

На правах рукописи

БАЛАНДИНА НАТАЛЬЯ ЛЬВОВНА

РОЛЬ И ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА
КОСМОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
В РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Специальность 25.00.28 – Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

Санкт – Петербург

2005

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук,
проф. И. А. Степанюк;

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук,
проф. Л. И. Дивинский

доктор биологических наук,
Муравейко В.М.

Ведущая организация: ГНЦ РФ ААНИИ, отдел геофизики

Защита диссертации состоится: 8 декабря 2005 г.

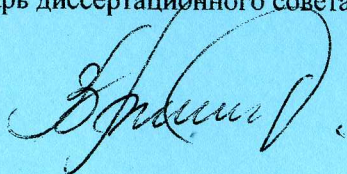
в _____ часов _____ мин.

на заседании диссертационного совета Д 212.197.02 в Российском государственном гидрометеорологическом университете (корпус I) по адресу: г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр, д.98.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке РГГМУ по адресу: г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр, д.98.

Автореферат разослан: _____ 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета:
к.г.н.



В. Н. Воробьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ



Актуальность темы

В настоящее время в рыбопромысловых технологиях учитываются преимущественно гидрофизические, гидрохимические и другие традиционные экологические факторы. Развитие технологий происходит в двух основных направлениях. Первое из них – традиционный промысел в естественных водоемах. Здесь постоянно совершенствуются технологии и орудия лова, а также методы прогноза и поиска скоплений промысловых гидробионтов с учетом отмеченных факторов. Второе направление – технологии аквакультуры в виде комплексных природно-технических систем, где обеспечивается выращивание наиболее перспективных видов гидробионтов в сравнительно короткие сроки. Здесь также учитываются гидрофизические и гидрохимические факторы, в частности, с целью создания наиболее эффективных условий выращивания.

Из объектов аквакультуры, по-видимому, наибольшее значение в настоящее время имеют карповые рыбы, на втором месте – форель. Существуют также географические предпочтения. В частности, оптимальный температурный диапазон выращивания форели, как известно, составляет от 16 до 18 °С, поэтому в северных водоемах (фиорды Норвегии, Финляндии, России) распространены дешевые полупогружные конструкции ферм. Теплые водоемы юга пока менее привлекательны для аквакультуры форели. Здесь видны перспективы во внедрении разработанных в последнее время подводных конструкций ферм, устанавливаемых ниже термоклина. Оптимизация эксплуатации такой системы включает перемещение фермы по глубине с целью выбора температурного оптимума и кормораздачу. Кормление рыб производится либо автоматически по изначально введенной программе кормораздатчика, либо путем дистанционного управления кормораздачей по кабельной линии с берега с учетом действующих абиотических факторов, что более эффективно.

Однако в любых вариантах технологий аквакультуры в настоящее время учитываются лишь основные гидрофизические и гидрохимические факторы, как исходные, так и накапливаемые за счет отходов жизнедеятельности используемой системы. При этом совершенно не учитываются не менее значимые космогеофизические факторы (КГФ), которые в значитель-

ной мере, как показано в данной работе, предопределяют общую активность выращиваемых гидробионтов, и, особенно, их пищевую активность.

При традиционных технологиях промысла КГФ тоже совершенно не учитываются. В то же время, как будет показано ниже на примерах вылова путассу и кальмаров, роль КГФ весьма значима.

Учет КГФ в рыбопромысловых технологиях позволит существенно повысить эффективность за счет оптимизации условий кормления (системы аквакультуры) и разумного управления использованием технических средств (традиционные технологии промысла).

В качестве рыбопромысловых объектов в дальнейшем исследовании были выбраны: карповые рыбы, форель, путассу и кальмары.

Из общего объема космогеофизических факторов в работе выбраны солнечная активность и геомагнитные возмущения. Для оценки солнечной активности использовался наиболее распространенный индикатор – числа Вольфа. Для оценки геомагнитных возмущений использовались стандартные индексы.

Цель и задачи работы

Целью диссертационной работы является установление роли космогеофизических экологических факторов в рыбопромысловых технологиях и разработка предложений по их учету.

В задачи работы входят:

- обобщить имеющиеся физические данные по экологической роли основных космогеофизических факторов в рыбопромысловых технологиях и выбрать КГФ, учитываемые в дальнейших исследованиях;
- разработать корректную экспериментально-физическую методику определения числовых показателей поведенческой активности (ПА) гидробионтов в лабораторных условиях;
- экспериментально установить основные физические закономерности влияния геомагнитных возмущений (ГМВ) на ПА карповых рыб;
- выполнить сравнительные экспериментальные оценки влияния КГФ и гидрофизических факторов на ПА гидробионтов (на примере карповых рыб и форели как преобладающих объектов аквакультуры);

- экспериментально выявить эффекты влияния космогеофизических факторов на пищевую активность гидробионтов в системах аквакультуры (на примере форели);
- выявить роль космогеофизических факторов при традиционных технологиях рыбного промысла (на примерах вылова путассу и кальмаров);
- разработать предложения по учету КГФ в рыбопромысловых технологиях.

Метод исследования

Был использован экспериментально-физический метод исследования, с применением новых методик эксперимента и физико-статистических методик анализа данных.

Научная новизна

В работе получены следующие основные результаты:

- разработана и апробирована новая экспериментально-физическая методика определения числовых показателей ПА групп гидробионтов при свободе их перемещений в экспериментальном бассейне, методика является универсальной и может использоваться для широкого класса физико-биологических экспериментов по изучению воздействия абиотических факторов на гидробионтов;
- впервые установлены ранее неизвестные физические закономерности влияния геомагнитных возмущений на поведенческую активность карповых рыб – преобладающий объект систем аквакультуры;
- с использованием разработанной методики определения ПА впервые экспериментально установлена зависимость ПА карповых рыб от рН воды; выполнены сравнительные оценки роли рН и ГМВ;
- экспериментально выявлено ранее не рассматривавшееся влияние космогеофизических факторов (солнечная активность и геомагнитные возмущения) на пищевую активность форели – второй по значимости объект аквакультуры;
- путем физико-статистических оценок выявлена роль КГФ при традиционных технологиях рыбного промысла (на примерах вылова путассу и кальмаров);
- предложены принципы учета КГФ при традиционных технологиях рыбного промысла и в природно-технических системах аквакультуры.

Достоверность результатов обусловлена тщательно отработанной методикой физико-биологических экспериментов с различными видами гидробионтов и большим объемом самостоятельно полученных данных, обработанных с использованием современных физико-статистических методов.

Апробация работы

Результаты исследований докладывались на XI Всероссийской конференции по промысловой океанологии (Калининград, 1999 год), XII Международной конференции по промысловой океанологии (Калининград, 2002 год), на международном семинаре «Биологические эффекты солнечной активности» (Пушино-на Оке, 2004 год), на VIII Всероссийской конференции «Фундаментальные исследования в технических университетах» (Санкт-Петербург, 2004 год) и на Итоговых сессиях ученого Совета РГГМУ (1999, 2003, 2004 гг.).

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, списка литературы, включающего 57 отечественных и 12 зарубежных источников. Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, иллюстрирована 59 рисунками, содержит 5 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность темы, формулируются цели и задачи работы.

Первая глава является обзорной. В первой части оценивается роль в рыбопромысловых технологиях традиционно рассматриваемых абиотических факторов экологии, таких как температура, соленость, pH и т.д. Показано, что не все факторы одинаково значимы и их значимость в некоторых случаях сильно преувеличивается.

Прямая роль температуры как абиотического фактора, по приведенным экспериментальным данным, для исследованных рыб малозначительна и они сравнительно легко адаптируются к температурным вариациям.

Роль температуры как экологического фактора, в основном, проявляется опосредованно через пищевое поведение (на-

пример, при концентрации пищи в зонах аппвелинга), которая относится к категории биотических факторов и здесь не рассматривается.

Роль солености аналогична. Ее прямое влияние как абиотического фактора, исходя из проанализированных данных, малозначительно. Изменчивость солености в очень широком диапазоне практически не влияет на такие основополагающие физиологические реакции как частота сердечных сокращений и частота дыхания. Ведь именно эти реакции как бы предопределяют ПА. В то же время наряду с температурой градиенты солености предопределяют концентрацию пищи, т.е. влияют опосредованно. Здесь эта роль солености не рассматривается.

Одними из наиболее влияющих можно считать гидрохимические факторы. Например, повышения кислотности могут приводить к гибели, причем, не только икры, но и взрослых рыб.

В соответствии со сделанными выводами, поставленная в работе задача – выявление роли космогеофизических возмущений как фактора экологии гидробионтов, может решаться в сравнении с ролью такого абиотического фактора как pH.

Во второй части первой главы рассматривается учет традиционных абиотических экологических факторов в технологиях промысла рыб и в природно-технических системах аквакультуры.

Показано, что при промысле рыб известные абиотические факторы (гидрофизические – температура, соленость и др.; гидрохимические – pH, растворенный кислород и др.) учитываются преимущественно через объемы кормовой базы и пищевое поведение рыб. Учет производится путем анализа полей этих характеристик и выбором наиболее перспективных для промысла условий. В технологиях аквакультуры учет абиотических факторов производится на основании имеющихся данных об оптимальных условиях выращивания рыб; при этом обязательным требованием является сохранение достаточно приемлемой экологической обстановки в районах эксплуатации хозяйств. В работе делается вывод о том, что наибольшую перспективность среди природно-технических систем аквакультуры (фермы, садки и т.д.) представляют подводные фермы. Их можно эксплуатировать в различных, в том числе – теплых бассейнах РФ, с выбором хорошо развитой системы течений, способной обеспечивать самоочищение зоны установки.

Отмечается, что при традиционном промысле и в системах аквакультуры в настоящее время полностью отсутствует

учет электромагнитных факторов, формируемых как процессами в тропосфере, так и вследствие космогеофизических процессов – преимущественно за счет солнечной активности.

В третьей части первой главы рассматриваются электромагнитные поля крайне низких частот как факторы экологии гидробионтов.

Выполнен анализ биологически значимых электрических и магнитных полей, а также оценено восприятие ЭМП электрочувствительными и неэлектрочувствительными гидробионтами.

Анализируется ряд работ, где установлена прямая роль космогеофизических факторов в жизнедеятельности многих гидробионтов. Показано, что в большей степени изучалось влияние переменных *электрических* полей, индуцированных в воде как при геомагнитных возмущениях (теллурические токи), так и при прохождении опасных гидрометеорологических процессов (циклоны и связанные с ними штормовые зоны). В то же время в некоторых работах сообщается о существовании у рыб *прямой магниточувствительности*, не опосредованной через восприятие индуцированного электрического поля.

Высказано предположение, что влияние КГФ проявляется через поведенческую и пищевую активность гидробионтов. Угнетенная поведенческая активность, на наш взгляд, должна способствовать промыслу, в частности при траловом лове. Угнетенная пищевая активность снижает эффективность выращивания рыб и приводит к необоснованным завышениям расхода дорогих кормов.

Исходя из проведенного обзора, поставлены задачи работы.

Во **второй** главе представлены экспериментальные исследования ПА карповых рыб в лабораторных условиях.

Описана разработанная новая методика определения числовых показателей поведенческой активности рыб без нарушений свободы их перемещений в экспериментальном бассейне.

Суть методики состоит в следующем: после адаптации рыб к условиям бассейна производится регистрация через фиксированные интервалы времени расположения рыб по визуально выделенным (в данном случае) четырем равным секциям экспериментального бассейна продольной формы (рисунок 1). Длительность каждого эксперимента составляла 6 часов. Значения ПА определялись как изменения расположения рыб за интервал 15 сек. с дискретностью 1 мин. Затем производился расчет ПА по предложенной в работе формуле (1), где ПА пред-

ставляет собой сумму всех разностей пары отсчетов + 0.1 для каждого слагаемого.

a	b	c	d
---	---	---	---

Рисунок 1 – Схематичное изображение экспериментального бассейна

$$\left| (a_i - a_{i+1}) \right| + 0.1 + \left| (b_i - b_{i+1}) \right| + 0.1 + \left| (c_i - c_{i+1}) \right| + 0.1 + \left| (d_i - d_{i+1}) \right| + 0.1 = R_i, \quad (1)$$

где $a_i - a_{i+1}, b_i - b_{i+1}, c_i - c_{i+1}, d_i - d_{i+1}$ – количество рыб в каждой из секций в моменты времени i и $i+1$, соответственно, шт.;

R_i – поведенческая активность; характеризует активность перемещения из секции в секцию; ед. ПА, при количестве рыб $N = \text{const}$.

Также рассмотрены некоторые особенности обработки результатов экспериментов. При обработке определялись основные моменты распределения ПА как 6-часового временного ряда, так и функции спектральной плотности ПА. При спектральном анализе выделялись характерные (ультрадианные) биоритмы ПА.

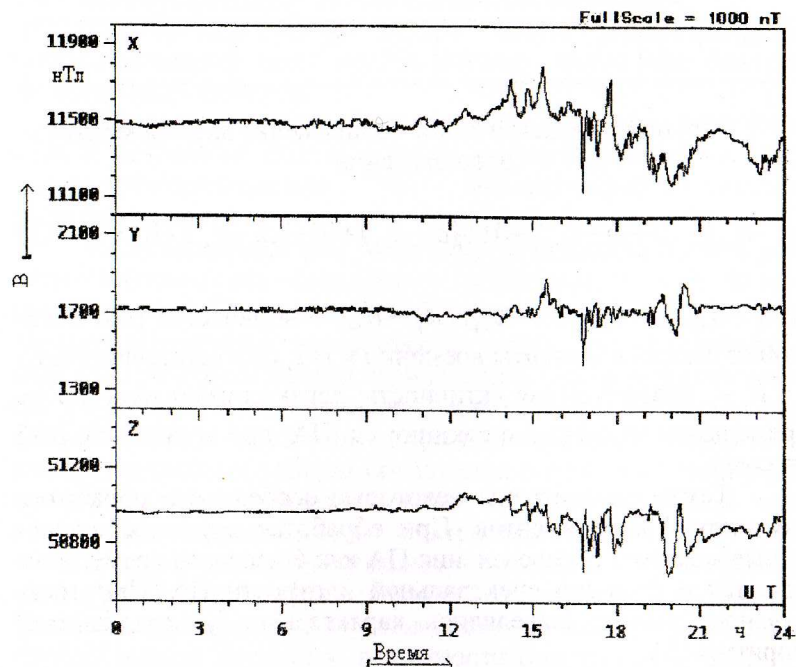
Эксперименты проводились при различных геомагнитных условиях. Данные о ГМВ на период экспериментов брались по обсерватории Соданкюля (Финляндия).

Ниже на рисунках показаны результаты анализа одного из самых удачных экспериментов, во время которого произошла смена геомагнитной обстановки. На первом этапе опыта наблюдалась спокойная геомагнитная обстановка (с вариациями магнитного поля Земли (МПЗ) не более 40 нТл), затем произошел переход на второй этап – магнитной буре до 5 – 6 баллов (вариации магнитного поля до 200 нТл) (рисунок 2).

Этот переход хорошо виден на графике ПА (рисунок 3). С наступлением магнитной бури средние значения активности уменьшаются примерно в 3.75 раза.

Для спектрального анализа ряд был разделен на два участка, первый – при спокойной геомагнитной обстановке, второй – во время бури. Как видно из рисунка 4, функции спектральной плотности (ФСП) этих участков значительно различаются. В выявленных статистически значимых ультрадианных био-

ритмах около 20 и 35 минут значения функции спектральной плотности во время бури уменьшаются в 2.5 раза.



Ось ординат - индукция МПЗ, нТл (составляющие по осям X, Y и Z), ось абсцисс - время, часы, (для перевода в московское время прибавить 4 часа).

Рисунок 2 – Вариации МПЗ 22.10.1998 года

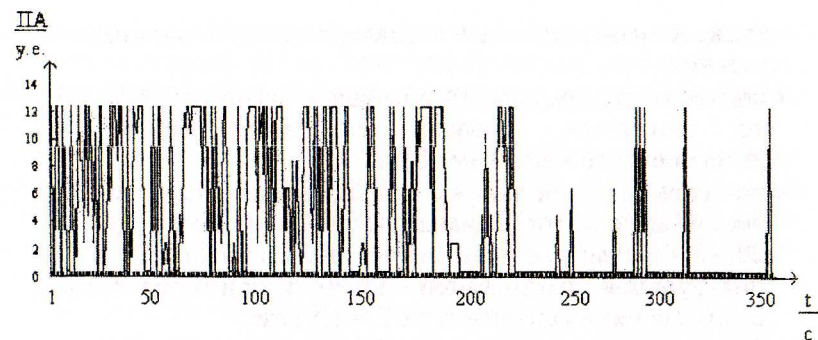
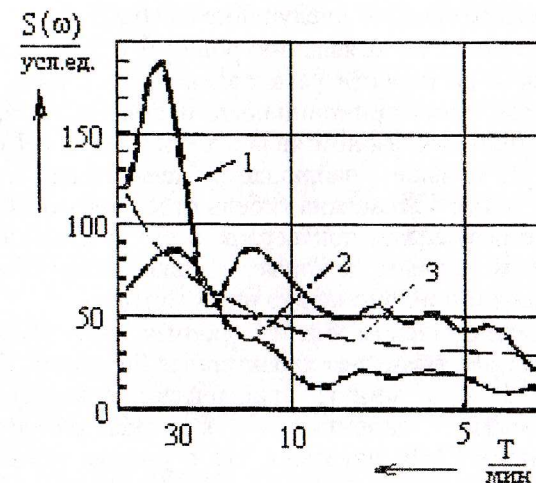


Рисунок 3 – ПА рыб в нормальных условиях (1 – 195 мин) и при геомагнитных возмущениях (196 – 360 мин) 22.10.1998 года



1 – ФСП при спокойной геомагнитной обстановке, 2 – ФСП во время бури, 3 – ФСП красного шума

Рисунок 4 – Функции спектральной плотности рядов 22.10.1998 года

В работе проведен анализ серии подобных экспериментов, выполненных в различных геомагнитных условиях, и сделаны следующие выводы:

- разработанная методика определения числовых значений ПА рыб в экспериментальном бассейне при различных видах внешних воздействий является корректной и позволяет определять не только средние значения ПА, но

также их изменчивость и характеристики биоритмики поведения;

- показано, что средняя ПА с началом магнитных бурь резко снижается, уровень снижения зависит от интенсивности магнитных бурь;
- при спектральном анализе выявлены биоритмы поведенческой активности в диапазоне периодов около 35, 28 – 20, 13, 8 – 5 минут; показано, что на этих периодах значения функций спектральной плотности при геомагнитных возмущениях уменьшаются в 2 – 2.5 раза.

Во второй части второй главы рассматриваются данные экспериментов по влиянию рН на ПА карповых рыб, которые проводились с использованием описанной выше технологии.

В результате сделаны следующие выводы:

- в экспериментах по выявлению роли рН в изменениях поведенческой активности установлена зависимость ПА от рН, которая имеет принципиально нелинейный характер; оптимальным диапазоном являются значения рН от 7 до 9.5; при рН меньше 7 наблюдается нелинейный спад ПА, а при рН менее 4 возможна гибель отдельных особей. Полученные результаты подтверждаются по известным литературным данным, которые, однако, получены с использованием принципиально иных методик.
- при автоспектральном анализе данных, полученных при различных рН, выявлены характерные биоритмы ПА около 27, 14 и 5 минут, практически совпадающие с аналогичными биоритмами в экспериментах с изменениями ГМВ; показано, что с уходом значений рН от оптимального диапазона спектральная плотность биоритмов снижается примерно в той же пропорции, что и средние значения.

В третьей части второй главы анализируются данные о ПА форели при изменениях гидрофизических характеристик в условиях системы аквакультуры (фермы). Эксперименты проводились в Кислой губе Баренцева моря. Экспериментальная установка находилась в естественных условиях рядом с фермой. Проводились определения ПА форели, а также выполнялись гидрометеорологические и гидрохимические наблюдения. В результате была рассчитана корреляционная матрица связей статистических характеристик ПА со средними в период наблюдений за ПА данными по гидрохимии и гидрометеорологии

(а именно – температурой, соленостью, содержанием растворенного кислорода, рН на горизонте 0 метров, глубиной исчезновения белого диска, баллом облачности), а также с данными по геомагнитной активности.

Установлено, что максимальные статистически значимые коэффициенты корреляции получаются для ПА форели и ГМВ; коэффициенты связи между ПА форели и другими абиотическими (гидрофизическими и гидрохимическими) факторами при их естественной изменчивости намного меньше и в большинстве случаев статистически мало значимы.

Делается вывод, что роль геомагнитных возмущений по этим данным оказывается важнее роли изменчивости гидрохимических и гидрометеорологических характеристик и при экологическом мониторинге геомагнитный фактор следует учитывать, как минимум, в той же мере, что и общепринятые в настоящее время факторы.

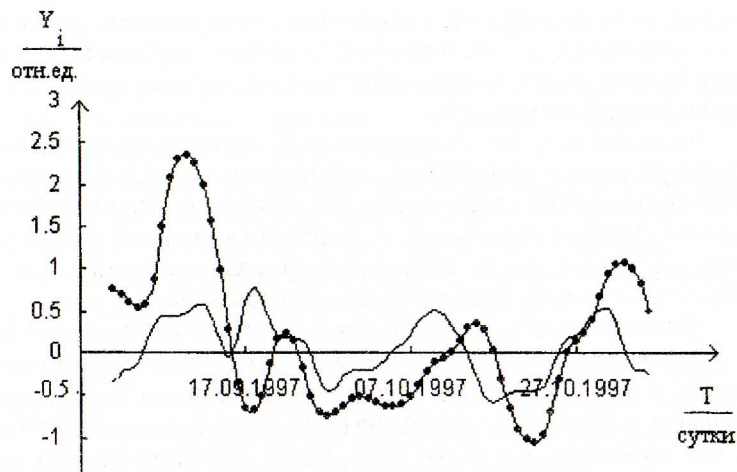
В третьей главе рассматривается пищевая активность форели и ее изменчивость при геомагнитных возмущениях.

Основой постановки задачи по пищевой активности были результаты Шпарковского И.А. в Мурманском морском биологическом институте (ММБИ), где, по-видимому, впервые исследовалось влияние переменных электрических полей на моторику желудка у скатов. Было показано, что воздействие электрических полей вызывает торможение моторики.

Исходя из этого, в нашей работе была впервые поставлена задача изучения влияния КГФ, проявляющихся через электромагнитные возмущения, на пищевую активность гидробионтов на примере такого распространенного объекта аквакультуры как форель.

При анализе данных использовались нормированные и фильтрованные полосно-пропускающим фильтром Поттера ряды данных по потреблению корма форелью в полупогружной ферме в прибрежной зоне Баренцева моря и аналогичные ряды характеристик КГФ.

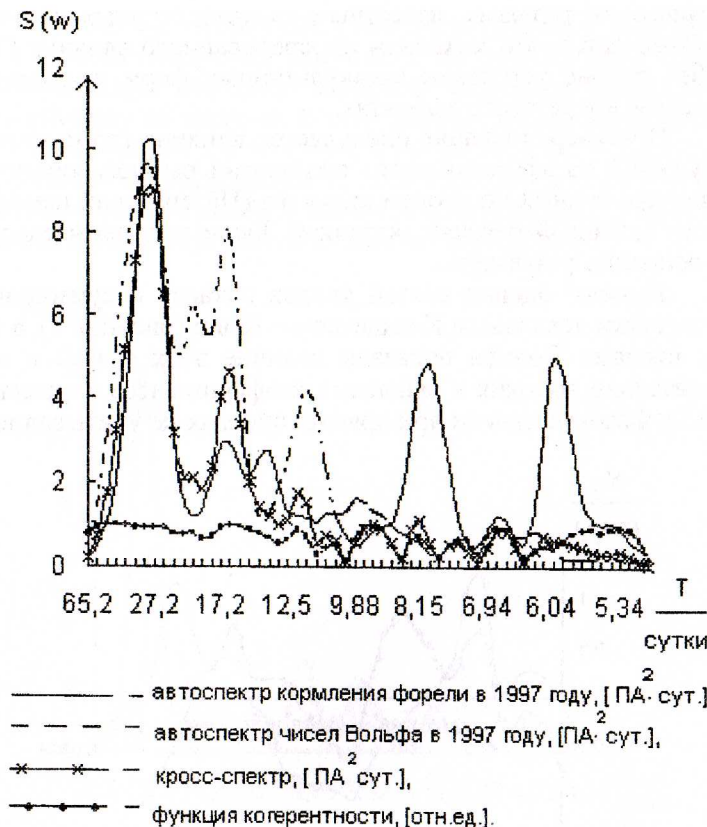
На рисунке 5 приведен пример сопоставления нормированных данных по потреблению корма форелью и чисел Вольфа.



сплошная линия – данные по потреблению корма форелью (отклонения от среднего), линия с точками – числа Вольфа

Рисунок 5 – Потребление корма форелью в период с 1.09 по 5.11.1997 в сравнении с числами Вольфа (нормированные данные)

При прямых оценках связей потребления корма форелью и характеристиками КГФ (Q -индекс, числа Вольфа) были получены значимые коэффициенты корреляции 0.43 и 0.65 (уровень значимости 0.1), что подтверждается дальнейшим кросс-спектральным анализом. Фазовые сдвиги при прямых оценках связей не учитывались. При кросс-спектральном анализе связи обнаружены в трех областях периодов: около 27 суток, который характеризует так называемый мультиплет солнечной активности, и около 14 – 16 и 6 – 8 суток (рисунок 6), которые характерны для так называемых r -мод собственных колебаний Солнца, и для ГМВ. Связи на этих периодах подтверждаются высокими значимыми коэффициентами корреляции от 0.58 до 0.95 (уровень значимости 0.1).



— — — — — автоспектр кормления форели в 1997 году, [ПА²·сут.],
 - - - - - автоспектр чисел Вольфа в 1997 году, [ПА²·сут.],
 * — * — кросс-спектр, [ПА²·сут.],
 —●—●— функция когерентности, [отн. ед.].

Рисунок 6 – Результаты кросс-спектрального анализа данных по кормлению форели и чисел Вольфа (1997 год)

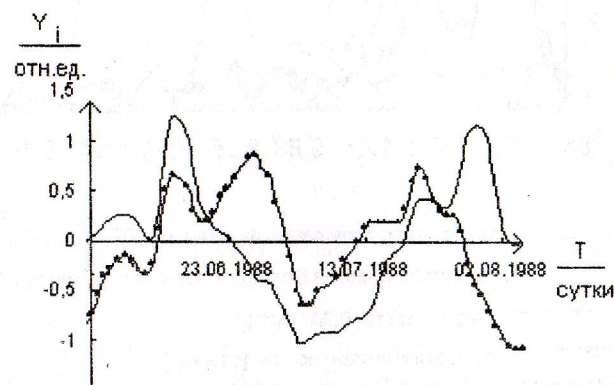
В целом анализ пищевой активности рыб, выполненный в работе на примере форели, находящейся в условиях полупогружной фермы в прибрежной зоне Баренцева моря, демонстрирует наличие значимой связи пищевой активности с возмущениями КГФ. Причем, в периоды возмущенности КГФ, будь то СА или возмущения МПЗ пищевая активность рыб снижается.

Результирующие данные анализа за два года (1997 и 1998 гг.) приводятся в работе в виде таблиц, включающих выявленные периоды в автоспектрах, периоды при кросс-спектральном анализе, значения функции когерентности и коэффициентов корреляции на совпадающих периодах. В этих же таблицах приводятся для сравнения данные по так называемым

«космическим ритмам», известным из литературных источников. Отмечается, что механизм опосредованного влияния ГМВ на ПиА в зоне установки аквакультурных ферм усиливается вследствие «берегового эффекта».

В четвертой главе оценивается влияние геомагнитных возмущений на эффективность технологий рыбного промысла на примере данных по уловам кальмара (Патагонский шельф) и путассу (район Фарерских островов). Были получены следующие основные результаты.

Прямые оценки связей уловов путассу с суммированным за сутки локальным К-индексом – K_{sum} (рисунок 7), а также с числами Вольфа показали наличие этих связей в виде сравнительно высоких и значимых коэффициентов корреляции (до 0.5). Фазовые сдвиги при прямых оценках не учитывались.



сплошная линия – уловы путассу за 1988 с 5.06 по 5.08,
линия с точками – K_{sum}

Рисунок 7 – Уловы путассу в 1988 году с 5.06 по 5.08 в сравнении с K_{sum} (нормированные данные)

При спектральном анализе уловов кальмара с характеристиками возмущенности МПЗ связи обнаружены в области периодов около 29 – 31 суток со значениями коэффициентов корреляции до 0.83 (уровень значимости 0.1). Эти периоды соответствуют основному солнечному периоду 27^d . Также выделяются периоды около 7 суток со значениями коэффициентов взаимной корреляции до 0.96 (уровень значимости 0.1).

При спектральном анализе уловов путассу с числами Вольфа выделяются периоды около 16, 10, 8 суток, однако совпадения в автоспектрах и кросс-спектрах по периодам наблю-

даются не всегда. Наиболее удачные результаты получены в связях с K_{sum} (например, рисунок 8, по данным 1988 года) и разностью двух соседних значений индукции МПЗ (B_x – составляющая) по модулю. В этих данных выделяются группы периодов около 28, 23, 16 суток, а также 10 – 12, 6 – 8 суток с коэффициентами корреляции на этих периодах до 0.97 (уровень значимости 0.1). Указанные значения соответствуют известным из литературных источников «космическим ритмам».

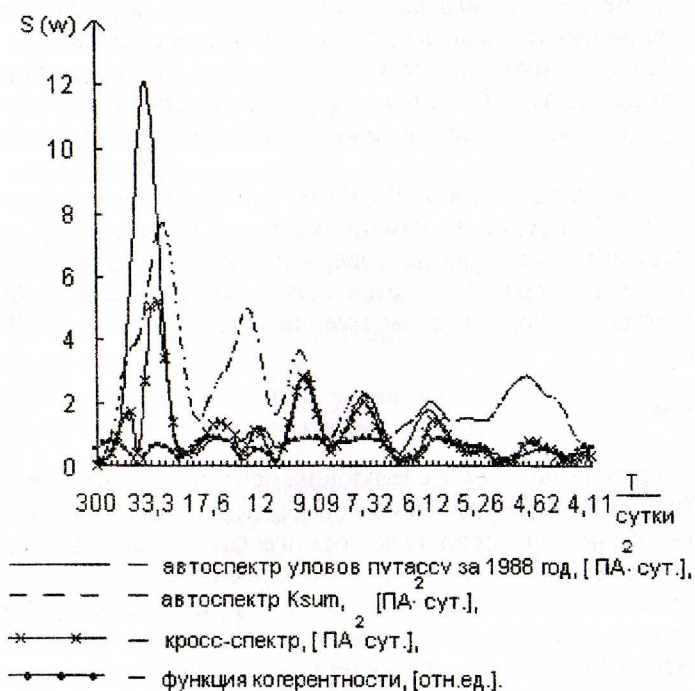


Рисунок 8 – Результаты спектрального анализа данных по уловам путассу и ГМВ

В заключение делается вывод о том, что влияние на уловы, естественно, является многофакторным. Однако, при этом наряду с гидрометеорологическими факторами, принимающимися во внимание в настоящее время, необходимо учитывать также космогеофизические факторы – солнечную активность и ее геофизические проявления (геомагнитные возмущения в различных вариантах оценок).

В пятой главе даются рекомендации по учету геомагнитных возмущений в рыбопромысловых технологиях. Пред-

ставлен ряд сайтов, где делаются прогнозы возмущенности магнитного поля Земли (МПЗ), как краткосрочные, так и долгосрочные.

Делается вывод, что подобную информацию можно успешно использовать в природно-технических системах аквакультуры. Поскольку, зная прогноз возмущенности МПЗ на сутки, можно в соответствии с этим управлять выдачей кормов, выделяемых для подводной фермы в день, тем самым, экономить дорогостоящие корма в дни магнитных бурь.

Кроме того, оптимизация выдачи кормов позволяет снизить загрязненность среды в зоне расположения системы.

При традиционных технологиях промысла учет прогнозов возмущенности МПЗ также эффективен. Он позволяет разумно планировать использование технических средств промысла.

По результатам данной работы дается рекомендация постоянного наблюдения за изменчивостью КГФ с одновременным выявлением текущих достоверных «ритмов» (в частности, по результатам главы 4) и разработкой самостоятельных прогнозов, естественно, с учетом имеющихся прогнозов ГМВ на сайтах.

Заключение

В работе получены следующие основные результаты.

- Выполнено теоретическое обобщение данных по экологической роли основных космогеофизических факторов; показано, что роль КГФ в морских биологических процессах значительна; показано, что у гидробионтов существуют системы восприятия переменных электрических и магнитных полей, продуцируемых солнечной активностью; выбраны КГФ, учитываемые в дальнейших исследованиях.
- Разработана новая экспериментально-физическая методика определения числовых характеристик ПА гидробионтов при свободе их перемещений в бассейне; методика хорошо апробирована и может быть использована для широкого класса физико-биологических экспериментов.
- Впервые установлены ранее неизвестные закономерности влияния геомагнитных возмущений на ПА карповых рыб – преобладающий объект систем аквакультуры; при усилении возмущений (ситуация магнитной бури) средние значения поведенческой активности уменьшаются до 2 –

2.5 раз; одновременно резко уменьшаются спектральные плотности биоритмов поведения.

- Экспериментально установлена ранее не изучавшаяся роль рН воды в изменениях характеристик поведенческой активности карповых рыб. Показано, что роль КГФ получается сравнимой с ролью рН.
- В реальных физических условиях функционирования морской фермы выявлено ранее не рассматривавшееся влияние космогеофизических факторов (солнечная активность и геомагнитные возмущения) на пищевую активность форели – второй по значимости объект аквакультуры. При возрастании СА и ГМВ пищевая активность подавляется; предполагается, что влияние основано на опосредованном воздействии этих факторов через индуцированное электрическое поле в области расположения фермы.
- Путем физико-статистических оценок выявлена роль КГФ при традиционных технологиях промысла (на примерах вылова путассу и кальмаров); показано, что роль КГФ не ниже, чем роль традиционно учитываемых гидрофизических факторов.
- Предложены принципы учета КГФ при традиционных технологиях промысла и в системах аквакультуры.

Дальнейшие исследования в данном направлении позволят разработать надежные и более эффективные методики рыбопромысловых прогнозов и усовершенствовать управление как в традиционной области промысла, так и в области эксплуатации систем аквакультуры.

Автор выражает благодарность с.н.с. Зимину А.В. за консультации и помощь в работе, а также с.н.с. Пестриковой Л.И. за предоставленную возможность работать с фактически материалами по кормлению форели.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

Статьи:

1. Изменчивость активности гидробионтов в условиях геомагнитных возмущений //Электронный журнал "Исследовано в России", 7, С. 60 – 66.
<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/007.pdf>

2. Оценки влияния космогеофизических факторов на пищевую активность гидробионтов (на примере форели) //Создание и использование мультidisциплинарных баз данных. Сборник научных работ. Под ред. проф. И.Н. Русина. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2005. – С. 76 – 88 (в соавт. Степанюк И.А.).
3. Геомагнитные возмущения как фактор экологии гидробионтов //Геофизические процессы и биосфера, 2005. – Т.4, № 1, (в соавт. Степанюк И.А.)

Тезисы:

4. Изменения поведенческих характеристик карповых рыб в условиях геомагнитных возмущений //Итоговая сессия ученого совета РГГМУ: Тезисы докладов, Санкт-Петербург, 26 – 27 января 1999 г.– СПб.: Изд. РГГМУ, 1999. – С. 119 – 120 (в соавт. Степанюк И.А., Зимин А.В.).
5. Поведенческая активность рыб в условиях геомагнитных возмущений //XI Всероссийская конференция по промысловой океанологии, Калининград, 14 – 18 сентября 1999 г.– М.: Изд. ВНИРО, 1999.– С. 155 – 156 (в соавт. Степанюк И.А., Зимин А.В.).
6. Влияние геомагнитных возмущений на поведенческую активность форели //Итоговая сессия ученого совета РГГМУ: Тезисы докладов, Санкт-Петербург, 2002 г. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2002. – С. 156 (в соавт. Степанюк И.А., Зимин А.В.)
7. Анализ связи пищевой активности форели с геомагнитными возмущениями //XII международная конференция по промысловой океанологии: Тезисы докладов, Светлогорск, 12 – 14 сентября 2002 г. – Калининград: Изд. АтлантНИРО, 2002. – С. 233 – 234 (в соавт. Степанюк И.А., Зимин А.В., Пестрикова Л. И.).
8. Солнечная активность и геомагнитные возмущения как факторы экологии гидробионтов //Итоговая сессия ученого совета РГГМУ: Тезисы докладов, Часть 2. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2004. – С. 59 – 60 (в соавт. Степанюк И.А.).
9. Изменчивость активности гидробионтов в условиях геомагнитных возмущений //Международный семинар «Биологические аспекты солнечной активности»: Тезисы докладов, Пушкино-на-Оке, 6 – 9 апреля 2004 г. – Москва: Изд. ИКИ РАН, 2004. – С. 23 – 25 (в соавт. Степанюк И.А.).

