

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СУТОЧНОЙ ДИНАМИКИ СКОПЛЕНИЙ ПУТАССУ В РАЙОНАХ НЕРЕСТА В 2003 – 2005 ГОДАХ**

### **Введение**

Среди аспектов биологии рыб, вопросов их взаимодействия со средой, проблем промыслового прогнозирования и эффективности работы орудий лова важными являются изучение и учет особенностей поведения промысловых видов рыб в краткосрочных масштабах времени – дни, сутки, часы [2, 20 – 22]. В полной мере это относится к одному из наиболее массовых промысловых видов Северо-Восточной Атлантики – северный путассу (*Micromesistius poutassou* Risso, 1826).

Главной причиной формирования промысловых скоплений путассу в зимне-весенний период является нерест, основные районы которого расположены в водах к западу от Ирландии. Как показывают многолетние наблюдения, здесь в океанической пелагиали скопления путассу фиксируются на глубинах 300 – 700 м, а над склонами подводных возвышенностей (Поркьюпайн, Роколл, Хаттон) в диапазоне глубин 200 – 440 м [3, 6]. В ходе нереста поведение и горизонты обитания путассу заметно меняются. Ранее были выделены фазы нереста, соответствующие им особенности вертикального распределения и формы скоплений путассу в синоптическом масштабе изменчивости [14].

В указанных работах затрагиваются также некоторые вопросы изучения суточной ритмики скоплений путассу. В то же время результаты тралово-акустических съемок, проведенных в районе Западно-Европейской котловины и подводной возвышенности Роколл (ЗЕК – Роколл) в последние годы, показали, что здесь во время нереста над океаническими глубинами поведение путассу имеет ряд ранее не описывавшихся особенностей, не находящих объяснения с позиций теории фототаксиса [13], избегания ночных хищников [11], трофических отношений [7].

В последнее время внимание ученых разных областей науки привлекают вопросы исследования физико-химических свойств воды как связанной, так и в среде, при воздействии на нее электромагнитных излучений (ЭМИ) различных диапазонов длин волн низкой интенсивности [1, 4, 10]. Одним из результатов этих исследований стало обоснование возможности накопления и распространения в воде биологически значимых информационных сигналов, возникающих под действием таких ЭМИ. Посредством таких сигналов происходит синхронизация энергоинформационного обмена в биосфере и вариаций естественных ЭМИ Земли.

Цель данной работы – изучение межгодовой изменчивости внутрисуточной динамики поведения и вертикального распределения нерестовых скоплений путассу в районе ЗЕК – Роколл в 2003 – 2005 гг. на фоне изменения некоторых абиотических факторов. Задачи исследования включали:

- обработку и обобщение первичных материалов, собранных в районе ЗЕК – Роколл в ходе весенней путины путассу (акустических, гидрометеорологических, биологических, астрономических наблюдений);
- анализ межгодовой изменчивости основных параметров внутрисуточной динамики скоплений (горизонтов, плотности, вертикального развития);

- выявление фоновых значений и межгодовых вариаций основных абиотических факторов в районе нереста, анализ влияния их изменчивости на суточную динамику скоплений путассу;

- разработку логической модели, описывающей внутрисуточные вариации воздействия природных ЭМИ на воды акватории ЗЕК – Рокколл, где происходит нерест путассу, и ее математическую реализацию;

- рассмотрение вероятных механизмов формирования суточной динамики скоплений путассу на основе построенной модели.

### Материалы и методы

В работе использованы материалы акустических, гидрометеорологических и биологических наблюдений, выполненных в ходе проведения промысловых рейсов и международных комплексных океанографических и тралово-акустических съемок по оценке запаса путассу в районах нереста в феврале – апреле 2003 – 2005 гг. (таблица).

Объем материала акустических и гидрологических наблюдений в районе ЗЕК – Рокколл в 2003 – 2005 гг.

Volume of materials of the acoustic and hydrological observations carried out in the ZEK-Rockoll Bank area in 2003-2005

Период работ	Рейс, судно	Полигон	Тип эхолота	Кол-во акуст. выборок	Тип CTD-зонда	Кол-во гидр. станций
12.03 - 19.03.2003	36-й, СТМ «Атлантниро»	53°23'-56°08'с.ш., 16°04'-18°00'з.д.	Simrad EK-500 (научный)	254	Micro-CTD 3''	14
17.03 - 03.04.2004	23-й, БАТМ «А.Ксенофонов»	56°16'-58°04'с.ш., 14°56'-17°41'з.д.	Simrad ES-60 (промысл.)	190	-	-
29.03 - 01.04.2004	57-й, СТМ «Ф. Нансен»	-	-	-	Micro-CTD 3''	6
15.03 - 27.03.2005	43-й, СТМ «Атлантниро»	54°38'-57°51'с.ш., 14°55'-18°41'з.д.	Simrad EK-500 (научный)	326	SBE-19plus, Micro-CTD 3''	23
ВСЕГО		53°23'-58°04'с.ш., 14°55'-18°41'з.д.		770		43

Изучение внутрисуточной динамики поведения скоплений путассу проводилось на основе рейсовых акустических материалов и наблюдений. С экрана эхолота или с эхограмм (система обработки данных SonarData Echoview 2.00.106) снимались следующие параметры: дата, время (GMT), текущие координаты судна (GPS), скорость судна (уз), глубина места, горизонты скоплений путассу, их вертикальное развитие (м), горизонтальное развитие скоплений (мин.), форма скоплений (визуальная оценка), плотность скоплений (по 6-балльной цветовой шкале, мин. порог SV от -65 до -70 дБ), характер границ скоплений (визуальная оценка).

Отсчеты снимались по 15-минутным интервалам. В зависимости от разброса параметров, на каждый интервал приходилось от 1 до 9 отсчетов, которые затем усреднялись. Собранные данные усреднены по соответствующим временным промежуткам и сглажены по 1,5-часовым интервалам. Полученные на их основе распределения дали подробную среднестатистическую характеристику суточного цикла поведения и вертикального распределения путассу в районе нереста.

Для анализа пространственного распределения скоплений по полигону и учета вклада отдельных его частей в суточные распределения, на картах индекса поверхностной плотности путассу, строившихся по результатам тралово-акустических съемок, выделялись участки с наибольшими эхоинтенсивностями SA (более 500 – 600 м<sup>2</sup>/кв.милю).

Анализ метеорологической ситуации проводили на основе данных штурманских наблюдений на научно-исследовательских и промысловых судах в районе нереста путассу. Для анализа особенностей вертикального распределения гидрологических характеристик в районе исследований проводили расчет средневзвешенных по полигонам значений термохалинных и гидрохимических показателей в диапазонах глубин 0 – 500 и 400 – 600 м: величины температур (°С) и солености (‰), показатели содержания кислорода (мл/л) и фосфатов (мкг-ат/л).

Интегральным показателем пространственного распределения гидрологических характеристик в районах с активным гидродинамическим режимом является геострофическая циркуляция вод. Применительно к анализу вертикального распределения гидробионтов, важен характер вертикальных движений вод на полигоне исследования. В анализ включены данные о пространственном распределении вертикальной составляющей циркуляции вод в слое 0 – 500 м, рассчитанной по геострофической циркуляции на этих же горизонтах относительно 1000 м. Методика расчета изложена в работах [9, 16].

Астрономические наблюдения (долгота дня, фазы лунного цикла), проводившиеся в районе, верифицировали расчетными данными пакета RedShift 3.0<sup>®</sup>.

Для расчета функции суточного баланса радиоизлучения Земли в районе нереста нами проанализировано положение ее экстремумов, т.е. описано суточное движение по поверхности планеты линий раздела секторов формирования баланса радиоизлучения – утреннего и вечернего терминаторов, полуденной и полуночной линии. Поставленная задача решалась путем математического моделирования в программной среде Microsoft Visual Basic<sup>®</sup>. Первоначально проведен расчет координат эллипса  $x, y, z$ , образуемого пересечением земного эллипсоида плоскостью, проходящей через начало координат и образующей с наименьшей полуосью эллипсоида угол  $\beta$ , равный  $\pm 23,5^\circ$ . Далее был осуществлен переход к географическим координатам  $\varphi, \delta$  на поверхности эллипсоида, а от них к координатам  $x_p, y_p$  на проекции карты мира. Применение данного алгоритма с разным  $\beta$  позволило отобразить на карте положение терминаторов, полуденной и полуночной линии в любой день в году на 12:00 Гринвичского времени (рис. 1).

Программными методами было реализовано движение упомянутых линий с востока на запад, т.е. смоделировано суточное вращение Земли. Для введения в модель закона убывания воздействия ЭМИ с расстоянием был реализован алгоритм расчета положения точек, равноудаленных от любой произвольно заданной на поверхности планеты точки. Построенная модель позволяет в первом приближении рассчитывать общий вид функции внутрисуточной изменчивости баланса радиоизлучения Земли в любой день в году для любой точки на поверхности планеты.

Следует отметить, что в задачу исследования не входил расчет указанной функции в абсолютных единицах. Даваемые моделью выходные данные выражены в безразмерных единицах, отражающих долю энергии, поглощаемую обсервируемой точкой по отношению ко всей энергии, излучаемой Землей в радиодиапазоне. Дополнительными вычислениями безразмерные величины могут быть переведены в абсолютные физические единицы, характеризующие плотность ЭМИ, например Вт/м<sup>2</sup>.

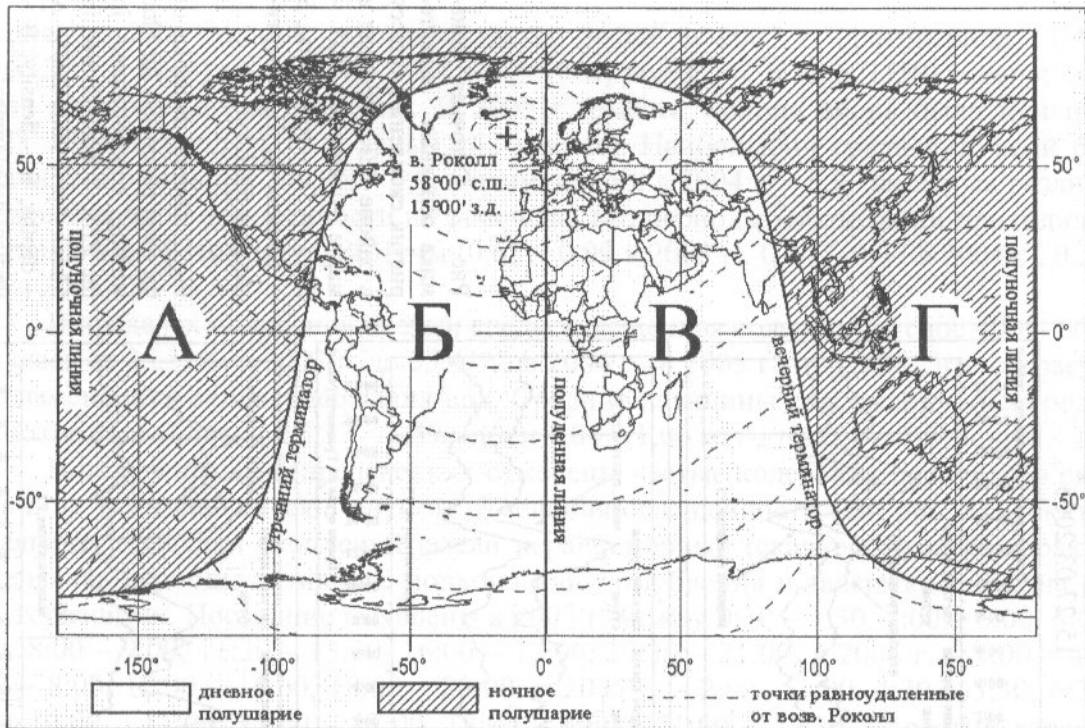


Рис. 1. Положение линий раздела и секторов (А – Г) формирования суточного баланса радиоизлучения Земли по состоянию на 1 марта, 12:00 GMT: А – слабое поглощение; Б – интенсивное поглощение; В – слабое излучение; Г – интенсивное излучение

Fig. 1. Location of separation lines and sectors (A – Г) to form diurnal balance of Earth's radiation as of March 1, 12:00 GMT: A – weak absorption; Б – intensive absorption; В – weak radiation; Г – intensive radiation

## Результаты

Наблюдения показывают, что в районе нереста в течение суток скопления путассу отмечаются в слое 400 – 620 м. Это подтверждает мнение о том, что в нерестовый период значительных суточных вертикальных миграций путассу не совершает. Однако полученные данные свидетельствуют о сохранении слабо выраженных основных элементов суточного цикла у путассу и в этот период (рис. 2).

Как указывают авторы большинства работ, посвященных изучению путассу, в период нереста этот вид практически не питается (по материалам рейсовых отчетов средний балл наполнения желудков путассу в районе ЗЕК – Роколл в марте – апреле 2003 г. составил 0,05, в 2004 г. – 0,15, в 2005 – 0,36).

При анализе полученных суточных распределений обращает на себя внимание значительное, в среднем на 100 м, расширение диапазона глубин обитания путассу в 2004 г. (430 – 620 м) в сравнении с 2003 г. (440 – 530 м) и последующее незначительное его уменьшение (400 – 575 м) в 2005 г. (см. рис. 2, А). Очевидно, это обусловлено как характером изменения теплосодержания вод, так и изменениями условий освещенности на глубине обитания, связанными со сдвигами во времени периодов наблюдений (см. таблицу) и изменением состояния облачности. Так, средневзвешенная температура воды в слое 400 – 600 м в 2003 г. составила 9,76°C, а в 2004 г. – 9,93°C (скопления максимально заглублены), в 2005 г. – 9,64°C.

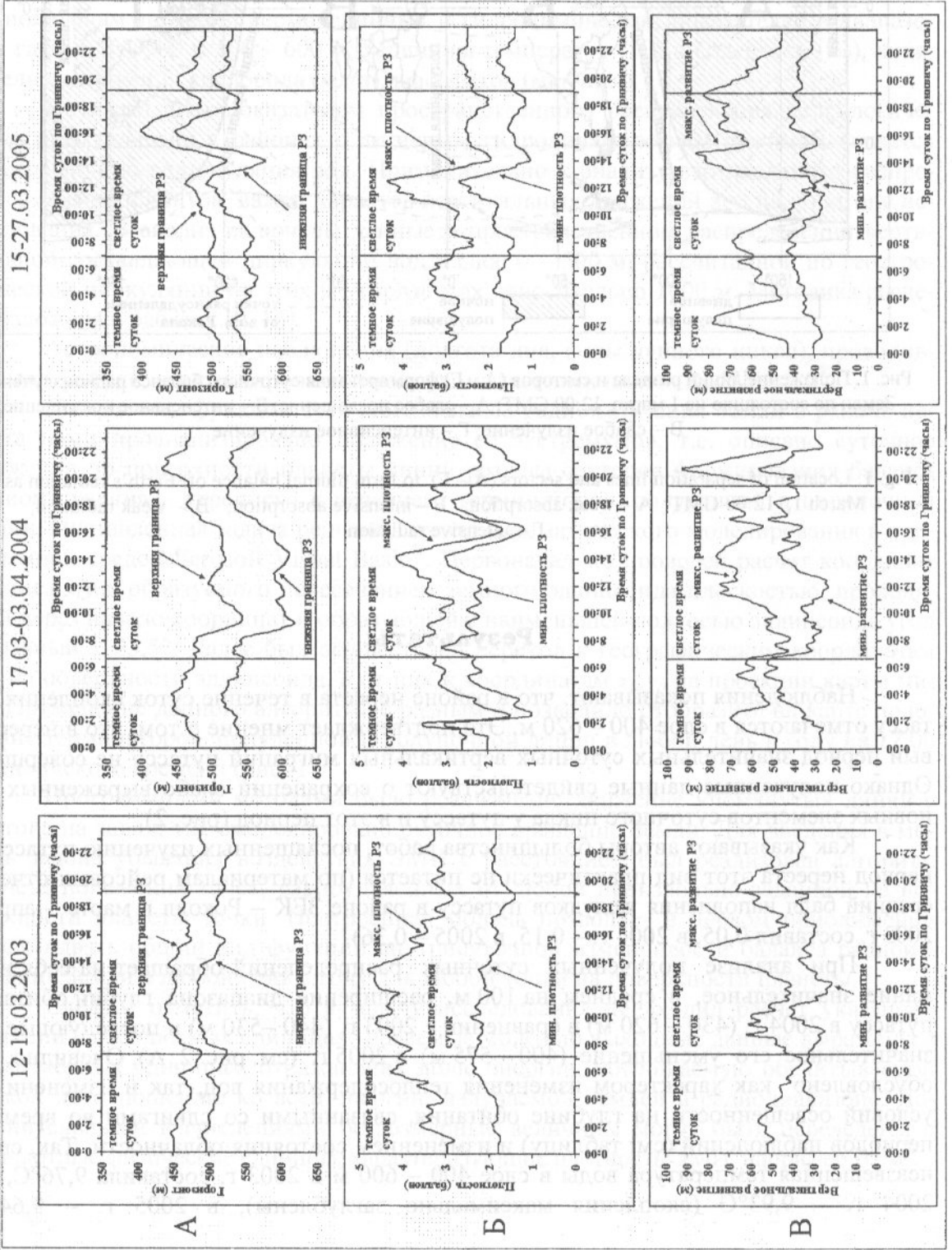


Рис. 2. Суточная динамика основных характеристик скопления путассу в районе ЗЕК – Роколл в марте – апреле 2003 – 2005 гг.: А – горизонты, Б – плотность, В – вертикальное развитие

Fig. 2. Diurnal dynamics of the main parameters for blue whiting concentrations in the ZEK – Rockoll area in March-April 2003-2005: A – depths, B – density, B – vertical development

Средняя высота Солнца увеличивалась от  $30^{\circ}00'$  в 2003 г. (фотопериод 11:47 ч день/12:13 ч ночь) до  $34^{\circ}14'$  в 2004 г. (фотопериод 12:41 ч день/11:19 ч ночь; скопления максимально заглублены). В 2005 г. высота Солнца вновь была меньше –  $32^{\circ}23'$  (фотопериод 12:18 ч день/11:42 ч ночь). Наибольший среднесуточный балл облачности отмечен в 2003 г. – 9,0; а наименьший в 2004 г. – 8,0. Заметных различий в режиме ночной освещенности не отмечено, все периоды наблюдений приходились в основном на фазу растущей Луны (0,65 – 0,99 в 2003 г., 0,14 – 0,97 в 2004 г., 0,30 – 0,98 в 2005 г.).

В пределах полигонов съемки средневзвешенная соленость в слое 400 – 600 м менялась от 35,31‰ в 2003 г. до 35,41‰ в 2004 г., в 2005 г. – 35,38‰, что согласуется с изменением теплосодержания вод. Средние величины содержания кислорода и фосфатов были близки к 5,37 – 5,49 мл/л и 1,04 – 1,06 мкг-ат/л соответственно.

В полученных распределениях отмечены частые колебания параметров скоплений, не увязывающиеся с ритмом изменения освещенности (см. рис. 2). Так, вертикальные смещения скоплений имели неравномерный (скачкообразный) характер, выделялись периоды активного подъема или заглубления и задержки рыбы на разных горизонтах. Последние выявлены в 2003 г. между 0:30 – 1:30, 4:00 – 5:00, 6:00 – 7:00, 8:00 – 9:00, 11:30 – 13:30, 16:00 – 17:00, 19:30 – 21:00; в 2004 г. – 3:00 – 4:00, 6:00 – 8:00, 12:00 – 16:00, 18:00 – 20:00; в 2005 г. – 2:00 – 3:00, 4:30 – 5:30, 6:30 – 7:30, 10:00 – 11:00, 16:00 – 17:00, 18:00 – 19:00, 21:00 – 22:30. Сложный характер имела и суточная ритмика плотности скоплений, наибольшие ее значения отмечались в 2003 г. между 1:30 – 3:00, 5:00 – 17:00, 21:30 – 23:00; в 2004 г. – 1:00 – 2:00, 7:00 – 8:00, 13:00 – 14:30, 18:00 – 19:00, 23:00 – 00:00; в 2005 г. – 4:30 – 6:30, 11:30 – 13:00, 15:00 – 17:00, 21:00 – 22:30. Наиболее сложную динамику обнаруживает вертикальное развитие скоплений, максимальные значения отмечены в 2003 г. между 1:30 – 3:00, 8:30 – 11:00, 13:30 – 16:00, 18:00 – 21:00; в 2004 г. – 1:00 – 3:00, 5:00 – 7:00, 11:00 – 16:00, 17:00 – 18:30, 20:00 – 21:30, 23:00 – 00:00; в 2005 г. – 1:30 – 3:30, 6:30 – 9:30, 13:30 – 20:30.

В межгодовом плане наблюдались значительные сдвиги фаз активности путассу в течение суток, т.е. периодов наиболее быстрых вертикальных перемещений скоплений, сопровождающихся значительным изменением их плотности и вертикального развития. В 2003 г. это промежутки времени 7:30 – 10:00 и 14:00 – 15:30, в 2004 г. – 8:00 – 12:00 и 16:00 – 18:00, в 2005 г. – 2:00 – 5:00 и 12:30 – 20:00.

### Обсуждение

Анализ причин и механизмов, вызвавших описанные межгодовые сдвиги суточной динамики скоплений путассу, привел к поиску наиболее изменчивого в суточном масштабе времени внешнего фактора. Избегая «лишних» энергетических затрат в период нереста, скопления путассу становятся чувствительными к параметрам внешних энергетических потоков во всех возможных формах: механического переноса энергии (параметры водных потоков), термических и химических неоднородностей (фронтальные зоны), электромагнитных полей. Другими словами, ее готовность к восприятию внешних воздействий в этот период крайне высока. С этой точки зрения, выбор периода, района и объекта наблюдения, с присущим ему физиологическим состоянием, способствовал выявлению связей суточной динамики скоплений с различными внешними факторами, в т.ч. структурно и энергетически тонкими. В полной мере этим критериям отвечает внутрисуточная динамика баланса радиоизлучения Земли над районом нереста путассу.

В основу логической модели, описывающей внутрисуточные вариации воздействия природных ЭМИ на район нереста путассу, положены следующие принципы: поступающее в географическую оболочку ЭМИ Солнца отражается, поглощается и переизлучается поверхностью Земли в широком диапазоне длин волн, спектральный состав которого описывается законом Планка, а распределение энергии законом Вина [8, 19]. Согласно последнему, доля излученной энергии, приходящейся на радиодиапазон ( $\lambda > 100$  мкм), составляет менее 0,1% от общей величины обратного ЭМИ Земли. Интенсивность процесса теплового радиоизлучения определяется свойствами подстилающей поверхности: при прочих равных условиях на одной и той же широте радиационный баланс океанов превышает радиационный баланс материков, т.е. океаны в основном поглощают радиоизлучение, значительная доля энергии которого расходуется на испарение, а материки – как поглощают, так и активно переизлучают его [5]. Рефрагируя в ионосфере, радиоизлучение Земли распространяется на сверхдальние расстояния и повторно поглощается поверхностью планеты [12, 15]. Суточное вращение и орбитальное движение Земли определяют последовательную смену фаз процесса радиоизлучения в четырех секторах на поверхности планеты: ночное полушарие и «кормовая» сторона Земли в основном излучают, а дневное полушарие и «носовая» сторона – поглощают радиоизлучение [18]. В результате, в каждой точке поверхности планеты формируется уникальный суточный ритм баланса радиоизлучения, более изменчивый, чем режим освещенности.

Воздействуя на тонкую поверхностную пленку океана, природные ЭМИ вызывают в ней непрерывные изменения кластерной структуры воды. Вследствие существования дипольного момента у молекул воды, эти изменения с конечной скоростью распространяются вниз по водяному столбу в глубь океана, и с некоторым временным сдвигом изменяют физико-химические свойства нижележащих вод. Такие изменения могут иметь сигнальное значение для соответствующих изменений параметров энергоинформационного обмена между средой и гидробионтами, а сам океан, по-видимому, является «хронально» стратифицированной средой. В отличие от прочих, суточный баланс ЭМИ радиодиапазона модулируется наиболее сложным образом и несет в себе информацию о структуре поверхности Земли. Ее можно рассматривать в качестве сферической матрицы, которая под действием внешнего источника ЭМИ (Солнце) и посредством сложных процессов поглощения, переизлучения и перераспределения ЭМИ, в каждой точке океана на данной глубине формирует уникальный суточный ритм параметров энергоинформационного обмена гидробионтов.

Расчет функции суточного баланса радиоизлучения Земли над районом нереста путассу и подбор вероятных скоростей распространения структурных перестроек в воде, выполненный при наложении расчетной функции на описанные суточные распределения, дал следующие их значения: 2003 г. – 100 м/ч, 2004 г. – 135 м/ч, 2005 г. – 157 м/ч. Таким образом, временной сдвиг возникновения структурных перестроек на глубине 500 м относительно аналогичных явлений на поверхности составил для 2003 г. – 5,0 ч, для 2004 г. – 3,7 ч, для 2005 г. – 3,2 ч (рис. 3).

Ответной реакцией скоплений на изменение баланса радиоизлучения над районом нереста путассу является их подъем в вышележащие или спуск в нижележащие горизонты, в зависимости от времени суток, поправки на скорость распространения сигнала в воде и глубину. Увеличение глубины нахождения скоплений путассу с ростом баланса радиоизлучения и, наоборот уменьшение, наблюдается в промежутках времени между 1:00 – 2:00, 7:00 – 8:30, 13:00 – 14:00, 17:30 – 19:30 GMT и совпадает с прохождением по району нереста терминаторов, полуденной и полуночной линии. В остальное время наблюдается обратная зависимость между глубиной нахождения скоплений и величиной баланса. Таким образом, изменение баланса ра-

диоизлучения носит ярко выраженную сигнальную функцию. Наиболее заметное изменение характеристик скоплений происходит при наложении на направления естественных суточных вертикальных смещений путассу возмущающих, т.е. противоположных по своему воздействию сигналов.

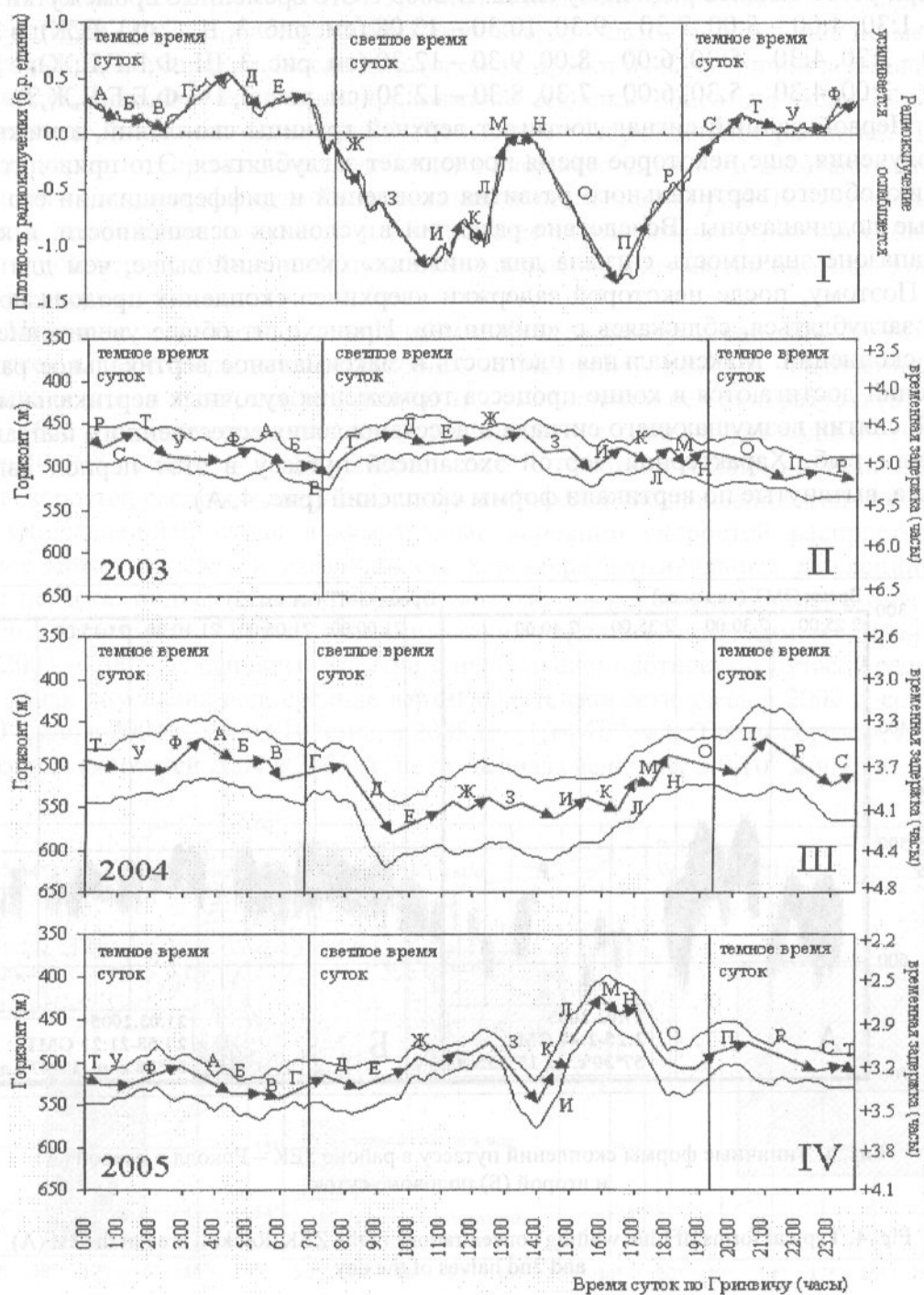


Рис. 3. Суточный баланс радиоизлучения Земли в районе ЗЕК – Рокколл по состоянию на 1 марта (I) и его проявление в суточной динамике скоплений путассу в марте – апреле 2003 – 2005 гг. (II – IV); А – Ф – естественные временные промежутки

Fig. 3. Diurnal balance of Earth's radio radiation as of March 1 (I) and its influence on the diurnal dynamics of blue whiting concentrations in March – April 2003-2005 (II – IV); А – Ф – natural temporal intervals



В первой половине суток (местная полночь 1:08 GMT – местный полдень 13:08 GMT) направления распространения сигналов и естественных суточных вертикальных смещений путассу совпадают – от поверхности в глубину. Возмущающим по отношению к последним является сигнал на подъем скоплений, возникающий при росте баланса радиоизлучения. В 2003 г. это временные промежутки между 1:08 – 1:30, 4:00 – 5:00, 7:30 – 9:30, 10:30 – 13:08 (см. рис. 3, II, С, Ф, Г, Е, Ж); в 2004 г. – 2:30 – 3:30, 4:30 – 5:30, 6:00 – 8:00, 9:30 – 12:30 (см. рис. 3, III, Ф, Б, Г, Е, Ж); в 2005 г. – 2:30 – 3:00, 4:30 – 5:30, 6:00 – 7:30, 8:30 – 12:30 (см. рис. 3, IV, Ф, Б, Г, Е, Ж, З).

Первой данный сигнал достигает верхней границы скоплений, а нижняя, до его получения, еще некоторое время продолжает заглубляться. Это приводит к увеличению общего вертикального развития скоплений и дифференциации его на локальные поддиапазоны. Вследствие различий в условиях освещенности, в каждом поддиапазоне значимость сигнала для «нижних» скоплений выше, чем для «верхних». Поэтому, после некоторой задержки «верхние» скопления продолжают медленно заглубляться, сближаясь с «нижними». Происходит общее увеличение плотности скоплений. Максимальная плотность и максимальное вертикальное развитие скоплений достигаются в конце процесса торможения суточных вертикальных смещений, снятии возмущающего сигнала и восстановления естественного направления миграции рыб. Характерной чертой эхозаписей путассу в этот период являются плотные, вытянутые по вертикали формы скоплений (рис. 4, А).

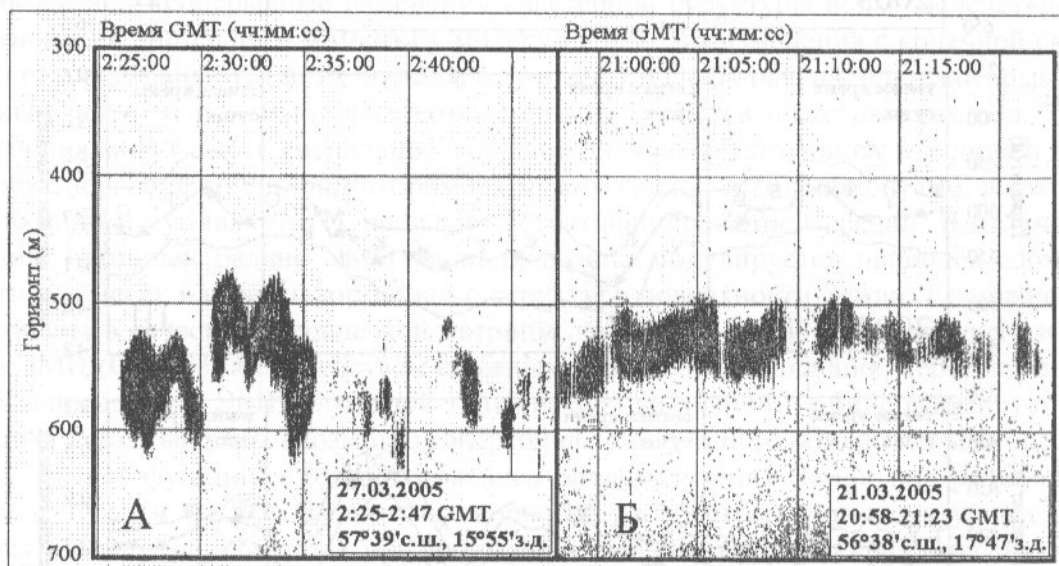


Рис. 4. Типичные формы скоплений путассу в районе ЗЕК – Рокколл в первой (А) и второй (Б) половине суток

Fig. 4. Typical forms of blue whiting concentrations in the ZEK-Rockoll area in the 1st (A) and 2nd halves of the day

Во второй половине суток (местный полдень 13:08 GMT – местная полночь 1:08 GMT) направления распространения сигналов и естественных суточных вертикальных смещений путассу противоположны: сигналы – от поверхности в глубину, рыба – из глубины к поверхности. Возмущающим по отношению к суточным вертикальным смещениям путассу является сигнал к заглублению скоплений. В 2003 г.

это временные промежутки между 13:30 – 15:30, 16:30 – 17:30, 18:00 – 18:30, 19:00 – 21:30, 22:30 – 00:30 (см. рис. 3, II, З, К, М,О,Р); в 2004 г. – 13:08 – 14:30, 18:00 – 20:00, 21:00 – 23:00 (см. рис. 3, III, З,О,Р); в 2005 г. – 13:08 – 14:00, 16:00 – 16:30, 17:00 – 19:30, 20:30 – 22:30, 23:30 – 01:08 (см. рис. 3, IV, З, М,О,Р,Т). Первой на внешний сигнал реагирует верхняя граница скоплений, а нижняя до его получения еще некоторое время продолжает движение вверх, уплотняя скопление и уменьшая его вертикальное развитие. После некоторой задержки из-за различий в условиях освещенности, «нижние» скопления продолжают медленно двигаться вверх, сближаясь с «верхними», уплотняя скопление и уменьшая его вертикальное развитие. Данный процесс, вероятно, продолжается до снятия внешнего сигнала и восстановления естественного направления суточных вертикальных смещений рыб. В этот момент отмечаются наибольшая плотность и наименьшее вертикальное развитие скоплений. Характерной чертой эхозаписей путассу в этот период являются плотные компактные скопления в виде лент (рис. 4, Б).

Причины межгодовых изменений скоростей распространения структурных перестроек в водах нерестовой акватории, по-видимому, лежат в увеличении коэффициента вязкости воды, происходящем при уменьшении ее температуры [8]. Так, в слое 0 – 600 м на полигонах съемки средневзвешенная температура воды в 2003 г. составила 10,05°C, 2004 г. – 9,81°C, 2005 г. – 9,79°C. Соответственно, полученные ранее оценки скоростей распространения сигналов в этом слое увеличивались год от года.

Определенный вклад в межгодовые вариации скоростей распространения сигналов может вносить и изменчивость характера вертикальных движений вод в районе нереста: подъем вод должен «тормозить» их распространение, а опускание, наоборот, «ускорять». Однако величины таких вариаций, по-видимому, крайне малы. В 2003 – 2005 гг. основные участки с наибольшей плотностью путассу располагались в зонах опускания вод, средние вертикальные скорости здесь в 2003 г. составили  $5,64 \cdot 10^{-5}$  см/с, в 2004 г. –  $4,93 \cdot 10^{-6}$  см/с, в 2005 г. –  $1,14 \cdot 10^{-4}$  см/с. Таким образом, наибольшая разница скоростей 2004 и 2005 гг. не превышала величину  $5,0 \cdot 10^{-3}$  м/ч. (рис. 5).

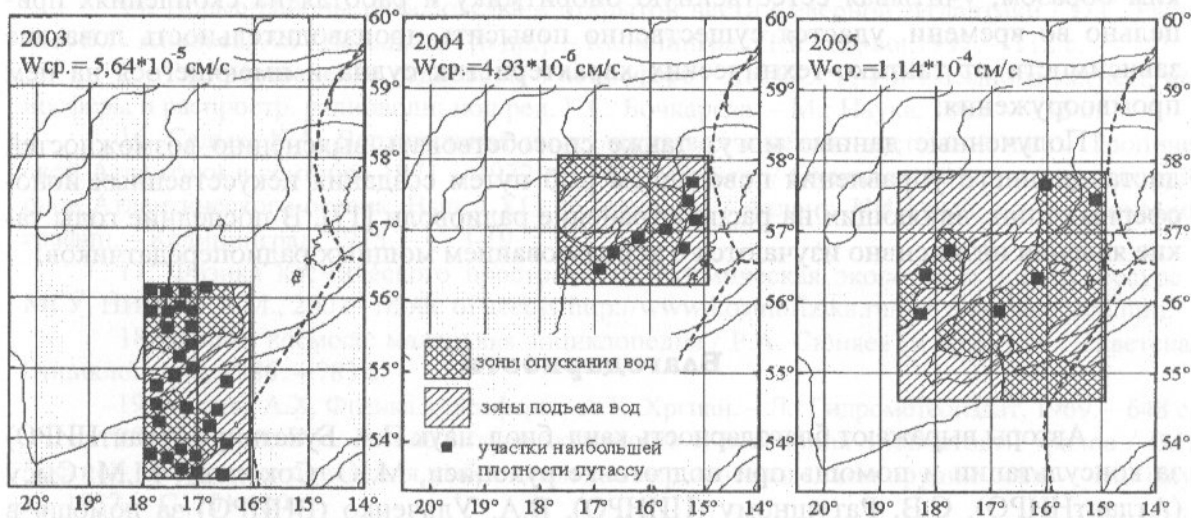


Рис. 5. Зоны подъема и опускания вод в слое 0 – 500 м и участки наибольшей плотности путассу ( $s_A$  более 500 – 600 м<sup>2</sup>/кв.милю) на полигонах съемки,  $W_{ср}$  – средняя скорость вертикального движения вод на полигонах

Fig. 5. Zones of the water rising and lowering between 0 and 500m and areas of the highest density of blue whiting ( $s_A > 500 - 600$  m<sup>2</sup>/sq.mile) within the surveyed area,  $W_{ср}$  – average speed of the vertical water movement on the fields

## Заключение

Установлены основные закономерности межгодовой изменчивости суточной динамики скоплений путассу в районах нереста. Показано, что несмотря на значительную изменчивость условий среды, внутрисуточные особенности поведения путассу характеризуются набором динамичных, устойчиво проявляющихся двигательных актов, синхронизированных с внутрисуточными вариациями воздействия природных ЭМИ на акваторию нереста. Адаптивный смысл этих реакций пока не имеет ни подтверждения, ни опровержения. Однако полученные данные позволяют предполагать, что возникновение описанных черт суточного цикла у путассу является вынужденным явлением регулярного характера. Осуществление вынужденных двигательных актов сопровождается затратой энергии, что может быть существенным в анализе динамики нереста путассу, проходящего по принципу минимальных энергозатрат. Дальнейшие исследования совместно со специалистами-ихтиологами позволят выявить новые особенности биологического состояния путассу и пространственно-временной организации ее скоплений в районах нереста.

Наряду с теоретической важностью дальнейшей разработки затронутой проблемы, несомненна ее практическая значимость. Выявленные закономерности дают возможность подойти к расчету сроков уплотнения скоплений путассу до начала путины на основе прогнозируемых величин температуры воды в районе нереста, а затем вырабатывать тактические рекомендации промысловым судам. С учетом этого, одной из возможных тактик на промысле может быть следующая: в течение суток судно облавливая эту рыбу, одновременно проводя поиск и картирование наиболее крупных его скоплений. При приближении одного из расчетных сроков уплотнения скоплений, судно выходит на галс траления на заранее выбранное скопление с условием прохождения по нему близко к данному сроку. К этому моменту складываются наиболее благоприятные условия для эффективного облова скоплений: они максимально плотные, компактные, держатся в одном диапазоне глубин. Таким образом, учитывая естественную биоритмику и работая на скоплениях прицельно во времени, удастся существенно повысить производительность лова вне зависимости от тактико-технических характеристик судна и имеющегося на нем промвооружения.

Полученные данные могут также способствовать выяснению возможностей дистанционного управления поведением рыб путем создания искусственных ионосферных линз, влияющих на распространение радиоволн [17]. В последние годы такие явления интенсивно изучаются с использованием мощных радиопередатчиков.

## Благодарности

Авторы выражают благодарность канд. биол. наук П.А. Букатину (АтлантНИРО) за консультации и помощь при подготовке рукописи, М.Ю. Соколову, М.М. Сысу (АтлантНИРО), С.В. Ратушному (ПИНРО), В.А. Ульченко (ВНИРО) за помощь в сборе и обработке первичных материалов, членам научных групп и экипажем судов АтлантНИРО, ПИНРО, РПК «ФОР-Фишинг» (Калининград).

## Список использованной литература

1. Барабаш, Ю.М. Динамика параметров водных систем под действием слабого электромагнитного излучения / Ю.М. Барабаш. – М.: Наука, 1994. – 285 с.
2. Биоэнергетика гидробионтов / Г.Е. Шульман, Г.А. Финенко, Б.Е. Аннинский [и др.] // АН Укр. ССР, Ин-т биологии южных морей им. А.О. Ковалевского; под ред. Г.Е. Шульмана. – Киев: Наукова думка, 1990. – 248 с.
3. Гербер, Е.М. О нересте путассу в Западно-Европейской котловине / Е.М. Гербер, А.А. Деменин // Вопр. ихтиологии. – 1992. – Т. 32, вып. 5. – С. 96-104.
4. Глувштейн, А.Я. Низкочастотные колебания проводимости в воде и водных растворах хлоридов натрия и калия / А.Я. Глувштейн // Биофизика. – 1996. – Т. 41, №3. – С. 554-558.
5. Доронин, Ю.П. Взаимодействие атмосферы и океана / Ю.П. Доронин. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 288 с.
6. Зиланов, В.К. Путассу Северной Атлантики / В.К. Зиланов. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 160 с.
7. Зуссер, С.Г. Суточные вертикальные миграции морских планктоноядных рыб / С.Г. Зуссер. – М.: Пищ. пром-сть, 1971. – 224 с.
8. Иванов, А.А. Введение в океанографию / А.А. Иванов. – М.: Мир, 1978. – 574 с.
9. Исследование циркуляции и переноса вод Атлантического океана / отв. ред. В.Н. Степанов. – М.: Наука, 1971. – 292 с. – (Результаты исследований по Международным геофизическим проектам. Океанологические исследования; № 22).
10. Лошицкий, П.П. Механизмы воздействия электромагнитных волн низкой интенсивности на воду и водные растворы / П.П. Лошицкий [и др.] // Материалы XXII междунар. научно-техн. конф. «Проблемы электроники», Украина, Киев, 18 – 20 июня 2002 г. – Киев, 2002.
11. Мантейфель, Б.П. Адаптивное значение периодических миграций водных организмов / Б.П. Мантейфель // Вопр. ихтиологии. – 1959. – Вып. 13. – С. 3-15.
12. Нагорский, П.М. Глобальный баланс электромагнитной энергии КВ радиодиапазона в околоземном пространстве / П.М. Нагорский, А.Г. Колесник, С.А. Колесник // Вестник МГУ. Серия 3. Физика, астрономия. Вып. 4: сб. науч. тр. / МГУ. – М., 1998. – С. 7-9.
13. Николаев, И.И. Суточные миграции водных организмов / И.И. Николаев // Природа. – 1952. – Вып. 3. – С. 112-115.
14. Новые районы рыболовства в открытой части Северной Атлантики / О.Г. Рябинов, В.Г. Аникеев, А.Г. Деведжиан [и др.]. – Калининград: Кн. изд-во, 1991. – 112 с.
15. Распространение радиоволн в ионосфере / АН СССР, Ин-т земного магнет., ионосферы и распротр. радиоволн; под ред. Г.С. Бочкарева. – М.: Наука, 1983. – 136 с.
16. Седых, К.А. Вертикальная циркуляция вод в северо-восточной части Тропической Атлантики в сентябре 1971 – 1972 гг. / К.А. Седых // Океанология промысловых районов Атлантического океана. Вып. LXI: сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1975. – С. 3-19.
17. Физика космического пространства. Космическая экология / Электр. ресурс / МГУ, НИИЯФ. – М., 2002. – Mode of access: [http://www.kosmofizika.ru/ucheba/space\\_eco.htm](http://www.kosmofizika.ru/ucheba/space_eco.htm).
18. Физика космоса: маленькая энциклопедия / Р.А. Сюняев [и др.]. – М.: Советская Энциклопедия, 1986. – 783 с.
19. Хргиан, А.Х. Физика атмосферы / А.Х. Хргиан. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 648 с.
20. Честной, В.Н. Геомагнитная активность и колебания уловистости тралов / В.Н. Честной // Изучение поведения рыб в связи с совершенствованием орудий лова. – М.: Наука, 1977. – С. 101-109.
21. Экологические аспекты поведения рыб / АН СССР, Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова; под ред. Б.П. Мантейфеля. – М.: Наука, 1984. – 80 с.
22. Яковлев, В.Н. Гидрометеорологическое обеспечение океанического рыболовства / В.Н. Яковлев. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. – 232 с.