

Позднее аналогичные скопления морских звезд были обнаружены в верхней сублиторали о. Куричек, с температурой воды 17,8 – 18,2 °С и солёностью 18,31‰. Три крупных скопления с количеством звёзд:

1 – 1м.кв.-32 особи *Asterias rubens*;

2 – 1м.кв.-44 особи *Asterias rubens*;

3 – 1м.кв.-61 особь *Asterias rubens*.

В процессе нереста тело звезды изгибается и приподнимается на лучах (форма „колокольчика») (Кауфман, 1977), что и было прослежено на всех участках скоплений морских звезд.

Литература

- Безр Т.Л. , 1979. Экология морской звезды *Asterias rubens* L. в Белом море: Автореф. канд. дис. М.: 23 с.
Винберг Т.Л. , 1970. О соотношении полов *Asterias rubens* L. // Биология Белого моря (Труды Беломорской биологической станции МГУ). Т.3 . С. 88 – 90.
Кауфман З.С. ,1977. Особенности половых циклов беломорских беспозвоночных как адаптация к существованию в условиях высоких широт: морфоэкологические и эволюционные аспекты проблемы. Л.: Наука. 264 с.
Наумов А.Д., Оленев А.В., 1981. Зоологические экскурсии на Белом море.Л.: ЛГУ. 175 с.

ФИТОПЛАНКТОН СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВЫГОЗЕРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Т.А. Чекрыжева

Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия
e-mail: Tchekryzheva@mail.ru

Введение

Различные отрасли лесопромышленного комплекса Республики Карелия оказывают негативное влияние на окружающую среду. Целлюлозно-бумажная промышленность, являясь одной из наиболее водоемких отраслей народного хозяйства, оказывает наиболее сильное негативное воздействие на водные экосистемы.

Основным источником загрязнения озера Выгозеро, преобразованного, в связи со строительством Беломорско-Балтийского водного пути (ББВП), в водохранилище (1932–1933гг.), является Сегежский целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК), начало функционирования которого приходится на конец 1930-х годов прошлого столетия. До ввода в эксплуатацию станции биологической очистки (СБО) сточные воды комбината через Лайкоручей, впадающий в реку Сегежу, поступали в Выгозерское водохранилище. С началом функционирования СБО (1976г.) выпуск обогащенных биогенными элементами сточных вод комбината, осуществляется в Мозог-губу водоема. Если в начальный период функционирования ЦБК опасности эвтрофирования водоема не существовало (Харкевич, 1969, 1978) и озерная экосистема подвергалась воздействию, в основном, высоких концентраций токсических веществ, образующихся при сульфатном способе варки целлюлозы, то в последующий, после введения СБО, период, происходит антропогенное эвтрофирование северного района водохранилища (Лозовик, 1998), обусловленное, высокими концентрациями биогенных элементов, главным образом, фосфора, в сточных водах предприятия.

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, в рамках программы мониторинга поверхностных водных объектов Республики Карелия, в течение длительного времени осуществляет комплексные экологические наблюдения на Выгозерском водохранилище (Современное состояние водных объектов ..., 1998; Состояние водных объектов ..., 2007). Большое внимание уделяется исследованию биоценозов, в том числе и альгоценозов, поскольку их состояние наилучшим образом отражает экологическую ситуацию в водоеме, сложившуюся в результате воздействия сточных вод Сегежского ЦБК.

Материал и методы исследования

Материалом послужили данные собственных наблюдений 2001, 2007, 2008 гг., а также архивные и литературные сведения о фитопланктоне за 1969–1999 гг. Обработку проб фитопланктона,

отобранных в различных районах северной части Выгозерского водохранилища (Северное Выгозеро), осуществляли используя общепринятые в гидробиологической практике методы (Кузьмин, 1975, 1984; Федоров, 1979; Tikkanen, 1986). Эколого-географические характеристики отдельных видов водорослей устанавливали в соответствии с методами и шкалами (Прошкина-Лавренко, 1953; Давыдова 1985; Барина и др., 2006).

Качество (степень сапробности) воды определяли, используя индикаторные виды фитопланктона по Пантле-Букку в модификации Сладечека (Макрушин, 1974; Sladecsek, 1973) и в соответствии с эколого-санитарными классификациями поверхностных вод суши (Оксиук, Жукинский, 1983; Руководство по методам..., 1983).

Результаты и обсуждение

Первые краткие сведения об альгофлоре оз. Выгозера относятся к началу прошлого столетия (Свиренко, 1915). Дальнейшие исследования фитопланктона Выгозерского водохранилища охватывают период с 1969г. по настоящее время (Вислянская, 1978, 1998; Вислянская, Харкевич, 1985; Вислянская, Чекрыжева, 2007; Лозовик, 1998; Изменение режима ..., 1989).

Цель работы заключалась в том, чтобы на основании обобщения результатов многолетних исследований (1969–2008гг.) фитопланктона северной части Выгозерского водохранилища, выявить эколого-флористический состав и особенности структуры и количественного развития планктонных сообществ, испытывающих в течение длительного периода воздействие сточных вод Сегежского ЦБК.

В фитопланктоне Выгозерского водохранилища за весь период наблюдений выявлено 264 таксона планктонных водорослей из 8 систематических отделов: Bacillariophyta – 122 таксона, Chlorophyta – 86, Chrysophyta – 25, Dinophyta – 11, Cyanophyta – 11, Euglenophyta – 5, Cryptophyta – 2, Xanthophyta – 2 таксона. Таксономически наиболее разнообразны диатомовые, доля которых от общего числа всех найденных видов составляла 45%, зеленые (32%) и золотистые (9%) водоросли. Соотношение крупных таксономических групп водорослей настоящего времени сходно с наблюдавшимися в предыдущий период исследований (Вислянская, 1978, 1998; Вислянская, Чекрыжева, 2007).

Анализ экологических характеристик видов фитопланктона Выгозерского водохранилища, выполненный за длительный период наблюдений, обнаружил их типичность для водоемов севера Европейской части России. Для альгофлоры водохранилища характерно преобладание космополитных форм при наличии в ее составе бореальных и арктоальпийских видов. Большинство видов по характеру местообитания относится к планктонным формам, обитателей бентоса и обрастаний значительно меньше.

По отношению к рН среды преобладают виды–индефференты (64%) при существенной доле алкалофильных (23%) и ацидофильных (13%) форм. Согласно шкалам галобности по отношению к минерализации, помимо большого количества видов–индефферентов (72%), разнообразно представлены галофобы (20%) и галофилы (8%).

Доля видов-индикаторов сапробности достигала 57% от всего состава обнаруженных водорослей. Большинство из них (60%) относились к олигосапробным (25%), олиго-β-мезосапробным (20%) и β-мезосапробным формам (42%). Среди показателей высокой степени сапробности (9%) присутствуют β-α-мезосапробные (*Ankistrodesmus pseudomirabilis* Korschik., *Euglena acus* Ehr.), α-мезосапробные (*Nitzschia acicularis* (Kütz.), *Oscillatoria planctonica* Wolosz., *Oscillatoria sancta* (Kütz.) Gom., *Oscillatoria tenuis* Ag.) и ρ-α-сапробные виды (*Euglena viridis* Ehr.), развивающиеся в озерах, испытывающих влияние органического загрязнения. Ксеносапробы, являющиеся показателями очень чистых вод, малочисленны (4%).

Сапробиологическое состояние вод Северного Выгозера соответствовало олиго-β-мезосапробной зоне (индекс сапробности 1,40–2,42), или II–III классу качества вод с умеренным содержанием органических веществ.

Для зимнего (март–апрель 1972г.) фитопланктона северной части Выгозера характерны невысокие величины численности и биомассы, соответственно, 9–130 тыс. кл./л и 0,01–0,40 г/м³ (Вислянская, 1978; Вислянская, Чекрыжева, 1998). В планктоне доминировали диатомовые (*Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Simonsen) и динофитовые (*Peridinium aciculiferum* Lemm.) водоросли, создававшие до 80% биомассы фитопланктона. По всей акватории Северного Выгозера отмечались вольвок-

совые водоросли с максимумом биомассы (80%) в южной части центрального плеса. В районе выпуска сточных вод комбината зафиксирована высокая концентрация эвгленовых р.р. *Astasia*, *Euglena* (57% биомассы).

До введения СБО, в ранневесенний сезон (начало июня 1972г.) численность и биомасса фитопланктона не превышала 36 тыс. кл./л и 0,1 г/м³ (Вишнянская, 1978). В планктоне преобладали диатомовые *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Simonsen, *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Asterionella formosa* Hass., доля которых в отдельных районах Северного Выгозера составляла 55–88% в суммарной численности и биомассе фитопланктона. В течение десятилетнего периода, прошедшего после введения СБО (1992–1993гг.), произошло резкое возрастание количественных показателей фитопланктона (см. табл.) и его видовое разнообразие за счет золотистых, синезеленых, зеленых, эвгленовых водорослей, что обусловлено высокими концентрациями биогенных элементов в сточных водах ЦБК.

В последующий период (1999г.), связанный с резким падением производства на ЦБК и сокращением объема сточных вод, а, следовательно, и снижением биогенной нагрузки на водоем (Платонов, 2007) уровень развития весеннего фитопланктона снизился в 3–4 раза (см. табл.).

Количественные показатели весеннего фитопланктона в Северном Выгозере

Год	Показатель	Среднее
1992	Численность, тыс.кл./л	655 ± 182
	Биомасса, г/м ³	0,52 ± 0,16
1993	Численность, тыс.кл./л	711 ± 115
	Биомасса, г/м ³	1,67 ± 0,31
1999	Численность, тыс.кл./л	247 ± 63
	Биомасса, г/м ³	0,29 ± 0,03

В летнем, флористически наиболее разнообразном фитопланктоне Северного Выгозера, на протяжении всего периода наблюдений доминируют диатомовые (*Aulacoseira islandica*, *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata*). В период, следовавший за пуском СБО, когда снижалось токсическое и возрастало эвтрофирующее воздействие на экосистему водоема, усиливается в планктоне роль видов, являющихся показателями, как повышенного уровня трофии, так и органического загрязнения – из синезеленых (р. *Oscillatoria*), из хлорококковых (р.р. *Ankistrodesmus*, *Monoraphidium*), из вольвоксовых (р. *Chlamydomonas*), из эвгленовых (р.р. *Euglena*, *Phacus*), из желтозеленых (р. *Tribonema*), из криптофитовых (р. *Cryptomonas*).

Количественные показатели летнего фитопланктона в период до строительства СБО составляли, соответственно, 223 тыс. кл./л и 0,39 г/м³ (Вишнянская, 1978).

За два последующих десятилетия наблюдений (1981–1992гг.), т.е. с началом функционирования СБО и появлением признаков эвтрофирования водоема (Лозовик, 1998; Платонов, 2007) отмечалось резкое возрастание (в 4–5 раз) численности и биомассы летнего фитопланктона (см. рис.). При доминировании диатомовых, значительного развития в планктоне достигали синезеленые и хлорококковые водоросли (до 35% от общей численности).

С середины прошлого столетия, в период спада производства на Сегежском ЦБК, значения количественных показателей фитопланктона снизились и стабилизировались, не превышая уровня 500 тыс. кл./л для численности и 1,0 г/м³ для биомассы (см. рис.). В летнем фитопланктоне рассматриваемого периода отмечалась высокая плотность популяции мелкоразмерной диатомеи *Aulacoseira alpigena* Grun. Simonsen, доля которой в 1994г., например, составляла 70% от численности всего фитопланктона, что обусловило в целом низкий уровень биомассы водорослей.

В 2007 г. в планктоне северной части Выгозерского водохранилища доминировали диатомовые водоросли, создававшие 80% численности и биомассы всего фитопланктона. В следующем (2008г.) году доля диатомей в численности фитопланктона сократилась до 45%, а в биомассе до 60%, но возрос вклад зеленых – до 10–15% как в численность, так и в биомассу фитопланктона. В целом, в летние сезоны обоих лет наблюдений в планктоне водохранилища доминировали диатомеи из р. *Aulacoseira*, р. *Cyclotella*, а также *Tabellaria fenestrata*, *Asterionella formosa*. В летнем планктоне последних лет исследований отмечена вольвоксовая водоросль р. *Phacotus*, интенсивно

развивающаяся в водах, обогащенных органическими веществами. Так, в планктоне Надвоицкого залива в 2007г. плотность популяции этого вида достигла 963 тыс.кл./л, а биомасса 0,26 г/м³, что составляло, соответственно, 88% от численности и 68% от биомассы всего фитопланктона. Этот вид входил в состав летнего комплекса фитопланктона других участков водохранилища, как в наибольшей степени испытывающих воздействие сточных вод комбината (Сенная губа, Лайкоручей, район о. Белая гора), так и в наименее загрязненной части водоема (центральный плес), но в значительно меньших количествах.

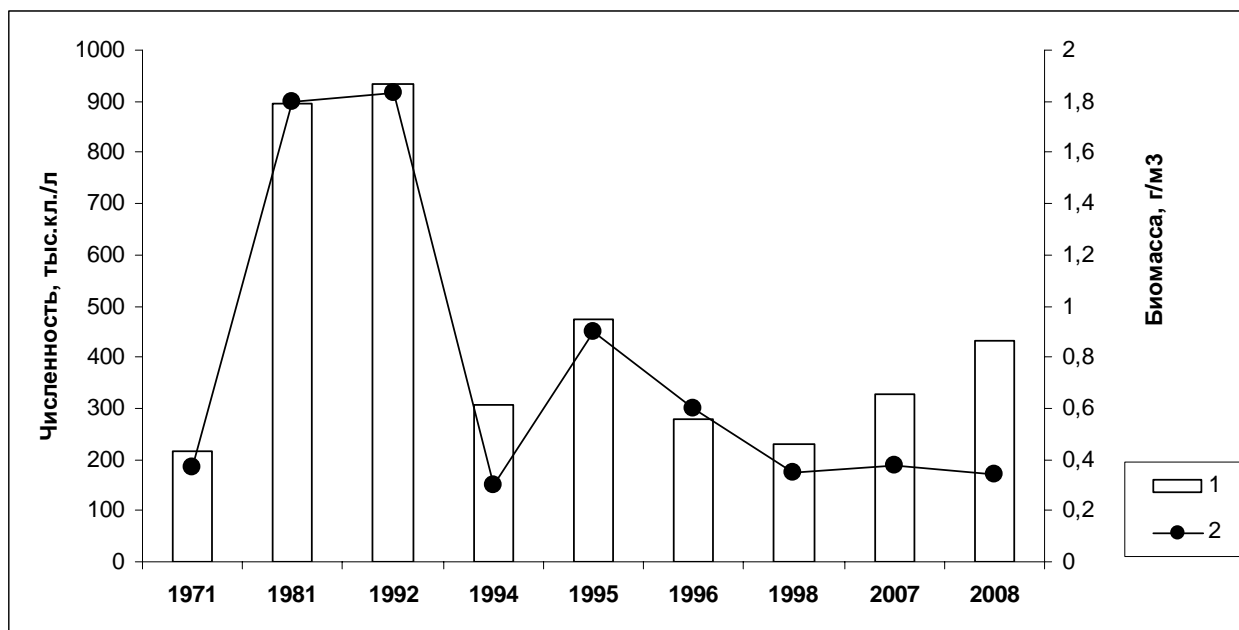


Рис. Численность (тыс. кл./л) и биомасса (г/м³) летнего фитопланктона в Северном Выгозере

В целом, невысокая интенсивность вегетации летнего фитопланктона в 1994–2008гг. в отличие от предыдущих лет определяется низким содержанием в воде в этот период биогенных элементов (Платонов, 2007). В то же время зафиксированы изменения в структуре фитопланктонных сообществ, характерные для антропогенного эвтрофирования. Так, сокращается (в процентном отношении) разрыв между численностью диатомовых и синезеленых (соответственно 37–57 и 24–35%), диатомовых и хлорококковых (соответственно 37–48 и 21–35%) в сравнении с 1970-ми годами прошлого столетия, когда первые составляли до 90%, а вторые – лишь 1–6% от общей численности фитопланктона (Вислянская, 1978, 1998; Вислянская, Харкевич, 1985; Вислянская, Чекрыжева, 2007).

Показатели обилия осеннего (2001г.) фитопланктона достаточно высокие (0,3–1,6 г/м³) и варьируют по участкам водохранилища. В районах, испытывающих непосредственное влияние производственных вод Сегежского ЦБК, в Мозог-губе и заливе Лайкоручей, отмечены самые низкие значения численности (117 и 255 тыс. кл./л) и биомассы (0,3–0,5 г/м³) фитопланктона.

В осеннем фитопланктоне водоема таксономически наиболее разнообразны диатомовые, зеленые и золотистые водоросли. Уровень количественного развития осеннего фитопланктона на 70–90% определялся развитием диатомовых. Водоросли из других групп фитопланктона, хотя и были разнообразными, но не достигали значительных величин численности и биомассы. Исключение составляли районы, испытывающие непосредственное влияние производственных вод Сегежского ЦБК – Мозог-губа и залив Лайкоручей, где зеленые водоросли по биомассе (26–33%) конкурировали с диатомовыми.

Выводы

Сравнительный анализ многолетних данных (1971–2008 гг.) количественного развития фитопланктона Северного Выгозера указывает на возрастание в 4–5 раз численности и биомассы (910 тыс.кл./л и 1,83 г/м³) в 1981–1992 гг. (период после пуска СБО) по сравнению с наблюдавшимися в 1971г. (215 тыс.кл./л и 0,37 г/м³). В 1993–1996 гг., в связи с сокращением объема сточных вод ЦБК и загрязнений, от-

мечалось снижение численности и биомассы фитопланктона, в среднем до 390 тыс.кл./л и 0,59 г/м³. В последнее десятилетие наблюдений (1998–2008 гг.) количественные показатели фитопланктона Северного Выгозера проявляют тенденцию к снижению (средняя численность составляет 330 тыс.кл./л, биомасса 0,36 г/м³) по сравнению с первой половиной 1990-х годов прошлого столетия.

В процессе антропогенного эвтрофирования северной части Выгозерского водохранилища в таксономической структуре фитопланктонных сообществ отмечены изменения, выразившиеся в увеличении числа видов, являющихся показателями повышенного уровня трофии и органического загрязнения водоемов.

Литература

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В., 2006. Биоразнообразие водорослей–индикаторов окржающей среды. / Тель–Авив. 498 с.
- Вислянская И.Г., 1998. Северное Выгозеро, река Нижний Выг и озеро Воицкое. Характеристика биоценозов. Фитопланктон / Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Ред. Н. Филатов и др. Петрозаводск: Кар НЦ РАН. С. 112–115.
- Вислянская И.Г., 1978. Фитопланктон Выгозерского водохранилища / Гидробиология Выгозерского водохранилища. Петрозаводск: КФ АН СССР. Ред. В. Соколова. С. 15–42.
- Вислянская И.Г., Харкевич Н.С., 1985. Фитопланктон и первичная продукция Выгозерского водохранилища / Органическое вещество и биогенные элементы в водах Карелии. Ред. Е. Васильева, П. Лозовик. Петрозаводск: КФ АН СССР. 1985. С. 144–165.
- Вислянская И.Г., Чекрыжева Т.А., 2007. Северное Выгозеро и озеро Воицкое. Фитопланктон / Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Ред. П. Лозовик и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 147–151.
- Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене / Ред. Л.: Наука. 1985. 244 с.
- Изменение режима Северного Выгозера и реки Нижний Выг под действием сточных вод Сегежского ЦБК и допустимый объем их сброса. Практические рекомендации. Петрозаводск, 1989. 35 с.
- Кузьмин Г.В., 1975. Фитопланктон / Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука. С. 73–84.
- Кузьмин Г.В., 1984. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан. 47 с.
- Лозовик П.А., 1998. Химический состав воды / Современное состояние водных объектов республики Карелия. Северное Выгозеро, река Нижний выг и озеро Воицкое. Ред. Ред. Н. Филатов и др. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. С. 101–109.
- Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов – индикаторов загрязнения. Л., 1974. 53 с.
- Оксиюк О.П., Жукинский В.Н.. 1983. Методические приемы использования эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши // Гидробиологич. журн. Т. 19, № 5. С. 63–67.
- Платонов А. В., 2007. Северное Выгозеро и озеро Воицкое. Химический состав воды / Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Ред. П. Лозовик и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 141–147.
- Прошкина-Лавренко А.И., 1953. Диатомовые водоросли–показатели солености воды / Диатомовый сборник. Л.: ЛГУ. С. 186–205.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Ред. Абакумов В.А. Л.: Гидрометеиздат. 1983. 50 с.
- Свиренко Д. О., 1915. Материалы к флоре водорослей России. Некоторые данные к систематике и географии / Тр. Общ. Испытат. Природы Хаюковского уни-та. Т. 1. (Онежское, Ладожское, Выгозеро, рр. Телекинка, Ковда и др.). С. 61–148.
- Современное состояние водных объектов республики Карелия. 1998. Ред. Н. Филатов и др. Петрозаводск: Кар НЦ РАН. 188 с.
- Состояние водных объектов республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Ред. П. Лозовик и др. Петрозаводск. Кар НЦ РАН. 2007. 210 с.
- Федоров В. Д., 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ. 166 с.
- Харкевич Н.С., 1969. Влияние сточных вод Сегежского целлюлозно-бумажного комбината на химический состав и качество вод р. Сегежи и Выгозера / Вопросы гидрологии, озераведения и водного хозяйства Карелии. Петрозаводск. КФ АН СССР. С. 30–59.
- Харкевич Н.С., 1978. Характеристика химического состава и качества воды Выгозерского водохранилища / Водные ресурсы Карелии и их использование. Ред. Н. Харкевич. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 107–150.
- Sladecsek V., 1973. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. 7. p. 1–128.
- Tikkanen T., 1986. Kasviplanktonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy, Helsinki. 277 p.

PHYTOPLANKTON IN THE NORTHERN PART OF VYGOZERSKOYE RESERVOIR (REPUBLIC OF KARELIA, RUSSIA)

T.A. Chekryzheva

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of RAS,
Petrozavodsk, Russia, e-mail: Tchekryzheva@mail.ru

Phytoplankton in Vygozerskoye impoundment reservoir (Republic of Karelia, Russia) is known to comprise 264 algal taxa. The phytoplankton species composition is mainly made up of diatoms (45 %), green (32 %) and golden (9 %) algae. Data on characteristics of the phytoplankton eco-floral composition are provided; indicator species of water status and quality were identified. Changes were noted in the taxonomic structure of the phytoplankton communities, manifest in an increased number of species indicating higher trophic status and organic pollution. Long-term data (1971–2008) on quantitative development of phytoplankton in the northern part of Vygozerskoye impoundment reservoir, which has long been exposed to the impact of wastewater from Segezha pulp-and-paper mill, were analysed. Saprobiological condition of water in the surveyed part of the impoundment reservoir was assessed.

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ БЕЛОМОРСКОЙ ТРЕСКИ НА БОЛЕВУЮ СТИМУЛЯЦИЮ

Л.С. Червова

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
каф. ихтиологии, г. Москва, Россия
e-mail: lily_chervova@mail.ru

Введение

На современном этапе изучение биологических основ гуманного отношения к рыбам как объектам лова, хозяйственного использования и научного экспериментирования является наиболее динамично развивающимся направлением в биологии рыб и включает эволюционные, экологические, поведенческие, этические, биохимические и физиологические аспекты (VIIth Congress on biology of fish, 2006). Значительно возросло число работ, направленных на изучение рецепции болевых стимулов, структуры ноцицептивных рецепторов, а также фармакологических средств обезболивания у рыб (Червова, Лапшин, 2000; Sneddon, 2003; Newby et al., 2008).

Изучение болевых реакций у рыб, как и у других безголорых немлекопитающих, очень затруднено из-за сложности выработки методических приёмов, позволяющих дозировать стимул и измерять величину ответа на него.

Целью нашей работы было изучение способности морских рыб отвечать на болевые стимулы, а также возможности модуляции болевой чувствительности опиоидными и неопиоидными анальгетиками у беломорской трески.

Материал и методика

Опыты проводили на Беломорской биологической станции МГУ, залив Великая Салма. Объектом исследований служила беломорская треска *Gadus morhua maris albi* массой 100–300г. Всего использовано около 200 особей. Выловленных рыб держали в садках в течение 10 дней, затем переносили в лабораторный аквариум и через три дня брали в опыт.

Для изучения ответов рыб на болевые стимулы была разработана оригинальная методика, базирующаяся на регистрации моторно-двигательной реакции, направленной на устранение болевого стимула.

Рыбу фиксировали в станке (в области рта и грудных плавников), при этом хвостовой стебель оставался незакреплённым. Жабры постоянно орошались проточной водой. Подвижная плексигласовая «вилка» охватывала хвостовой стебель в задней трети тела. Каждое движение хвостового стебля, которое отклоняло «вилку» от нулевой точки, регистрировалось специально сконструированным электронным интегратором с цифровой индикацией. Ампли-