

ВЛИЯНИЕ МУТНОСТИ ВОДЫ НА ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППОВОГО ПОВЕДЕНИЯ

Будаев С.В., Дзержинский К.Ф. (Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н.Севердова АН СССР)

Высокая мутность воды — явление, характерное для многих водоемов, и континентальных в особенности. Влияние этого фактора на отдельные стороны поведения рыб (лобыча пищи, распределение) рассматривались рядом авторов (Johnston, Wildish, 1981; Суги, Blader, 1987; Breitburg, 1988 и др.). Однако, данные о влиянии повышенной мутности воды на социальное поведение в целом фрагментарны, а вопрос о модификациях взаимодействия рыб в группах, находящихся в мутной воде, не изучался. Поэтому неизвестно, как изменяется поведение многих видов рыб, ведущих групповой образ жизни, периодически заходящих в акватории с высокой мутностью воды, например, в эстуарии.

Одновременно с этим неясен и механизм влияния мутности воды на поведение рыб. Основываясь на известном предположении о том, что во влиянии высокой мутности на поведение рыб основную роль играют условия зрительной ориентации (Wiliah, Power, 1985; Morinaga et al., 1988 и др.), следует ожидать, что изменение освещенности и изменение мутности воды могут оказывать сходное влияние на элементы группового поведения. Вместе с тем, если допустить что, влияние мутности на поведение рыб осуществляется не только по зрительному каналу, то справедливо ожидать принципиальные различия в ответах рыб на изменение мутности воды и освещенности.

Цель работы состояла в изучении влияния мутности воды на элементы группового поведения рыб при хорошей освещенности и при

падении освещенности до уровня, при котором заметно утнение социальных контактов на примере аквариумной рыбы тетры-плотвички *Hemigrammus caudovittatus*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для опытов была взята группа из 12 особей тетры-плотвички (*Hemigrammus caudovittatus*) средней длиной 3,87±0,09 см. Эти рыбы обитают в мелководных участках рек и озер Южной Америки, где повышенная мутность воды является весьма существенным экологическим фактором (Lowe-McConnell, 1975).

Для приготовления взвеси использовали промытенный каолин, который добавляли к воде в специальной ёмкости, находящейся над экспериментальным аквариумом и соединённой с ним шлангом. Мутность воды регистрировали фотометрически.

Экспериментальная установка состояла из аквариума площадью 40x60 см, в центре которого находился прямоугольный прозрачный затон 30x45 см, где и помещали рыб (Рис. I). Он позволял лишить подобных особей возможности использовать как зрительные ориентир предметы, находящиеся снаружи аквариума. Для этой же цели под прозрачным дном аквариума было расположено молочно-белое стекло. Сверху аквариум освещался лампой 100 вт., находящейся на расстоянии 1 м от уровня воды, и был изолирован от постороннего света и внешних раздражителей ширмой.

Для наблюдения за поведением рыб в контролевом свете аквариум просвечивали снизу при помощи лампы накаливания 500 вт. и наклонно расположенного зеркала красным светом (спектр > 670 нм.). Регистрацию поведения проводили с помощью видеокамеры, установленной над аквариумом. Перед ее объективом был расположен красный светофильтр.

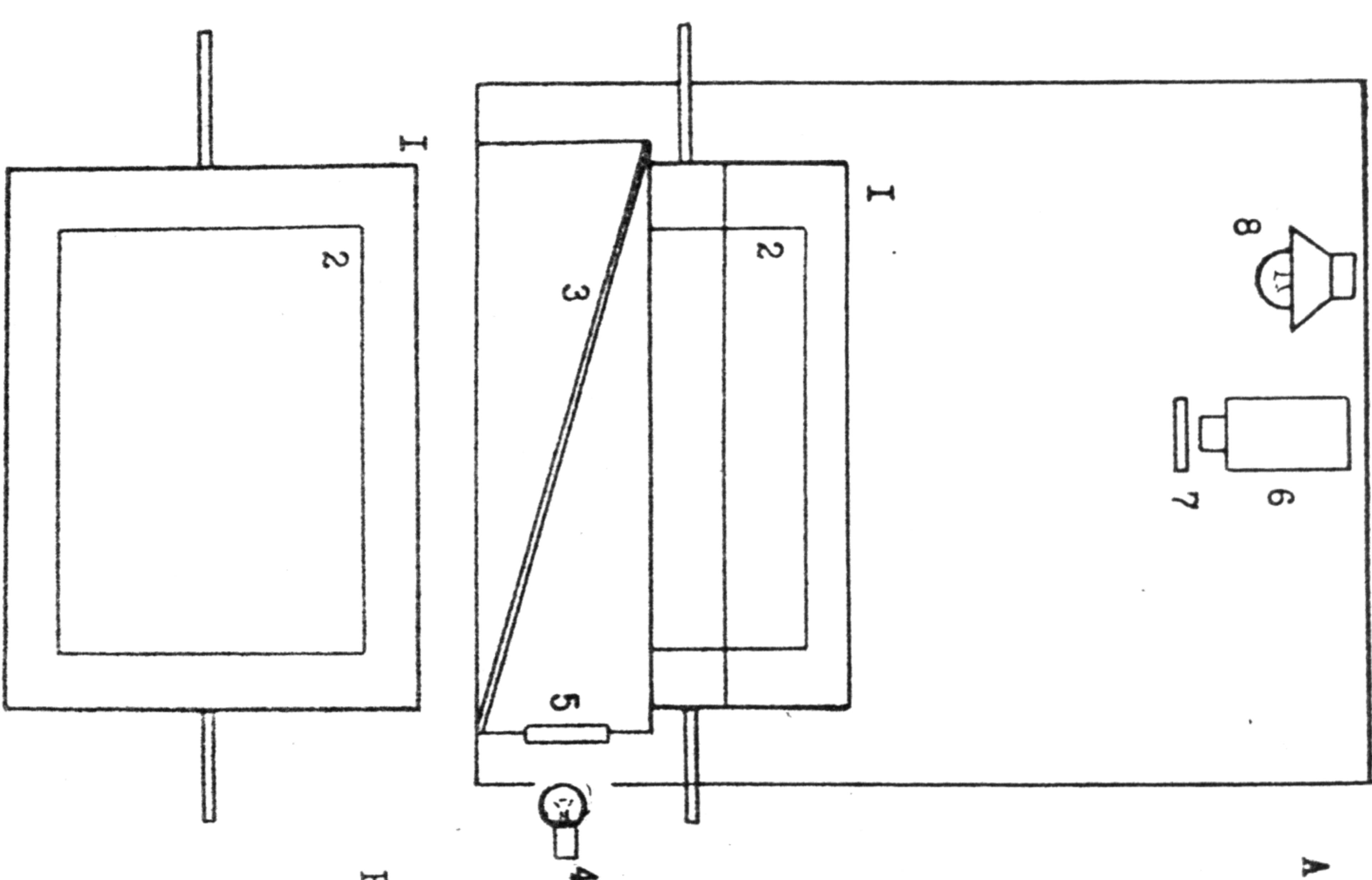


Рис. I. Схема экспериментальной установки

А - вид сбоку; В - вид сверху

1 - экспериментальный аквариум

2 - прозрачный загон

3 - зеркало

4 - просвечивающая лампа 500 вт

5 и 7 - красные светофильтры

6 - видеокамера

8 - лампа 100 вт

Использование именно красного света для регистрации обусловлено с одной стороны тем, что пресноводные рыбы мало чувствительны к свету такой спектральной характеристики (Павлов, Сычин, 1961), с другой — красный свет в меньшей степени подвергается рассеянию в мутных средах. Данная установка позволяла наблюдать за перемещениями рыб при мутности до 100 мг/л, однако при этой концентрации высота слоя воды в 3 см была уже предельной.

Для предотвращения изменения мутности воды в ходе опыта вследствие осаждения частиц глины в экспериментальной емкости постоянно осуществлялся водообмен.

Перед опытом рыб содержали в экспериментальной емкости

2 недели при периодическом просвечивании аквариума снизу красным светом в том же режиме, в котором проводили эксперимента. Непосредственно перед каждым опытом рыб дополнительно выдерживали в мутной воде в течение 12 часов. Условия освещенности и мутности в экспериментах приведены в табл. I.

Таблица I. Условия проведения экспериментов.

Овещенность	Уровни мутности воды (мг/л)
-------------	-----------------------------

I - 2 лк	0; 48; 49-50; 53-55
----------	---------------------

200 лк	0; 45; 70; 90
--------	---------------

Длительность опыта была 10 минут.

В ходе обработки записанной видеинформации из экспериментальной группы произвольно выбирали одну особь и затем в течение 30 сек. регистрировали частоту и общее время реакции следования

(при которых за испытуемой особью следовала другая либо набор рот), а также ее двигательную активность — количество пересечений границ квадратов, на которые было расчленено лабиринтное поле емкости . По окончании каждого 30-секундного промежутка времени измеряли расстояние между испытуемой особью и ее ближайшим соседом . Параллельно с этим отмечали количество рыб , находящихся у стенок аквариума и в его центре . Для каждого опыта производили 25 серий замеров . Достоверность различий полученных результатов оценивалась по критерию Стьюдента ($P < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

4. Условия высокой освещенности (200 лк.)

Наблюдение за перемещениями тетр-плотничек в прозрачной воде при хорошей освещенности дает возможность с уверенностью констатировать, что в их поведении отсутствует стайность. Взимме действия между особями носят исключительно агрессивный характер (Рис. 2 а, б). Как свидетельствуют результаты изуальных наблюдений, малейшее повышение мутности воды приводит к резкому прекращению на типично стайное поведение. При этом агрессивные акты полностью исчезают.

При увеличении мутности воды до 70 мг/л усиливается тенденция особей терпентинки к синхронизации поведения сочленов групп. Двигательная активность рыб в этих условиях увеличивается в два раза (Рис. 3). Среднее количество реакций следования за зоопланктоном увеличивается от 1,3 до 2,3, а общее время указанных реакций, соответственно от 7% до 37% всего времени (Рис. 2а, б). Наряду с отмеченными изменениями поведения резко сокращается расстояние между соседями в группе от 8,78±0,62 см до 4,82±0,72 см (Рис. 4).

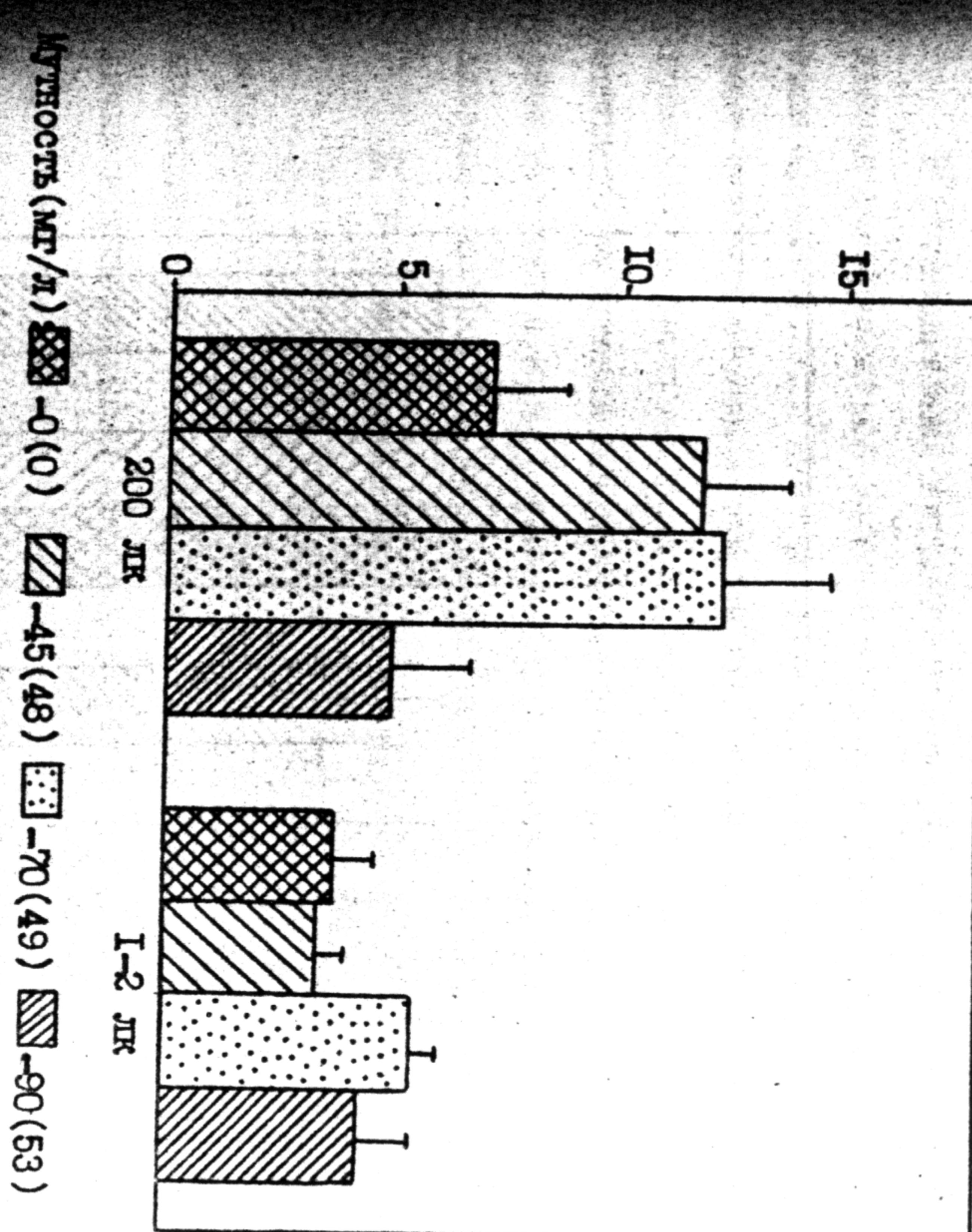


Рис. 3. Двигательная активность четырех-плотвички в разных условиях мутности и освещенности.

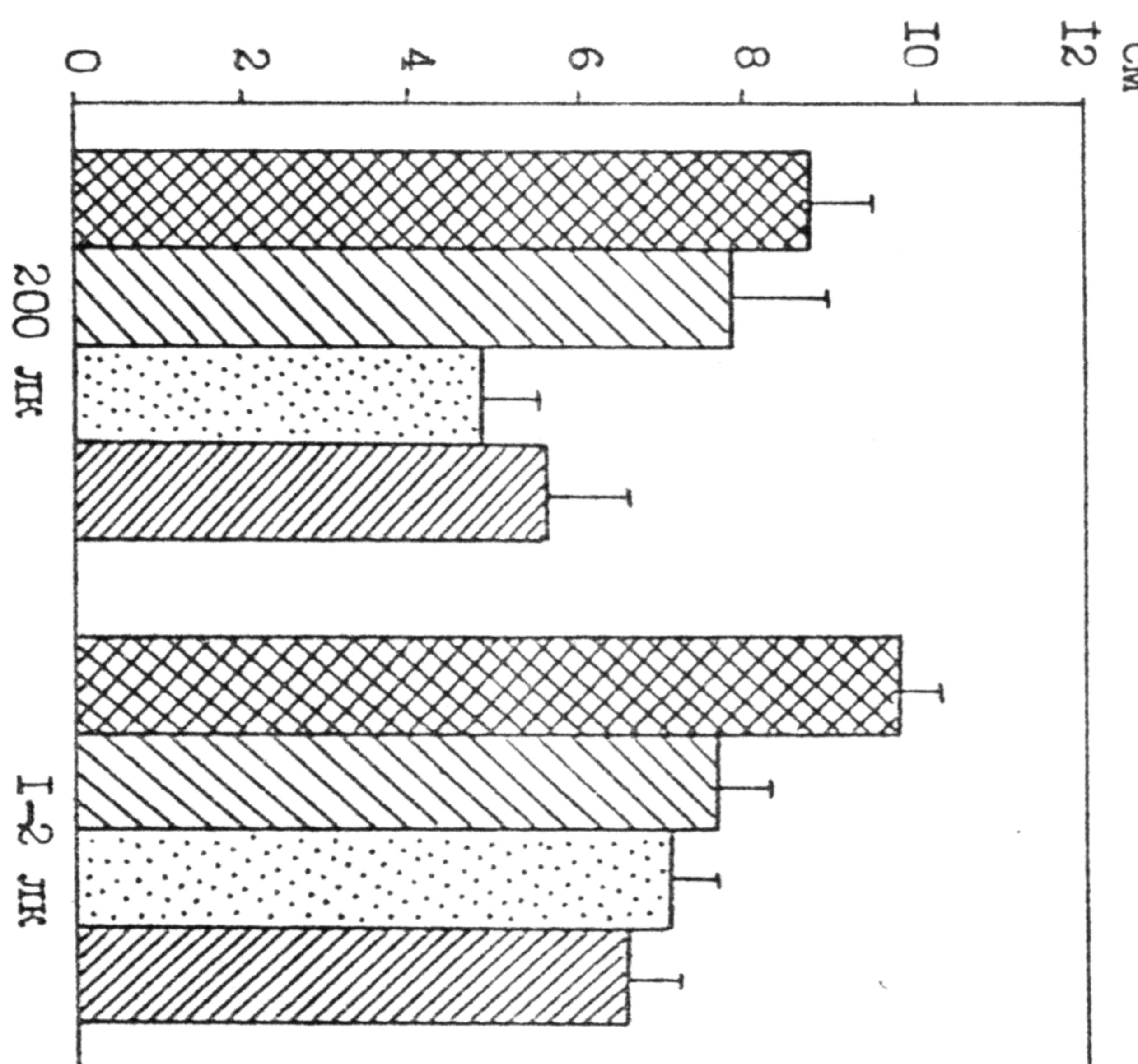
При дальнейшем повышении мутности от 70 мг/л до 80-100 мг/л стайное поведение угнетается, что выражается в заметном падении двигательной активности рыб (Рис. 3), снижении частоты (до 1,3) и продолжительности (до 12%) реакций следования (Рис. 2 а, б). В то же время дистанция между соседями по стае не изменяется (Рис. 4).

В распределении тетры-плотвики прослеживается явная тенденция располагаться вдоль стенок аквариума с повышением мутности воды (Рис. 5). При ее повышении до 80-100 мг/л рыбы большой процент времени стояли у стенки аквариума, совершая иногда кратковременные и быстрые перемещения. В случае, если какая-либо особь отходила от стенки экспериментальной ёмкости настолько, что теряла контакт с ней, она совершала серию резких бросков и останавливалась только при восстановлении этого контакта.

Б. Условия низкой освещенности (1-2 лк).

При уменьшении освещенности до 1-2 люкс эффект мутности воды сказался на столь значительно. В данных условиях освещения агрессивных актов в поведении тетры-плотвики не наблюдалось. Различия в двигательной активности рыб, представленные на рис. 3 недостоверны. Вместе с тем продолжительность и частота реакций следования в мутной воде достоверно выше таковых в прозрачной воде, хотя при разных уровнях мутности эти показатели достоверно между собой не различались (Рис. 2 а, б). Как и при большей освещенности, среднее расстояние между ближайшими соседями по стае также уменьшилось, хотя и действием мутности воды не столь явные, как при высокой освещенности (Рис. 5).

Рис. 4. Среднее расстояние (см) между ближайшими соседями в группе тетры-плотвики.



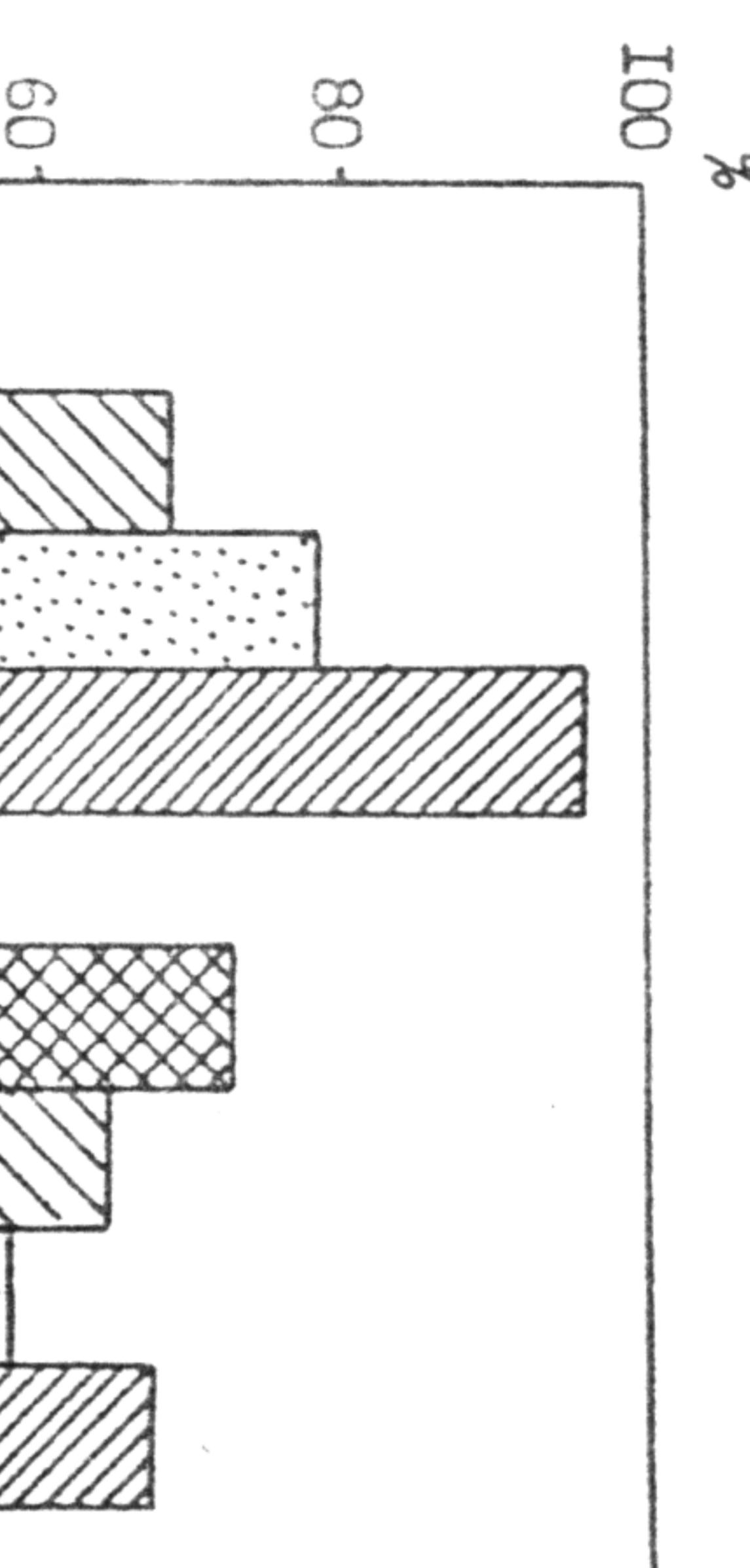
Мутность (мт/л) ■-0(0) □-45(48) ▨-70(49) ▲-90(53)

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о том, что появление в воде взвешенных веществ в условиях высокой освещенности, среднее расстояние между ближайшими соседями по стае

ОБСУЖДЕНИЕ

также уменьшилось, хотя и действием мутности воды не столь явные, как при высокой освещенности (Рис. 5).

щенности (200 лк) приводит к полному исчезновению в поведении тетр-плотвичек агрессивных актов. В умеренно мутной воде (45–70 мг/л каолина) особи *Nemipterus sandwicensis* демонстрируют типично стайное поведение и при этом имеют тенденцию к усилинию взаимной синхронизации движений и повышению двигательной активности.



Мутность (мг/л): ■ 0(0) □ 45(48) ▨ 70(49) ▲ 90(53)

Скорее всего ухудшение зрительного контакта между особями тетры может действовать как беспокоящий фактор, инициирующий наблюдаемые изменения социального поведения – от агрессивности к подражанию. Подобное изменение характера социального поведения в присутствии беспокоящих раздражителей известно и для других видов рыб (Мочек, Мусатов, 1988).

Дальнейшее повышение мутности воды вызывает сильное снижение двигательной активности тетр. На этом фоне изменение других характеристик достаточно слабы. В ходе опыта рыбы большую часть времени стоят неподвижно у стенок аквариума. Аналогичные данные об утненем действии избыточной мутности воды на проявление социальных контактов получены канадскими исследователями (Berg, Northcote, 1985), изучавшими влияние мутности воды на территориальное поведение лососей.

Изменение двигательной активности рыб под действием мутности воды – хорошо известное явление, которому, однако, находят различные объяснения. Например, для многих рыб, в том числе и стайных, это чаще всего связывают со стрессом и активным поиском ими участков с более чистой водой (Заледухин и др., 1984; Сугиз, Blaber, 1987). Вместе с тем у отдельных видов рыб изменения двигательной активности в ответ на повышение мутности воды не отмечено, а у некоторых нестайных донных рыб она падает (Сугиз, Blaber, 1987; Morinaga et al., 1988).

Рис. 5. Количество (%) особей тетры-плотвички, находящихся на расстоянии менее 4 см от стены аквариума.

С увеличением мутности воды сокращается дистанция видения.

В условиях умеренной мутности зрение, видимо еще сохраняет некоторое значение. При дальнейшем же повышении мутности зрительная ориентация настолько затрудняется, что рыбы вынуждены держаться вблизи ориентиров. Этим, по-видимому, можно объяснить их расположение вдоль стенок аквариума. Здесь большую роль в ориентации рыб могут играть также боковая линия и осязание. По-видимому, в природе в условиях повышенной мутности воды тоже следует ожидать значительное привлечение рыб различными ориентирами.

Говоря о результатах полученных в условиях освещенности 1–2 лк следует упомянуть, что при пониженной освещенности стремление к состаиванию, синхронизованность поведения и двигательная активность стайных рыб уменьшается несмотря на то, что они способны еще хорошо видеть друг друга (Мантейфель и др., 1965 и др.). Поэтому, наблюдалось на этом фоне снижение влияния мутности на поведение вполне понятно. Однако рыбы могут поддерживать стайные взаимодействия в условиях освещенности меньше 1–2 лк, а при каком-либо беспокойстве или испуге демонстрируют высокую синхронизованность поведения (Герасимов, 1983). В нашем эксперименте отсутствие визуального контакта с соседями по стае в результате повышения мутности воды, а также непосредственное восприятие высокой концентрациизвешенных частиц каолина могут быть существенными факторами беспокойства, ведущими к активизации социальных контактов.

Таким образом, понижение освещенности до 1–2 лк оказывает в общем такое же утишествующее воздействие на элементы стайного поведения рыб. / М., изд. Наука, 1983.

Залетухин В.В., Воробьев В.И., Андрианов В.А. 1984. Биохимические изменения в мышцах и печени рыб в зоне действия земснарядов // Документ. работы и проблемы охраны рыбных запасов и окружающей среды рыболов. 20 сент. 1984 г., Астрахань. С. 26–27.

Мантейфель Б.П., Гирса И.И., Лещева Т.С., Павлов Д.С. 1955. Изменение изменяющейся освещенности на образование и распадение стаи у рыб // Питание хищных рыб и их взаимоотношения с хищниками организма. / М., изд. Наука, С. 82–90.

и освещенности имеются различия. На это указывает повышение в опытах с низкой освещенностью времени и частоты реакции следования тетр-плотничек вслед за повышением мутности воды.

Выводы.

1. Мутность воды до 70 мг/л в условиях освещенности 200 лк способствует изменению социальных контактов между особями тетр-плотничек от отрицательных в прозрачной воде к положительным в мутной.

2. Мутность воды до 70 мг/л в условиях освещенности 200 лк способствует усилинию взаимной синхронизации движения тетр-плотнички и увеличению их двигательной активности.

3. Мутность воды более 100 мг/л в условиях освещенности 200 лк оказывает явное угнетающее воздействие на элементы стайного поведения, вызывая снижение двигательной активности рыб и их расположение вдоль стенок аквариума.

4. В механизмах воздействия высокой мутности воды (70–100 мг/л) и пониженной освещенности (1–2 лк) на групповое поведение тетр-плотничек имеются различия.

ЛITERATURA

Герасимов В.В. Эколого-физиологические закономерности стайного поведения рыб. / М., изд. Наука, 1983.

Залетухин В.В., Воробьев В.И., Андрианов В.А. 1984. Биохимические изменения в мышцах и печени рыб в зоне действия земснарядов // Документ. работы и проблемы охраны рыбных запасов и окружающей среды рыболов. 20 сент. 1984 г., Астрахань. С. 26–27.

Мантейфель Б.П., Гирса И.И., Лещева Т.С., Павлов Д.С. 1955. Изменение изменяющейся освещенности на образование и распадение стаи у рыб // Питание хищных рыб и их взаимоотношения с хищниками организмами. / М., изд. Наука, С. 82–90.

- Павлов Д.С., Собкин Ю.Н. Изучение спектральной и пороговой чувствительности зрения рыб методом оптомоторной реакции. // Поведение и рецепции рыб. М.: Наука. 1967. С. 74-79.
- Серебров Л.И. Плотность и упорядоченная структура концентраций стайных рыб. // Дисс. канд. биол. наук. МРХ СССР, ШМРО. 1988.
- Aoki I. 1980. An analysis of school behaviour of fish:internal organisation and communication process// Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo. 1980., 12, 65 p.
- Berg I., Northcote T.G. 1985. Changes on territorial, gill-flaring, and feeding behaviour in juvenile coho salmon *Oncorhynchus kisutch* following short-term pulses of suspended sediment// Can. J.Fish. Aquat. Sci. V.42. P.1410-1417.
- Breitburg D.L. 1988. Effects of turbidity on prey consumption by striped bass larvae// Trans. am. Fish. Soc. V.117. No.1. P.72-77.
- Cyrus D.P., Blaber S.J.M. 1987(b). The influence of turbidity on juvenile marine fishes in estuaries. Part 2. Laboratory studies, comparisons with field data and conclusions// J. Exp. Mar. Biol. Ecol. V.109. P.71-91.
- Johnston D.W., Wildish D.J. 1981. Avoidance of dredge spoil by herring (*Clupea harengus harengus*)//Bull. Environm. Contam. Toxicol. V.26. P.307-314.
- Lowe-McConnell R.H. 1975. Fish communities in tropical freshwater (their distribution, ecology, and evolution). N.Y. 284 p.
- Morinaga T., Kioke T., Oyomo K., Matsuike K. 1988. Response of a fish school to turbid water// Ia mer. V.26. P.19-28.
- Wildish D.J., Power J. 1985. Avoidance of suspended sediments by smelt as determined by a new "single fish" behavioral bioassay//Bull. Environm. Contam. Toxicol. V. 34. No.5. P.170-174.