

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 597.562–152.6.08 (268.45)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАЛОВОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ РЫБ
С ПОМОЩЬЮ БАТИТЕРМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ АКВАТОРИИ**

© 2016 г. П. А. Мурашко

*Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н. М. Книповича, Мурманск, 183038
E-mail: murashko@pinro.ru*

Поступила в редакцию 08.04.2015 г.

Представлена методика оценки численности морских донных рыб посредством тралового метода с применением батитермического районирования акватории распределения вида. Граничными ориентирами для деления акватории съемки в данном методе служат абиотические факторы — глубина моря и температура воды.

Ключевые слова: оценка запасов, северо-восточная арктическая треска *Gadus morhua morhua*, Баренцево море, глубина моря, температура воды, батитермическое районирование.

ВВЕДЕНИЕ

Расчеты величин запасов некоторых видов донных рыб в Баренцевом море выполняются с помощью тралового метода, который включает в себя два основных этапа — нахождение плотности рыб на определенном участке моря и расчет площади этого участка. Разделение акватории на участки, где предполагается относительно однородная плотность скоплений вида, является наиболее трудной задачей при оценке запасов рыб. От корректности такого разделения, на котором строятся последующие расчеты, зависит точность итоговой оценки.

В международных съемках по оценке запасов рыб Баренцева моря, ежегодно проводимых совместно Полярным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО) и Институтом морских исследований (ИМИ) (г. Берген, Норвегия), существует два методических подхода. Так, в съемке, проводимой в феврале-марте (далее — февральская съемка), акваторию исследований делят на участки с относительно одинаковым биотопом (Mehl et al., 2013). В другой съемке, выполняемой в августе-ок-

тябре (далее — экосистемная съемка), Баренцево море разделяют на WMO (world meteorological organization) — квадраты, стратифицируемые по глубине (Prokhorova et al., 2013). В обоих случаях суть районирования заключается в разделении акватории съемки на ряд статических районов, границы которых (географические и батиметрические) неизменны. Возможным недостатком такого статического районирования является отсутствие учета межгодовой изменчивости океанографических условий, а также привязка результатов контрольных ловов и оценки плотности скоплений к заданным границам. В то же время известно, что температура воды и глубина моря являются важными факторами (без учета кормовой базы), влияющими на распределение и плотность скоплений рыб (Мурашко, 2014). В связи с этим в работе рассмотрена возможность усовершенствования тралового метода оценки запасов рыб в Баренцевом море посредством изменения подхода к его районированию от статического к динамическому, учитывающему не только параметр глубины, но и температурный фактор среды обитания.

Помимо метода WMO-квадратов стратифицирование акватории обитания

по глубине используется при оценке запаса палтуса черного *Reinhardtius hippoglossoides* (Smirnov, 1996). Использование температурного фактора среды в районировании акватории обитания при оценке запасов рыб автору не известно, хотя для прогнозирования скоплений температурный фактор в отечественной науке применяется (Дубищук, Лукацкий, 2013; Лукацкий, Дубищук, 2013).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Подход к районированию моря при оценке запаса апробирован на одном из наиболее изученных и востребованных промыслом виде рыб Баренцева моря — северо-восточной арктической треске *Gadus morhua morhua*. Для районирования Баренцева моря предложено использовать термин «батитермический диапазон», под которым мы понимаем площадь участков акватории ареала вида с однородной температурой воды и глубиной моря по заданному интервалу значений.

В работе использованы материалы ежегодных экосистемных съемок 2004—2013 гг., проводимых в период распределения трески в районах летнего откорма и достижения ею окраин ареала. В это время большая часть популяции сосредоточена в придонном слое, поэтому оценка запаса трески проводилась на основе уловов донного трала. Сетка траловых станций экосистемной съемки равномерно покрывала акваторию Баренцева моря и прилегающих вод с удаленностью ее узлов друг от друга на 30 морских миль. Орудием лова являлся низкоселективный донный трал «Сампелен-1800» с мелкоячейной вставкой размером 16 мм.

Среднюю плотность скоплений трески в каждом батитермическом диапазоне определяли с учетом коэффициента уловистости трала, полученного Диксоном (Dickson, 1993a, b), по принятым в ПИНРО (Prokhorova et al., 2013) и ИМИ (Mehl et al., 2013) методикам. Для определения возрастного состава трески использовали размерно-возрастные ключи.

Всего для оценки численности были привлечены данные по уловам 4208 донных тралений, полученные в радиусе не более 10 миль от точки ближайшей гидрологической станции. Разница между глубинами лова при постановке станции не превышала 50 м. Из расчетов были исключены 623 траления, которые не соответствовали указанным требованиям.

Расчет площади, занятой определенным батитермическим диапазоном, выполняли в географической информационной системе «ArcGIS 10.1». Полигональные объекты для глубины с интервалом 50 м строились на основе батиметрической базы данных «ГЕВСО» (рис. 1, а). Материалы по температуре воды получены из данных океанографических станций в придонном слое, выполненных в ходе соответствующих съемок. Значения температуры воды на океанографических станциях интерполировали с помощью метода радиальных базисных функций (рис. 1, б). Для совмещения границ ареала трески с батитермическим диапазоном использовали оконтуривание ареала по траловым станциям, на которых встречался вид (рис. 1, в). В итоговом слое площадь батитермического диапазона рассчитывали при помощи системы «ArcGIS 10.1» в квадратных морских милях (рис. 1, г).

Батитермический диапазон в силу сложности рельефа дна и океанографических особенностей Баренцева моря, как правило, образуется не цельной акваторией, а состоит из различных частей. Зачастую одинаковые участки могут находиться на значительном удалении друг от друга (например, у архипелагов Шпицберген и Новая Земля) (рис. 2).

Во время проведения анализа использовали различные комбинации батитермических интервалов как по глубине (интервал 50 и 100 м), так и по температуре (интервал 0,5 и 1°C). Наиболее согласованные выходные данные для трески дает батитермический диапазон с шагом глубины 50 м и температуры воды 1°C.

При сравнении индексов численности, полученных с помощью методов

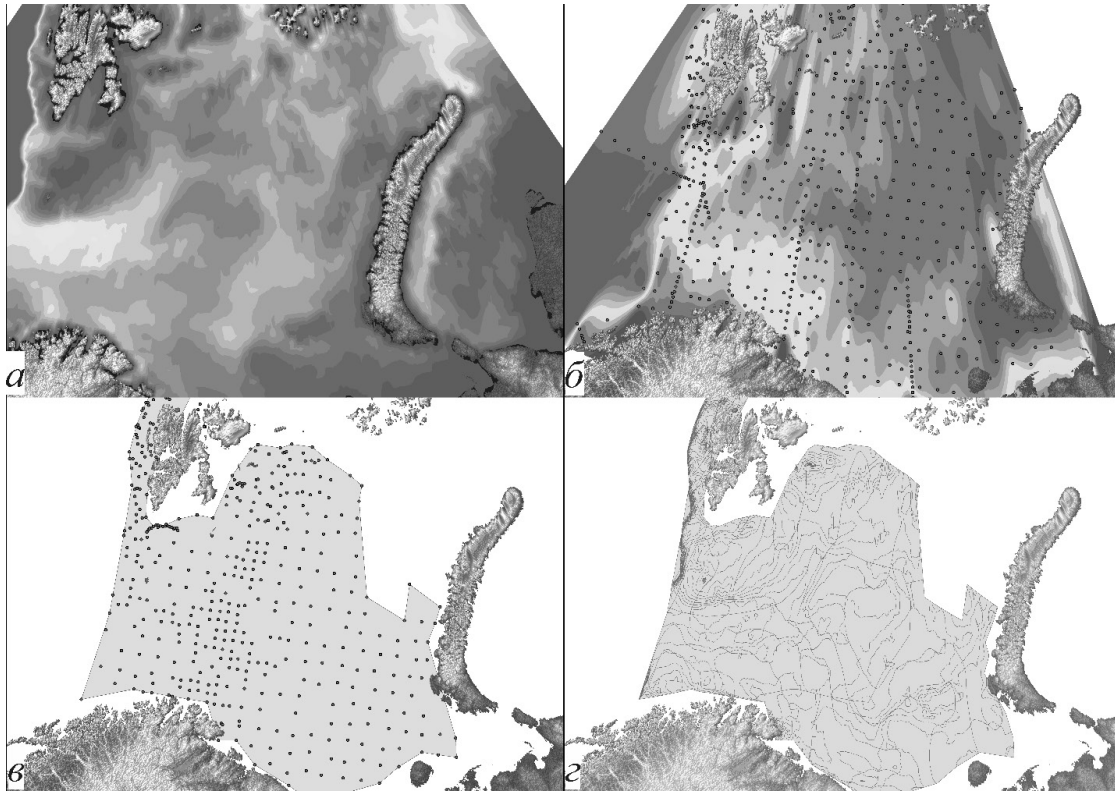


Рис. 1. Слои (а — батиметрический, б — температурный, в — ареал), участвующие в построение итогового батитермического слоя (г) в августе-октябре 2005 г. в Баренцевом море.



Рис. 2. Акватория, образующая батитермический диапазон с границами температур 0–1°C и глубин 200–250 м (внутри контуров) в августе-октябре 2005 г. в Баренцевом море.

батитермического и WMO-квадратов, использовали согласованность численности возрастных групп в съемке, которая находится путем корреляции смежных возрастных групп со смещением на год. Данный параметр используется Арктической рабочей группой для анализа качества входных данных съемок в модели расчета запаса трески с помощью метода виртуально-популяционного анализа (virtual population analysis, VPA) с настройкой XSA (extended survivors analysis) (Report ..., 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Если меркаторская проекция распределения позволяет определить районы скопления вида, то батитермическое распределение позволяет определить условия формирования этих скоплений как в конкретном году (рис. 3, а, б), так и в течение более длительного периода (рис. 3, в, г).

Основные пути нагульных и возвратных миграций трески проходят вдоль ответвлений теплого Северо-Атлантического

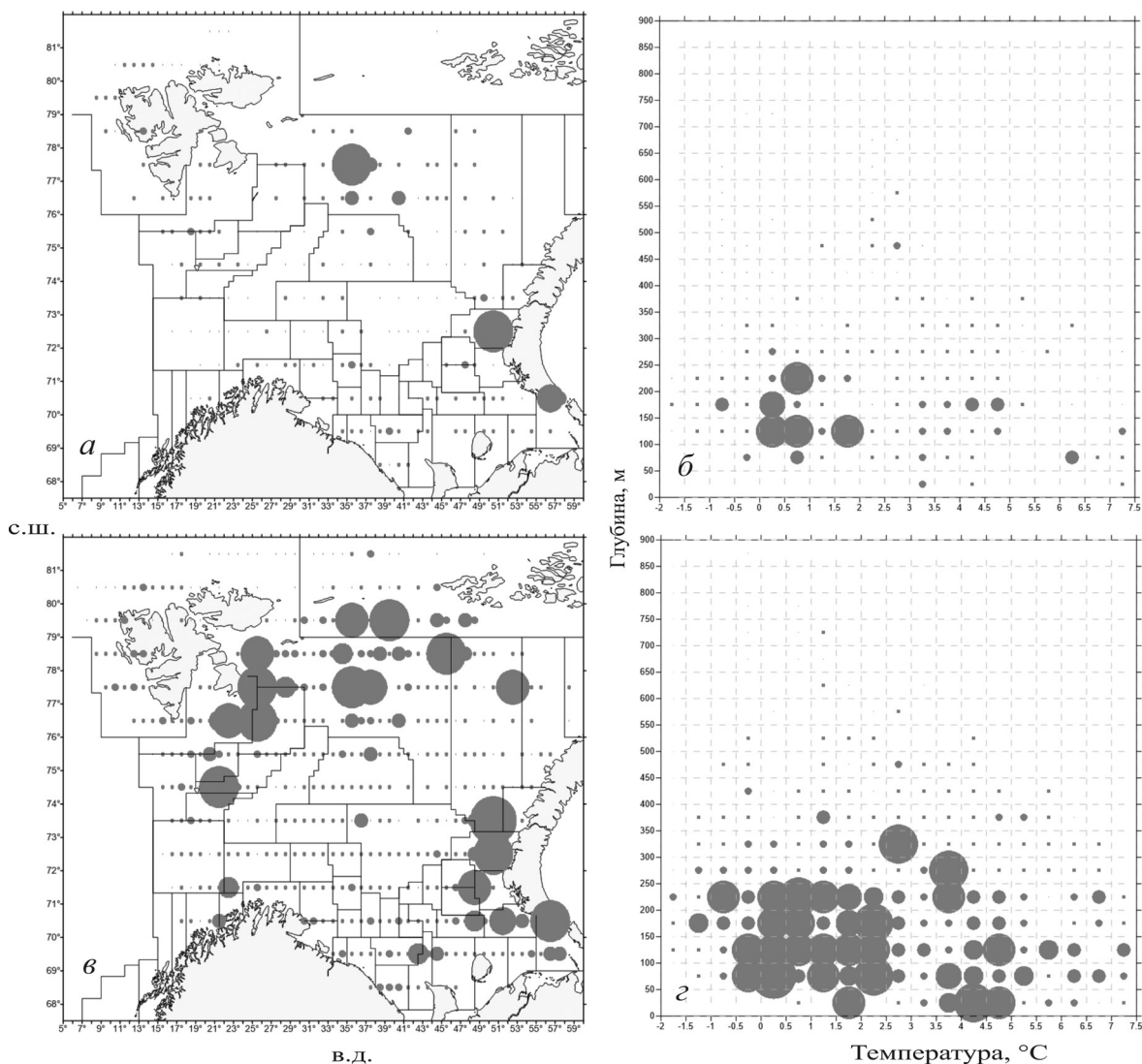


Рис. 3. Географическая (а, в) и батитермическая (б, г) проекции распределения трески (доля от общей массы улова в съемке) в августе-сентябре 2009 г. (а, б) и 2004–2013 гг. (в, г) в Баренцевом море.

течения. За анализируемый период времени наблюдалась повышенная адвекция теплых вод атлантического происхождения. По гидрологическому режиму воды Баренцева моря характеризовались как теплые (2011 г.) и аномально теплые (2004–2010 и 2012–2013 гг.) (<http://www.pinro.ru/15/index.php/ru/structure/labs/labhidro/kolasection>). В связи с притоком теплых вод, а также ростом численности популяции трески ее ареал в августе-сентябре увеличился с 250 (2004 г.) до 380 (2013 г.) тыс. кв. морских миль.

С 2004 по 2013 гг. в Баренцевом море преобладал (10,4%) батитермический диапазон с температурой воды 0–1°C и глубиной 200–300 м (рис. 4).

Наибольшие плотности скопления трески образовывала на мелководных участках (100–200 м) в широком диапазоне придонной температуры (0–4°C), где наблюдались наиболее благоприятные условия для нагула.

Индексы численности показали, что минимальное количество особей трески в возрасте более 2 лет наблюдалось в 2006 г. (368 млн экз.). Затем численность возросла и стабилизировалась на уровне 718–885 млн экз. (рис. 5).

На рабочей группе ICES (International council for the exploration of the Sea) по Арктическому рыболовству для настройки модели оценки запаса используются индексы численности трески, полученные по результатам экосистемной съемки посредством тралового метода с использованием WMO-квадратов (Prokhorova et al., 2013; Report ..., 2014).

Индексы численности, рассчитанные с применением батитермического метода районирования ареала, показывают более высокую согласованность возрастных групп по сравнению с используемым методом WMO-квадратов (таблица). Полученный результат свидетельствует о том, что факторы температуры воды и глубины обитания трески являются основными граничными ориентирами, которые участвуют в концентрации рыб разного возраста.

При использовании индексов численности, полученных с помощью батитермического районирования ареала в модели оценки запаса трески, общая биомасса в 2013 г. уменьшается незначительно (на 2,5%, или 90 тыс. т.) в сравнении с использованием индексов, полученных с помощью WMO-квадратов. Однако сумма среднеквадратичного отклонения остатков съемки снижается

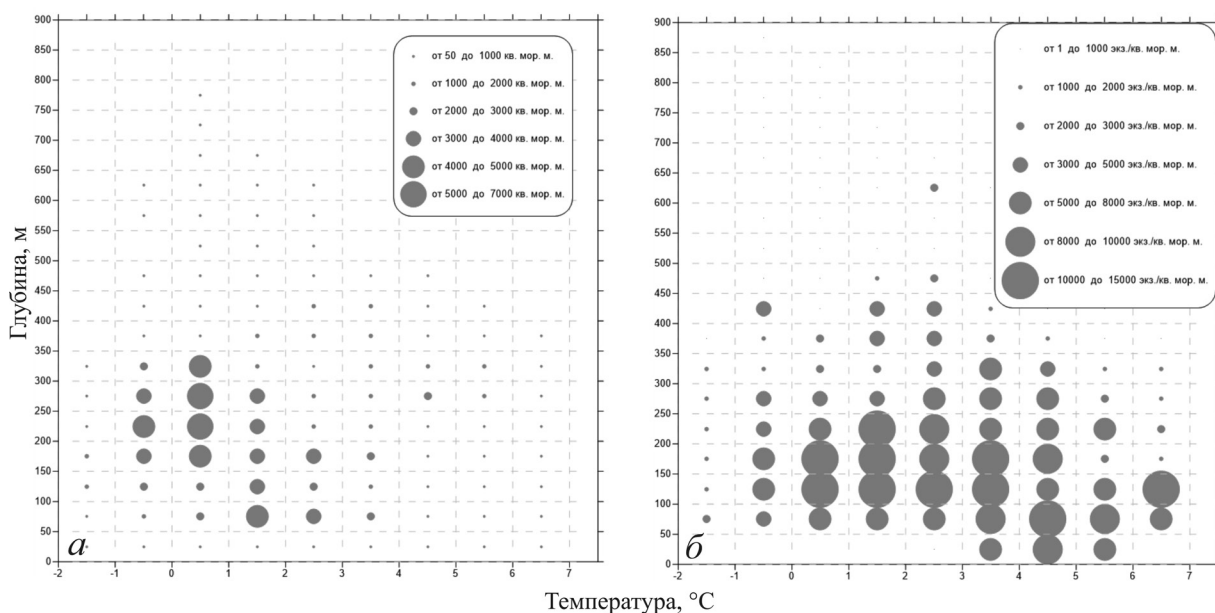


Рис. 4. Средняя площадь батитермического диапазона (а) и средняя плотность трески в нем (б) в Баренцевом море за период август-сентябрь 2004–2013 гг.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАЛОВОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ

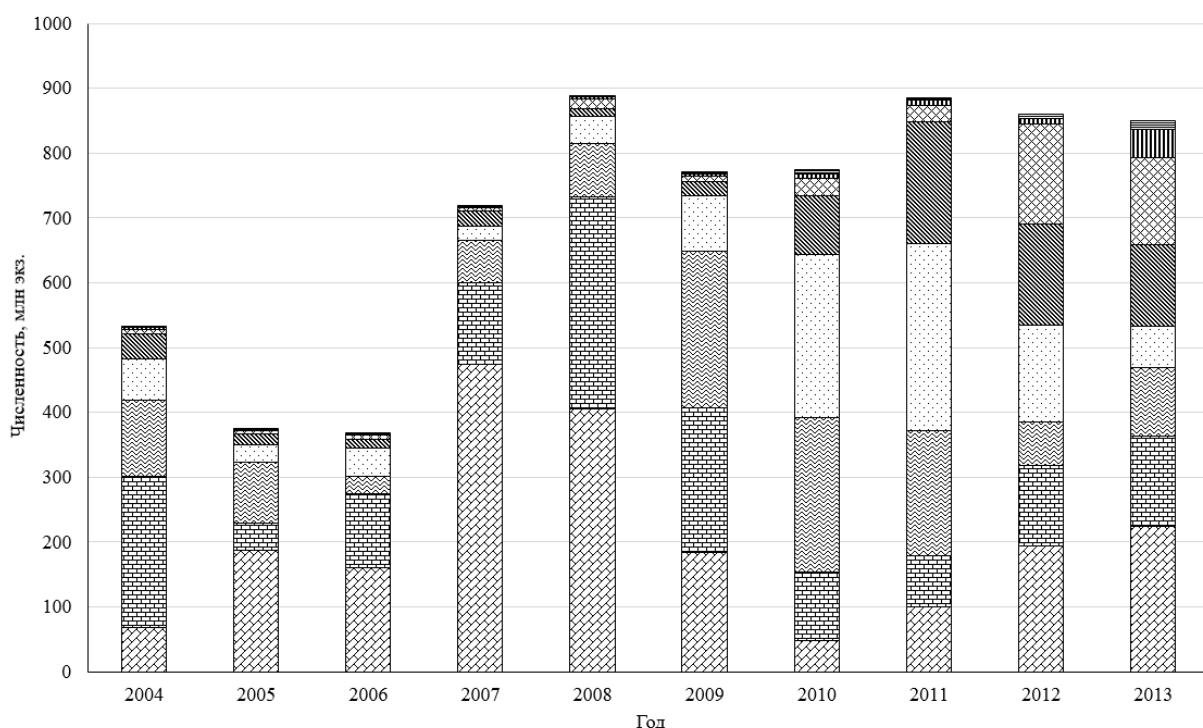


Рис. 5. Возрастная структура популяции трески, рассчитанная с использованием батитермического районирования ареала (возраст свыше 2 лет) в 2004–2013 гг. в Баренцевом море: (▧) – 3, (▨) – 4, (▩) – 5, (▪) – 6, (▫) – 7, (▬) – 8, (▭) – 9, (▮) – 10 лет.

Согласованность индексов численности возрастных групп трески в экосистемной съемке 2004–2013 гг., рассчитанных с помощью батитермического районирования ареала и метода WMO-квадратов

Метод	Возрастная группа, лет									
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10+
Батитермический	0,82	0,85	0,96	0,95	0,73	0,93	0,94	0,95	0,99	0,82
WMO-квадратов	0,91	0,67	0,87	0,84	0,49	0,84	0,85	0,83	0,94	0,85

Примечание. Полужирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты корреляции при сравнении результатов двух методов.

с 1,7 (метод WMO-квадратов) до 1,2 (батитермический метод); это свидетельствует о том, что модель оценки запаса лучше настраивается на экосистемную съемку с данными по численности, полученными с помощью батитермического метода районирования.

К особенностям применения данного метода можно отнести определение динами-

ческих границ батитермической проекции, которые характеризуются межсезонным непостоянством мест пересечения изобат меняющимися температурными границами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глубина моря и температура воды являются как ограничивающими, так и струк-

турирующими ареал трески на области, где концентрируются особи определенной возрастной группы. Полученные результаты расчетов свидетельствуют о том, что использование предлагаемого метода батитермического районирования в экосистемной съемке демонстрирует высокую согласованность индексов численности различных возрастных групп трески.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дубищук М. М., Лукацкий В. Б. Прогнозирование перспективных участков промысла на основе данных дистанционного зондирования температуры поверхности океана в Центрально-Восточной Атлантике // *Вопр. рыболовства.* 2013. Т. 14. № 3. С. 486–495.

Лукацкий В. Б., Дубищук М. М. Использование данных спутникового мониторинга температурных условий для оценки и прогнозирования промысловой обстановки в районе Центрально-Восточной Атлантики // Там же. 2013. Т. 14. № 3. С. 542–555.

Мурашко П. А. Влияние температуры и глубины обитания на распределение донных видов рыб в августе-сентябре в Ба-

ренцевом море // *Матер. Междунар. науч. конф. «Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа».* Вып. 12. М., 2014. С. 225–232.

Dickson W. Estimation of the capture efficiency of trawl gear. 1. Development of a theoretical model // *Fish. Res.* 1993a. V. 16. P. 239–253.

Dickson W. Estimation of the capture efficiency of trawl gear. 2. Testing a theoretical model // *Ibid.* 1993b. V. 16. P. 255–272.

Mehl S., Aglen A., Bogstad B. et al. Fish investigation in the Barents Sea winter 2007–2012 // *IMR-PINRO Joint Report Ser.* 2013. № 1/2013. 131 p.

Prokhorova T. A. (Ed.) Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea August-October 2013 // *Ibid.* 2013. № 4/2013. 131 p.

Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG) // *ICES CM.* 2014. № ACOM:05. 656 p.

Smirnov O. V. Stock status of Norwegian – Barents Sea population of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides* Walbaum) by the data from Russian trawl surveys for 1990–1995 // *Ibid.* 1996. № G:42. 13 p.

DEVELOPMENT TRAWL METHOD OF ESTIMATE FISH STOCKS BY MEANS OF BATHYMETRICAL ZONING

© 2016 y. P. A. Murashko

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk, 183038

The paper presents a method of estimating the abundance of marine stocks fish through bottom trawling method using bathymetrical zoning waters of distribution. Limit reference points for dividing the waters of the shooting in this method are the abiotic factors – water depth and temperature.

Keywords: estimate stocks, Northeast Arctic cod, the Barents Sea, water depth, water temperature, bathymetrical zoning.