыбами конкретной насадки. Ещё большее значение, но не для выбора и схватывания, а для заглатывания схвачен-

ной насадки и, следовательно, для вылова имеют вкусовые и текстурные качества шрота и бойлов. Именно эти свойства, воспринимаемые рыбами при оросенсорном тестировании схваченного пищевого объекта, определяют, какое число раз рыба будет схватывать насадку для тестирования, как долго она её будет удерживать в ротовой полости и в итоге проглотит рыба насадку или отвергнет (Kasumyan, Isaeva, 2022). Запаховые свойства пищи могут влиять на некоторые из этих действий, но не изменяют итогового решения рыб о заглатывании пищи или отказе от неё (Касумян и др., 2009; Касумян, Марусов, 2015).

Сравнение динамики уловов с применением разных насадок. Донки, снаряжённые разными насадками, заметно различались по числу выловленных сазанов. Уловы донками с бойлами “Клубника”, “Тутти-фрутти” и “Слива” варьировали, особенно в первой половине лета, но в целом оставались на сравнительно невысоком уровне. Интересно, что наиболее низкими были уловы при использовании бойлов “Клубника”, хотя ароматизатор “Strawberry” считается наиболее известным и часто используемым для лова карпа³. Примерно такими же низкими, как при использовании бойлов с фруктово-ягодным ароматом, но более стабильными были уловы с применением в качестве насадки подсолнечного шрота (макушанки), часто используемого отечественными рыболовами-любителями для лова сазана и карпа донками.

Наиболее сильно изменялись уловы донками, снаряжёнными бойлами “Мидия” и “Сладкая кукуруза”. В отдельные дни в начале периода лова все рыбы или их большинство были отловлены донками с бойлами “Мидия”, но уловы быстро снижались и через полмесяца почти полностью прекратились (рис. 8). Известно, что сазан — типичный зообентофаг, питающийся разнообразными представителями эпи- и инфауны (Huser, Bartels, 2015). По нашим наблюдениям, в мае при весеннем подъёме уровня воды сазан в пойме Волги и Ахтубы предпочитает держаться в границах стариц, протоков и затонов, где дно илистое или илисто-песчаное. Как правило, в таких биотопах формируют плотные скопления двустворчатые моллюски (*Bivalvia*): *Unio*, *Anodonta* и *Dreissena*, а также другие организмы макрозообентоса — личинки амфибиотических насекомых (стрекозы (*Odonata*), ручейники (*Trichoptera*)), брюхоногие моллюски

³ Ричардсон Т. Секреты карповых приманок. Краснодар: ООО “Редакция журнала Карп Элит”, 2011. 172 с.

(Gastropoda), речные раки *Astacus* sp. По опросным данным в мае–июне сазан в р. Ахтуба питается крупными беспозвоночными, включая двустворчатых моллюсков, среди потребляемых объектов встречаются также головастики лягушек рода *Rana* (устные сообщения экспертов рыболовной базы “Успех” О.Н. Лыкова, Д.А. Сакаева, С.Н. Попова и А.А. Золотухина). Известно, что у рыб, питающихся определённой пищей, через некоторое время формируются запаховые образы объектов питания. Такие запахи для рыб становятся наиболее привлекательными и служат сигналами (ориентирами) при поиске мест откорма (Atema et al., 1980). Вполне вероятно, что запах и вкус бентосных животных, в частности двустворчатых моллюсков, ассоциировался у сазана с потребляемой в это время года привычной пищей и стимулировал интенсивный поиск, схватывание и удержание бойлов “Мидия”, что приводило к высоким уловам. Важно подчеркнуть, что это происходило при одновременном присутствии на полигоне насадок всех типов, но рыбы отдавали предпочтение бойлу “Мидия”. Именно донкой с этим бойлом был выловлен сазан, рекордный по массе тела – 13.73 кг.

Однако к середине июля уловы донками с бойлами “Мидия” почти полностью прекратились, но стали последовательно возрастать уловы донками с бойлами “Сладкая кукуруза” и к концу августа они достигли 2/3 суммарного улова донками всех типов (рис. 8). Кукурузу в разном виде традиционно используют в качестве приманки при ловле сазана и карпа, её эффективность признают рыболовы-любители³ и подтверждают при проведении других исследований (Vajer et al., 2010). Но уловы при использовании бойлов “Сладкая кукуруза” не были высокими в течение всего июня и начали расти позднее. Может быть несколько причин, объясняющих эту динамику.

В середине лета, с установлением летней межени, сазан уходит из всех или почти из всех водоёмов придаточной системы Ахтубы и держится в русле реки. Это время совпадает с периодом массового появления на реке рыболовов-любителей, использующих большое количество прикорма для приманивания рыбы. Так, по нашим данным, рыболовы, находящиеся в одной лодке, используют при ловле некрупных карповых рыб (густера, синец, лещ, карась) от 10 до 20 кг кормовых смесей за один выход на лов. В июле–августе на участке реки длиной 6 км ежедневно в среднем присутствует не менее 30 лодок с ры-

баками. Таким образом, за 1 сут только на этом участке реки в воду может попадать до 600 кг прикормки. В кишечнике сазана, вылавливаемого в это время на участке реки вверх и вниз по течению от полигона (между населёнными пунктами Бугор и Харабали, протяжённость по реке ~ 35 км), почти всегда находят зёрна (пшеница, кукуруза, ячмень, просо, горох, подсолнечник, конопля), подсолнечный шрот и различные прикормочные смеси (устное сообщение экспертов базы “Успех” О.Н. Лыкова и Д.А. Сакаева). Известно, что в искусственных водоёмах, имитирующих природную среду, карп (сазан) питается детритом и донными беспозвоночными, но при внесении зерна и других растительных компонентов почти сразу начинает потреблять только их (Adamek, Sukop, 2001; Rahman et al., 2010). Поэтому вполне возможно, что массовое появление в реке аллохтонной, но доступной и хемосенсорно привлекательной пищи приводит к привыканию сазана к ней и избирательному выбору бойла “Сладкая кукуруза”. Привыкание могло облегчаться тем, что вылавливаемые нами рыбы, возраст которых по приблизительным оценкам был от 3 до 5–8 лет, сталкиваются с используемыми рыболовами прикормками ежегодно. Рыбы обладают длительной памятью к запахам (Виноградова, Мантейфель, 1984; Zippel et al., 1993). Поэтому с наступлением очередного сезонного пика любительского рыболовства навык реагировать на запах и вкус пищи у рыб может не формироваться заново (*de novo*), а лишь восстанавливаться. Вполне вероятно также, что закономерный рост уловов при использовании бойлов “Сладкая кукуруза” обусловлен тем, что рыбы охотно потребляли содержащуюся в ядрах-приманках кукурузу, в большом количестве ежедневно вносимую с бойлами на полигон.

Важно ещё отметить, что дроблёные зёрна кукурузы в составе бойлов изменяли текстуру последнего, а это в свою очередь должно было влиять на реакцию рыб и, как следствие, на уловистость донок с бойлами. Экспериментами на карпе ранее было показано, что механические свойства схваченного пищевого объекта являются важным фактором для рыб, особенно если объект обладает для них благоприятным вкусом. Установлено, что по мере повышения твёрдости вкусовая привлекательность объекта быстро падает и может полностью теряться (Касумян, 2012). Исходя из этих данных, вполне правомочно предположить, что частицы зёрен кукурузы могли неблагоприятно влиять на привлекательность бойлов “Сладкая кукуруза” и что уловистость бойлов могла быть

выше, если бы вместо дроблёной кукурузы была применена, например, кукурузная мука. Сахароза, которую вносили в состав этих бойлов, вряд ли изменяла их хемосенсорные качества в силу её нейтрального вкуса для карпа — это было выявлено ранее в серии лабораторных тестов (Касумян, Морси, 1996).

Обнаруженные и схваченные пищевые объекты рыбы подвергают оросенсорной оценке, длительность которой, а значит, и длительность пребывания объекта в ротовой полости зависит от его вкусовых качеств. Обычно наиболее длительной оценке подвергается пища со слабо выраженным для рыб вкусом (Kasumyan, Isaeva, 2022). Поэтому неодинаковые уловы с применением разных насадок, использованных в нашей работе, могут являться следствием их различающихся оросенсорных качеств для рыб, прежде всего вкусовых, поскольку насадки, за исключением бойлов “Сладкая кукуруза” и подсолнечного шрота, были сходными по механическим свойствам, т.е. по текстуре. Если пренебречь возможным влиянием небольших конструктивных различий макушанок и донок с карповым монтажом, можно утверждать, что бойлы “Сладкая кукуруза” оказались наиболее эффективными для лова сазана. Уловы донками с бойлами этого типа были в несколько раз выше, чем с использованием любых других бойлов или подсолнечного шрота, особенно к концу периода исследований. В целом это подтверждает многочисленные существующие сведения (Vajer et al., 2010), в том числе отзывы рыболовов-любителей^{3, 4}, о высокой привлекательности зёрен кукурузы для карпа и сазана.

Внешние факторы. Настоящее исследование выполняли непрерывно на протяжении более двух месяцев, в течение которых внешние условия не оставались постоянными. В р. Ахтуба, как и по всей нижней Волге, уровень воды регулируется водосбросом из Волгоградского водохранилища через плотину ГЭС. Обычно максимальный уровень наблюдается в начале—середине мая, а с начала июня он закономерно снижается до начала июля и наступления летней межени. С падением уровня воды тесно коррелировали уловы при использовании бойлов “Мидия” ($r = 0.97$; $p < 0.01$). Эта связь, как мы предположили выше, по-видимому, опосредованно отражает распределение сазана в реке и его питание.

Можно, однако, уверенно утверждать, что, несмотря на изменения внешних условий (уровня и температуры воды), вспышки численности планктонных микроводорослей и смену погодных условий, ядра-приманки надёжно привлекали рыб к месту лова на протяжении всего периода наблюдений. Слабо менялось и число скапливающихся на полигоне рыб. Как отмечено выше, стабильными оставались уловы макушанками и донками при использовании бойлов с фруктово-ягодными ароматизаторами “Слива”, “Клубника”, “Тутти-фрутти”.

Явная реакция беспокойства на шумы, создаваемые моторными лодками, проходящими недалеко по расположенному от полигона судовому ходу, у сазана в ходе исследования не выявлена. Скорее всего, это следствие привыкания рыб к постоянному движению маломерных судов в летнее время по участку р. Ахтуба, на берегах которой расположены шесть рыболовных туристических баз со значительным числом используемых катеров. Применение для таких наблюдений эхолотов позволяет прийти лишь к ориентировочным заключениям. Однако существует большое число наблюдений и экспериментальных данных, указывающих на то, что подводные шумы антропогенного происхождения, в том числе создаваемые маломерными судами, вызывают у рыб различные нарушения в поведении, распределении и коммуникациях (Porper, Hawkins, 2019). Показано, в частности, что шум моторных лодок подавляет пищевую активность рыб, причём этот эффект проявляется значительно сильнее у рыб, имеющих акцессорные слуховые структуры и обладающих в силу этого повышенной чувствительностью к звукам (слуховые специалисты). К ним в том числе относятся сазан и все остальные рыбы с развитым Веберовым аппаратом (Ostariophysi) (Magnhagen et al., 2017; Pieniazek et al., 2020). Это даёт основание предположить, что при отсутствии шумового фона действенность испытывавшихся нами химических приманок и насадок могла быть более высокой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам наших работ можно заключить, что результаты лабораторных исследований хеморецепции карпа хорошо соотносятся с хемосенсорно обусловленным поведением сазана в природных водоёмах. Полевые испытания различных химических аттрактантов демонстрируют, что сазан проявляет избирательность при выборе насадок, различающихся по химическо-

⁴ Wood J. Carp: location, fishing and baits. Sarn: Fishing Booksender, 2012. 248 p.

му составу. Эти предпочтения могут меняться в течение относительно непродолжительного времени (летний сезон), что указывает на пластичность хемосенсорно регулируемого поведения сазана. О причинах этих изменений пока можно говорить лишь предположительно. Скорее всего, основной причиной может быть меняющийся пищевой опыт рыб, связанный с сезонными и иными сдвигами спектра потребляемых кормовых организмов. Влияние может оказывать и питание искусственными кормами, вносимыми рыболовами-любителями в больших количествах в водоём в качестве прикормки, что указывает на существенное влияние антропогенного фактора на пищевое поведение рыб даже в условиях природных водоёмов.

Успешность вылова сазана с использованием насадок с химическими аттрактантами определяется двумя основными хемосенсорными системами — обонятельной и вкусовой. Запаховые предпочтения более лабильны по сравнению со вкусовыми и могут преобразовываться у рыб в соответствии с потребляемой пищей (Atema et al., 1980). Вкусовые предпочтения более устойчивы и не претерпевают каких-либо существенных изменений под влиянием многих внешних факторов, в том числе после длительного питания разной пищей (Kasumyan, 2019). Несмотря на то что вкусовая рецепция замыкает сенсорный контроль пищевого поведения, результативность лова рыбы крючковой снастью с насадками, обогащёнными химическими аттрактантами, определяется, как следует из результатов настоящего исследования, не только вкусовой, но и обонятельной системой. Благодаря лабильному обонянию и сдвигам запаховых предпочтений вероятность обнаружения и схватывания насадок рыбами может меняться. Но уловистость снастей с насадками будет зависеть не только от запаховой, но одновременно и от вкусовой привлекательности последних. Для каждой из насадок вклад этих хемосенсорных компонентов в уловистость может быть разным. Нельзя исключать варианты, когда насадка будет вызывать у рыб сильную аттрактивную реакцию, но обладать для них неблагоприятными вкусовыми качествами или будет иметь слабое аттрактивное действие, но обладать привлекательным вкусом, стимулирующим заглатывание. Возможны и другие комбинации этих компонентов, взаимодействие которых определит итоговый результат — величину улова. Чтобы выяснить вклад каждого из хемосенсорных компонентов, требуются специальные исследования.

Однако уже сейчас можно говорить о том, что на пищевую привлекательность тех или иных насадок значительное влияние оказывает текущая обстановка в водоёме. Это подтверждает адаптивную пластичность сенсорного обеспечения пищевого поведения рыб, позволяющую им наиболее эффективно осваивать кормовую базу водоёма. При этом следует учитывать, что пищевое поведение рыб имеет мультисенсорную основу и в его регуляции принимают участие не только хемосенсорные системы, но и все остальные имеющиеся органы чувств без исключения.

Сазан многочислен во многих водоёмах России и остальной Евразии (Берг, 1949; Kohlman, 2015). Из-за использования в аквакультуре одомашненная форма сазана (каarp) широко распространилась вне пределов естественного ареала вида (Balon, 1995; Hicks, Ling, 2015). Высокий инвазийный потенциал и негативное влияние карпа на аборигенные ихтиоцены требуют создания методов борьбы с этим нежелательным вселенцем, в том числе за счёт вылова карпа с использованием эффективных химических приманок и насадок (Elkins et al., 2009; Carl et al., 2016; Ghosal et al., 2018). Несмотря на то что дикий и культивируемый карп имеют некоторые различия в поведении и при лове (Beukema, 1969; Klefoth et al., 2013), результаты, полученные нами, могут способствовать решению этой задачи. В частности, полученные нами данные могут быть полезными для разработки и оптимизации методов целевого вылова карпа в тех водоёмах, где необходим контроль его численности.

Во многих странах лов сазана и карпа стал популярным занятием, видом спорта и отдыха, при которых широко используют различные химические приманки, ароматизаторы, аттрактанты. Их создают многие увлечённые рыболовы-любители, часто не владеющие базовыми знаниями биологии рыб, их физиологии, поведения и функционирования сенсорных систем. Специальные исследования в области любительского рыболовства остаются крайне редкими (Klefoth et al., 2013; Monk, Arlinghaus, 2017). Полученные нами данные позволяют дополнить представления об эффективности химических приманок и насадок при лове рыб в природных водоёмах и в какой-то мере могут компенсировать дефицит знаний.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Е.А. Марусову (МГУ) за ценные замечания, высказанные к тексту статьи; М.А. Арифиллину, О.Н. Лыкову, Д.А. Сакае-

ву, С.Н. Попову и А.А. Золотухину (рыболовная база отдыха “Успех”, ЗАО “Дельта Ахтубы”), А.А. Нитиевскому и Ю.А. Ступакову (“Фирма Миненко”, г. Краснодар, Россия) за всестороннее содействие в выполнении работы. Особую благодарность авторы выражают П.П. Миненко (“Фирма Миненко”, г. Краснодар, Россия) за предоставленные приманки и аттрактанты. Авторы искренне благодарны П.И. Кириллову (ИПЭЭ РАН) за внимательное и конструктивное редактирование текста и иллюстраций.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ № 121032300100–5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Берг Л.С. 1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 469–926.
- Виноградова В.М., Мантейфель Ю.Б. 1984. Запоминание химических раздражителей молодью гуппи *Poecilia reticulata* Peters (Poeciliidae) // Вопр. ихтиологии. Т. 24. Вып. 5. С. 836–842.
- Девицина Г.В., Головкина Т.В. 2020. Вкусовые рецепторы ротовой полости у молоди карпа *Cyprinus carpio* и беломорской трески *Gadus morhua marisalbi* // Там же. Т. 60. № 1. С. 95–105.
<https://doi.org/10.31857/S0042875220010038>
- Касумян А.О. 2012. Исследование внутриротовой тактильной рецепции и ее взаимодействия с вкусовой системой у рыб // Докл. РАН. Т. 447. № 5. С. 579–581.
- Касумян А.О., Марусов Е.А. 2015. Избирательное питание рыб: влияние пищевой и оборонительной мотиваций, вызванных натуральными запахами // Журн. общ. биологии. Т. 76. № 3. С. 195–211.
- Касумян А.О., Морси А.М.Х. 1996. Вкусовая чувствительность карпа к свободным аминокислотам и классическим вкусовым веществам // Вопр. ихтиологии. Т. 36. № 3. С. 386–399.
- Касумян А.О., Пономарев В.Ю. 1989. Значение хеморецепции в пищевом поведении карповых рыб // Хемочувствительность и хемокоммуникация рыб. М.: Наука. С. 123–131.
- Касумян А.О., Пономарев В.Ю. 1990. Формирование пищевой поисковой реакции на естественные химические сигналы в онтогенезе карповых рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 30. № 3. С. 447–456.
- Касумян А.О., Сидоров С.С. 2010. Влияние голодания на вкусовые предпочтения и поведение тестирования пищевых объектов у карпа *Cyprinus carpio* // Там же. Т. 50. № 3. С. 388–399.
- Касумян А.О., Марусов Е.А., Сидоров С.С. 2009. Влияние запахового фона на вкусовые предпочтения и вкусовое поведение карпа *Cyprinus carpio* и трески *Gadus morhua* // Там же. Т. 49. № 4. С. 528–540.
- Кружалов Н.Б. 1986. Поведенческие реакции сеголетков карпа *Cyprinus carpio* L. на аминокислоты // Там же. Т. 26. № 6. С. 1016–1022.
- Лебедева Н.Е., Головкина Т.В. 1988. Влияние химических сигналов опасности на углеводный обмен у сеголетков карпа // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. Т. 24. № 1. С. 103–106.
- Неловкин П.Д. 1963. Результаты мечения сазана *Cyprinus carpio* L. в низовьях и дельте Волги // Вопр. ихтиологии. Т. 3. № 1. С. 163–170.
- Николаев В.А. 1962. Геологическая история, рельеф и аллювиальные отложения р. Ахтуба // Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской долины и дельты. М.: Изд-во МГУ, 110 с.
- Павлов Д.С., Касумян А.О. 1998. Структура пищевого поведения рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 38. № 1. С. 123–136.
- Павлов Д.С., Садковский Р.В., Костин В.В., Лунандин А.И. 1997. Влияние фото-, термо- и барогradientов на поведение и вертикальное распределение молоди карповых рыб // Там же. Т. 37. № 1. С. 72–77.
- Adamek Z., Sukop I. 2001. The role of supplementary feeding in food competition between common carp (*Cyprinus carpio*) and perch (*Perca fluviatilis*) in a pond culture // Krmiva. V. 43. № 4. P. 175–184.
- Atema J. 1980. Chemical senses, chemical signals and feeding behavior in fish // ICLARM Conf. Proc. V. 5. Fish behavior and its use in the capture and culture of fishes. Manila: ICLARM. P. 57–101.
- Atema J., Holland K., Ikehara W. 1980. Olfactory responses of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) to prey odors: chemical search image // J. Chem. Ecol. V. 6. № 2. P. 457–465.
<https://doi.org/10.1007/BF01402922>
- Bajer P.G., Lim H., Travaline M.J. et al. 2010. Cognitive aspects of food searching behavior in free-ranging wild common carp // Environ. Biol. Fish. V. 88. № 3. P. 295–300.
<https://doi.org/10.1007/s10641-010-9643-8>
- Balon E.K. 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers // Aquaculture. V. 129. № 1–4. P. 3–48.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00227-F](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00227-F)
- Beukema J.J. 1969. Angling experiments with carp (*Cyprinus carpio* L.). I. Differences between wild, domesticated, and hybrid strains // Neth. J. Zool. V. 19. № 4. P. 596–609.
<https://doi.org/10.1163/002829669X00044>
- Beukema J.J. 1970. Angling experiments with carp (*Cyprinus carpio* L.). II. Decreasing catchability through one-trial learning // Ibid. V. 20. № 1. P. 81–92.
<https://doi.org/10.1163/002829670X00088>
- Bobzin S.C., Faulkner D.J. 1992. Chemistry and chemical ecology of the Bahamian sponge *Aplysilla glacialis* // J. Chem. Ecol. V. 18. № 3. P. 309–332.
<https://doi.org/10.1007/BF00994234>

- Burnard D., Gozlan R.E., Griffiths S.W. 2008. The role of pheromones in freshwater fishes // J. Fish Biol. V. 73. № 1. P. 1–16.
https://doi.org/10.1111/j.1095–8649.2008.01872.x
- Callan W.T., Sanderson S.L. 2003. Feeding mechanisms in carp: crossflow filtration, palatal protrusions and flow reversals // J. Exp. Biol. V. 206. № 5. P. 883–892.
https://doi.org/10.1242/jeb.00195
- Caprio J., Derby C.D. 2008. Aquatic animal models in the study of chemoreception // The senses: a comprehensive reference. V. 4. San Diego: Acad. Press. P. 97–134.
https://doi.org/10.1016/B978–012370880–9.00073–6
- Carl D.D., Weber M.J., Brown M.L. 2016. An evaluation of attractants to increase catch rates and deplete age-0 common carp in shallow South Dakota lakes // N. Am. J. Fish. Manag. V. 36. № 3. P. 506–513.
https://doi.org/10.1080/02755947.2016.1141125
- Chervova L.S., Lapshin D.N. 2010. The effect of olfactory deprivation on the thresholds of sensitivity of skin chemoreceptors of carp *Cyprinus carpio* // J. Ichthyol. V. 50. № 11. P. 1030–1035.
https://doi.org/10.1134/S0032945210110081
- Clark E. 1983. Shark repellent effect of the Red Sea Moses sole // Shark repellents from the sea: new perspectives. N.Y.: CRC Press. P. 135–150.
https://doi.org/10.1201/9780429305955–6
- Czapla P., Wallerius M.L., Monk C.T. et al. 2023. Reexamining one-trial learning in common carp (*Cyprinus carpio*) through private and social cues: no evidence for hook avoidance lasting more than seven months // Fish. Res. V. 259. Article 106573.
https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106573
- da Silva M.C., Canário A.V.M., Hubbard P.C., Gonçalves D.M.F. 2021. Physiology, endocrinology and chemical communication in aggressive behaviour of fishes // J. Fish Biol. V. 98. № 5. P. 1217–1233.
https://doi.org/10.1111/jfb.14667
- Døving K.B., Westerberg H., Johnsen P.B. 1985. Role of olfaction in the behavioural and neural responses of Atlantic salmon, *Salmo salar*, to hydrographic stratification // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 42. № 10. P. 1658–1667.
https://doi.org/10.1139/f85–207
- Elkins A., Barrow R., Rochfort S. 2009. Carp chemical sensing and the potential of natural environmental attractants for control of carp: a review // Environ. Chem. V. 6. № 5. P. 357–368.
https://doi.org/10.1071/EN09032
- Ghosal R., Eichmiller J.J., Witthuhn B.A., Sorensen P.W. 2018. Attracting common carp to a bait site with food reveals strong positive relationships between fish density, feeding activity, environmental DNA, and sex pheromone release that could be used in invasive fish management // Ecol. Evol. V. 8. № 13. P. 6714–6727.
https://doi.org/10.1002/ece3.4169
- Gilbert P.W., Springer S. 1963. Testing shark repellents // Sharks and survival. Boston: D.C. Heath and Co. P. 477–494.
- Hamdani E.H., Døving K.B. 2007. The functional organization of the fish olfactory system // Prog. Neurobiol. V. 82. № 2. P. 80–86.
https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2007.02.007
- Hicks B.J., Ling N. 2015. Carp as invasive species // Biology and Ecology of carp. Boca Raton: CRC Press. P. 244–281.
https://doi.org/10.1201/b18547–18
- Hobson E.S. 1963. Feeding behavior in three species of sharks // Pac. Sci. V. 17. № 2. P. 171–194.
- Huser B., Bartels P. 2015. Feeding ecology of carp // Biology and Ecology of carp. Boca Raton: CRC Press. P. 217–243.
https://doi.org/10.1201/b18547–17
- Irvine I.A.S., Sorensen P.W. 1993. Acute olfactory sensitivity of wild common carp, *Cyprinus carpio*, to goldfish hormonal sex pheromones is influenced by gonadal maturity // Can. J. Zool. V. 71. № 11. P. 2199–2210.
https://doi.org/10.1139/z93–309
- Kasumyan A.O. 2004. The olfactory system in fish: structure, function, and role in behavior // J. Ichthyol. V. 44. Suppl. 2. P. S180–S223.
- Kasumyan A.O. 2019. The taste system in fishes and the effects of environmental variables // J. Fish Biol. V. 95. № 1. P. 155–178.
https://doi.org/10.1111/jfb.13940
- Kasumyan A.O., Isaeva O.M. 2022. Timeline of orosensory food testing in cyprinid fishes (Cyprinidae) // J. Ichthyol. V. 62. № 6. P. 1170–1189.
https://doi.org/10.1134/S0032945222060133
- Kasumyan A.O., Marusov E.A. 2005. Behavioral responses to alimentary chemical signals in the carp *Cyprinus carpio* in the norm and after acute and chronic anosmia // Ibid. V. 45. Suppl. 2. P. S315–S323.
- Kirino M., Parnes J., Hansen A. et al. 2013. Evolutionary origins of taste buds: phylogenetic analysis of purinergic neurotransmission in epithelial chemosensors // Open Biol. V. 3. № 3. Article 130015.
https://doi.org/10.1098/rsob.130015
- Klefoth T., Pieterek T., Arlinghaus R. 2013. Impacts of domestication on angling vulnerability of common carp, *Cyprinus carpio*: the role of learning foraging behaviour and food preferences // Fish. Manag. Ecol. V. 20. № 2–3. P. 174–186.
https://doi.org/10.1111/j.1365–2400.2012.00865.x
- Koehn J.D., Nikol S.J. 2016. Comparative movements of four large fish species in a lowland river // J. Fish Biol. V. 88. № 4. P. 1350–1368.
https://doi.org/10.1111/jfb.12884
- Kohlman K. 2015. The natural history of common carp and common carp genetics // Biology and Ecology of carp. Boca Raton: CRC Press. P. 2–27.
https://doi.org/10.1201/b18547–6
- Korsching S.I. 2020. Taste and smell in zebrafish // The senses: a comprehensive reference. V. 3. Amsterdam: Acad. Press. P. 466–492.
https://doi.org/10.1016/B978–0–12–809324–5.24155–2

- Kubanek J., Pawlik J.R., Eve T.M., Fenical W. 2000. Triterpene glycosides defend the Caribbean reef sponge *Erylus formosus* from predatory fishes // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* V. 207. P. 69–77.
<https://doi.org/10.3354/meps207069>
- Lastein S., Hamdani E.H., Døving K.B. 2015. Olfactory discrimination of pheromones // *Fish pheromones and related cues*. Chichester: John Wiley and Sons, Inc. P. 159–195.
<https://doi.org/10.1002/9781118794739.ch8>
- Lim H., Sorensen P.W. 2012. Common carp implanted with prostaglandin F_{2α} release a sex pheromone complex that attracts conspecific males in both the laboratory and field // *J. Chem. Ecol.* V. 38. № 2. P. 127–134.
<https://doi.org/10.1007/s10886-012-0062-5>
- Løkkeborg S., Bjørndal Å., Fernö A. 1989. Responses of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) to baited hooks in the natural environment // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* V. 46. № 9. P. 1478–1483.
<https://doi.org/10.1139/f89-189>
- Magnhagen C., Johansson K., Sigray P. 2017. Effects of motorboat noise on foraging behaviour in Eurasian perch and roach: a field experiment // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* V. 564. P. 115–125.
<https://doi.org/10.3354/meps11997>
- Marui T., Harada S., Kasahara Y. 1983. Gustatory specificity for amino acids in the facial taste system of the carp, *Cyprinus carpio* L // *J. Comp. Physiol.* V. 153. № 3. P. 299–308.
<https://doi.org/10.1007/BF00612584>
- Masilan K., Neethiselvan N., Shakila R.J. et al. 2022. Development of fish gelatin-based artificial fish baits incorporating bioattractants from seafood processing waste // *J. Indian Chem. Soc.* V. 99. № 3. Article 100376.
<https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100376>
- Mathis A. 2009. Alarm responses as a defense: chemical alarm cues in Nonostariophysan fishes // *Fish defenses*. V. 2. Pathogens, parasites and predators. Boca Raton: CRC Press. P. 323–386.
<https://doi.org/10.1201/9780429187285-11>
- Monk C.T., Arlinghaus R. 2017. Encountering a bait is necessary but insufficient to explain individual variability in vulnerability to angling in two freshwater benthivorous fish in the wild // *PLoS One*. V. 12. № 3. Article e0173989.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173989>
- Morais S. 2017. The physiology of taste in fish: potential implications for feeding stimulation and gut chemical sensing // *Rev. Fish. Sci. Aquac.* V. 25. № 2. P. 133–149.
<https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1249279>
- Pavlov D.S., Sadkovskii R.V., Kostin V.V., Lupandin A.I. 2000. Experimental study of young fish distribution and behaviour under combined influence of baro-, photo- and thermo-gradients // *J. Fish Biol.* V. 57. № 1. P. 69–81.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb00776.x>
- Pieniazek R.H., Mickle M.F., Higgs D.M. 2020. Comparative analysis of noise effects on wild and captive freshwater fish behavior // *Anim. Behav.* V. 168. P. 129–135.
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2020.08.004>
- Popper A.N., Hawkins A.D. 2019. An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes // *J. Fish Biol.* V. 94. № 5. P. 692–713.
<https://doi.org/10.1111/jfb.13948>
- Rahman M.M., Kadowaki S., Balcombe S.R., Wahab M.A. 2010. Common carp (*Cyprinus carpio* L.) alters its feeding niche in response to changing food resources: direct observations in simulated ponds // *Ecol. Res.* V. 25. № 2. P. 303–309.
<https://doi.org/10.1007/s11284-009-0657-7>
- Saglio Ph., Blanc J.M. 1983. Etude en olfactomètre de la réponse comportementale aux L. acides aminés chez le juvénile de carpe, *Cyprinus carpio* L. // *Biol. Behav.* (Paris). V. 8. № 4. P. 359–370.
- Saglio Ph., Fauconneau B., Blanc J.M. 1990. Orientation of carp, *Cyprinus carpio* L., to free amino acids from *Tubifex* extract in an olfactometer // *J. Fish Biol.* V. 37. № 6. P. 887–898.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb03592.x>
- Satou M., Anzai S., Huruno M. 2005. Long-term potentiation and olfactory memory formation in the carp (*Cyprinus carpio* L.) olfactory bulb // *J. Comp. Physiol. A.* V. 191. № 5. P. 421–434.
<https://doi.org/10.1007/s00359-005-0600-5>
- Satou M., Hoshikawa R., Sato Y., Okawa K. 2006. An in vitro study of long-term potentiation in the carp (*Cyprinus carpio* L.) olfactory bulb // *Ibid.* V. 192. № 2. P. 135–150.
<https://doi.org/10.1007/s00359-005-0056-7>
- Stoner A.W. 2004. Effects of environmental variables on fish feeding ecology: implications for the performance of baited fishing gear and stock assessment // *J. Fish Biol.* V. 65. № 6. P. 1445–1471.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00593.x>
- Sutterlin A.M., Solemdal P., Tilseth S. 1982. Baits in fisheries with emphasis on the North Atlantic cod fishing industry // *Chemoreception in fishes*. Amsterdam: Elsevier. P. 293–305.
- Tanaka H., Takagi Y., Naito Y. 2001. Swimming speeds and buoyancy compensation of migrating adult chum salmon *Oncorhynchus keta* revealed by speed/depth/acceleration data logger // *J. Exp. Biol.* V. 204. № 22. P. 3895–3904.
<https://doi.org/10.1242/jeb.204.22.3895>
- Ueda H. 2016. Physiological mechanisms of imprinting and homing migration of Pacific salmon // *Aqua-BioSci. Monogr.* V. 9. № 1. P. 1–27.
<https://doi.org/10.5047/ABSM.2016.00901.0001>
- Westerberg H., Westerberg K. 2011. Properties of odour plumes from natural baits // *Fish. Res.* V. 110. № 3. P. 459–464.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.06.002>
- Wilson D.M., Puyana M., Fenical W., Pawlik J.R. 1999. Chemical defense of the Caribbean reef sponge *Axinella corrugata* against predatory fishes // *J. Chem. Ecol.* V. 25. № 12. P. 2811–2823.
<https://doi.org/10.1023/A:1020811810223>

Wilson R.R., Smith K.L. 1984. Effect of near-bottom currents on detection of bait by the abyssal grenadier fishes *Coryphaenoides* spp., recorded *in situ* with a video camera on a free vehicle // Mar. Biol. V. 84. № 1. P. 83–91.
<https://doi.org/10.1007/BF00394530>

Wood J.D., Azócar P.S.A. 2013. Gustatory response of common carp *Cyprinus carpio* to variable concentrations of two stimulatory amino acids // Croatian J. Fish. V. 71. № 1. P. 1–10.
<https://doi.org/10.14798/71.1.620>

Yoshii K., Kurihara K. 1983. Role of cations in olfactory reception // Brain Res. V. 274. № 2. P. 239–248.
[https://doi.org/10.1016/0006-8993\(83\)90701-1](https://doi.org/10.1016/0006-8993(83)90701-1)

Zippel H. P., Voigt R., Knaust M., Luan Y. 1993. Spontaneous behaviour, training and discrimination training in goldfish using chemosensory stimuli // J. Comp. Physiol. A. V. 172. № 1. P. 81–90.
<https://doi.org/10.1007/BF00214717>

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF FOOD CHEMICAL ATTRACTANTS FOR WILD COMMON CARP, *CYPRINUS CARPIO* (CYPRINIDAE) UNDER CONDITIONS IN THE NATURAL WATER BODY

A. O. Kasumyan^{1, *}, K. V. Kuzishchin¹, and M. A. Gruzdeva¹

¹Moscow State University, Moscow, Russia

*E-mail: alex_kasumyan@mail.ru

The effectiveness of the food chemosensory attractants for attraction and angling of wild common carp, *Cyprinus carpio* by the bottom tackle of two types (carp “boil” device and “makushanka” device) was evaluated in the experiments, done in 2018 in the natural water reserve—the Akhtuba River (polygon of 80x30 m). There were 6 types of the bait used: sunflower meal, and boils with flavor of “Strawberry,” “Plum,” “Tutti-frutti,” “Sweet corn” and “Mussel.” The wild common carp was attracted to the polygon by inserting into the river the attracting groundbait, combined from sunflower meal cake, corn and wheat kernels and red clay (ratio 1:1:1:5). In 2–3 days after beginning of the attraction, the number of carp and its daily catch increased sharply and in a week reached the level which stay stable up to the end of experiment, that lasted for 79 days, from June, 19 through September, 5. Total catch was 1048 fish of body weight from 2 to 14 kg, average daily catch was 7.23 ± 2.13 specimens. The catch on the makushanka was stable during the whole time of the experiment and was about 13–15% of the total catch, while the catch on the boils of the different flavors vary. At the beginning of the experiment the most of carps were caught on the boils having “Mussel” flavor. Then the catch on this boil type decreased to the middle of July, but the catch on the boil having “Sweet corn” flavor tended to increase up to 70–75% of the total catch on the boils of all types. The maximal catch on the boils with “Sweet corn” flavor correlated with the appearance of many anglers on the river, who used kernel for fish attraction. The catch on the boils of fruit and berry flavor vary, but stay relatively low, the minor catch was on the boils of “Strawberry” flavor. There was no plausible difference in the fish body weight, landed on different baits. The obtained data support the results of other studies showing important role of chemoreception in common carp behavior. We suppose that attraction of the wild common carp to the study polygon was due to the substances released by groundbait and accepted through the olfactory system, while the catch on the particular bait was a function of its smell, taste and textural features. It was found out that effectiveness of the food attractants can change during relatively short timeline (summer season), thereafter indicates the plasticity of the fish preferences mediated by chemosensory systems.

Keywords: attractants, flavors, bait, boils, feeding behavior, olfaction, taste, chemoreception, cyprinid fishes.