

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНЕРА ЦВЕТНОСТИ ОКЕАНА (SEAWIFS) В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

В.Б. Тюрнин – МагаданНИРО

В настоящее время большой практический интерес для рыбохозяйственной науки представляет информация по содержанию хлорофилла «а» в поверхностных водах. Исходные данные в режиме реального времени можно получать с помощью сканера цветности океана SeaWiFS (США), установленного на спутниках серии OrbView-2. Начиная с сентября 1997 г. с периодичностью примерно 1 раз в 2 сут. спутник сканирует всю поверхность океанов и морей на каналах видимого спектра 412, 443, 490, 510, 555, 670 нм (Незлин Н.П. *Необычное цветение Черного моря в 1998 – 1999 гг. (Анализ спутниковых данных)* // «Океанология», 2001. Т. 41, № 3. С. 394–399). Спутниковая информация обрабатывается и хранится в виде карт цветности в национальном Годдардском космическом центре данных (США) и применяется для исследования биооптических характеристик акватории Мирового океана. Эти данные могут быть использованы в целях текущего и перспективного прогнозирования промысловой обстановки, для выявления высокопродуктивных районов и осуществления спутниковой поддержки экспедиций.

Установлены связи между различными цветовыми градациями спутниковых измерений хлорофилла «а» и продукционными показателями планктонных сообществ. На основе сопоставления спутниковых карт цветности с результатами судовых экспедиций разработаны первые методические рекомендации по оценке продуктивности различных акваторий Мирового океана и определению толщины слоя фотосинтеза, прозрачности, первичной продукции и запасов фито- и зоопланктона (Шушкина Э.А., Виноградов М.Е., Шеберстов С.В., и др. *Характеристика эпипелагических экосистем Тихого океана на основе спутниковых и экспедиционных данных. Запасы планктона в эпипелагиали* // «Океанология», 1995. Т. 35, № 2. С. 705–712; Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Ведерников В.И., и др. *Характеристика эпипелагических экосистем Тихого океана на основе спутниковых и экспедиционных данных. Абиотические параметры и продукционные по-*

казатели фитопланктона // «Океанология», 1995. Т. 35, № 2. С. 226–236; Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Ведерников В.И., и др. *Корреляционная связь различных параметров экосистемы эпипелагиали Мирового океана* // «Океанология», 1999. Т. 39, № 1. С. 64–74).

Материалами для оценки возможности применения данных сканера цветности к задачам исследования фоновых условий в северной части Охотского моря послужили среднемесячные карты цветности 3-го уровня, полученные из архива DAAC GSFC, CTD-данные и данные о концентрации хлорофилла «а», измеренные *in situ* флуориметром модели «Aquatracka» во время рейса НИС «Зодиак» в августе-сентябре 2000 г. Схемы распределения температуры, геострофических течений, районов максимальных биомасс планктона и массовых видов рыб и креветок, полученные во время донной траловой съемки в северной части Охотского моря, накладывались на спутниковую карту цветности 3-го уровня. В результате компьютерного сопоставления получился ряд комбинированных электронных карт-схем (рис. 1–4). Внизу на рис. 1 и 4 отображена шкала цветности концентрации хлорофилла (SeaWiFS), рассчитанная по оперативным биооптическим алгоритмам с учетом поправок на атмосферную коррекцию. Не вдаваясь в детали верификации спутниковых данных с наземными наблюдениями для определения «истинных концентраций», охарактеризуем результаты исследований.

Распределение температуры на поверхности. В период с 7 августа по 6 сентября 2000 г. область наиболее прогретых (до 14 °С) поверхностных вод наблюдалась в западной части акватории (см. рис. 1). На участке от Тауйской губы до зал. Шелихова сформировался поверхностный термический фронт с наиболее высокими горизонтальными градиентами температуры (до 0,13–0,21 °С на 1 милю) в районе выхода глубинных вод на поверхностные горизонты. В горле зал. Шелихова зарегистрирован абсолютный минимум температуры (0,9 °С), наблюдавший-ся в центральной части Ямского апвеллинга.

В целом распределение температуры было характерным для августа, когда максимум теплосодержания поверхностных вод в открытой части моря находится над районами, где на подповерхностных горизонтах присутствовали воды остаточного зимнего охлаждения с отрицательными значениями температуры. Интересной особенностью распределения хлорофилла явилось соответствие полосы свечения фитопигментов в области желтой градации цвета и термического фронта. Зарегистрирован ряд локальных «красных» максимумов в зал. Амахтонском, Бабушкина, Забияка и Шелихова, указывавших на продолжение вегетации фитопланктона.

Структура поверхностных течений. Полученная за период съемки схема геострофических течений в целом соответствовала ранее проведенным исследованиям (Чернявский В.И. *Особенности формирования термики деятельного слоя Охотского моря* // Владивосток: Тихоокеанский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, 1992. С. 91–104; Лучин В.А. *Циркуляция вод Охотского моря и ее особенности внутригодовой изменчивости по результатам диагностических расчетов* // Труды ДВНИИ, вып. 36. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 3–13). На рис. 2 среди основных элементов течений можно выделить циклоническую циркуляцию в западной части акватории, Ямский апвеллинг, Ямское течение, антициклонические циркуляции в районе впадины ТИНРО, Гижигинской губы и зал. Забияка. Система поверхностных течений в районе проведения съемки объективно отражала распределение вод с различными цветовыми характеристиками. Выявленный в зал. Бабушкина и Забияка совмещенный максимум свечения фитопигментов образовался в районе интенсивного приливного перемешивания (Зуенко Ю.И. *Влияние приливного перемешивания на биопроductивность дальневосточных морей*. В сб.: *Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана* // Владивосток: Тихоокеанский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, 1992. С. 46–56). Помимо эффектов приливного характера, выравнивающих верти-

кальные градиенты гидрохимических характеристик вод, в этих бухтах отмечается антициклонический тип циркуляции, способствующий механическому накоплению планктона. Благодаря подтоку глубинных вод, обогащенных биогенами из Ямского апвеллинга, этот район в северной части Охотского моря считается одним из самых высокопродуктивных (Чернявский В.И., Бобров В.И., Афанасьев Н.Н. *Основные продуктивные зоны Охотского моря // «Изв. Тихоокеанского НИИ рыбного хозяйства и океанографии», 1981. Т. 105. С. 20–25*). Это положение получило подтверждение в результате выполненной съемки НИС «Зодиак». Интересно, что образовавшаяся цепь микровихрей по северной периферии апвеллинга обеспечивает доступ биогенов в район выявленного с помощью спутника «красного» максимума и далее – в Тауйскую губу. По южной периферии осуществляется перенос фитопигментов с более высокими значениями хлорофилла (преимущественно желтой цветовой градации) в систему циклонической циркуляции зал. Шелихова. В центральной части залива сформировался обширный экстремум желтого цвета, который в районе горла сопрягается с прибрежными водами Западной Камчатки. В системе антициклонической циркуляции Гижигинской губы некоторый рост продуктивности вод отмечен по направлению к берегу. Высокие биооптические показатели продуктивности поверхностных вод наблюдались в Пенжинской губе и Амахтонском заливе Тауйской губы, обследовать которые не удалось. Наиболее вероятной причиной образования «красного» максимума свечения фитопигментов в Амахтонском заливе может быть воздействие речного стока, где наряду с интенсивным прогревом этой мелководной акватории сложились благоприятные условия для вегетации фитопланктона (Чернявский В.И., Радченко Я.Г. *Физико-географическое описание Тауйской губы Охотского моря. Сб. научных трудов. Вып. 308. Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе // Спб.: ГосНИОРХ, 1994. С. 10–24*). По данным спутниковых наблюдений одной из перспективных акваторий на предмет изучения сырьевой базы является Пенжинская губа, где, видимо, доминирующая роль в формировании максимума свечения фитопигментов в августе 2000 г. принадлежала приливной трансформации водных масс. В Притауйском районе наблюдалась конвергенция поверхностных потоков североохотоморского циклонического вихря, антициклонической циркуляции впадины ТИНРО и вод Тауйской губы. В зоне сходимости преобладали цветные характеристики сине-зеленой градации, что свидетельствует о транзите в этот район менее продуктивных вод открытой части моря.

Распределение температуры на придонных горизонтах и районы концентра-

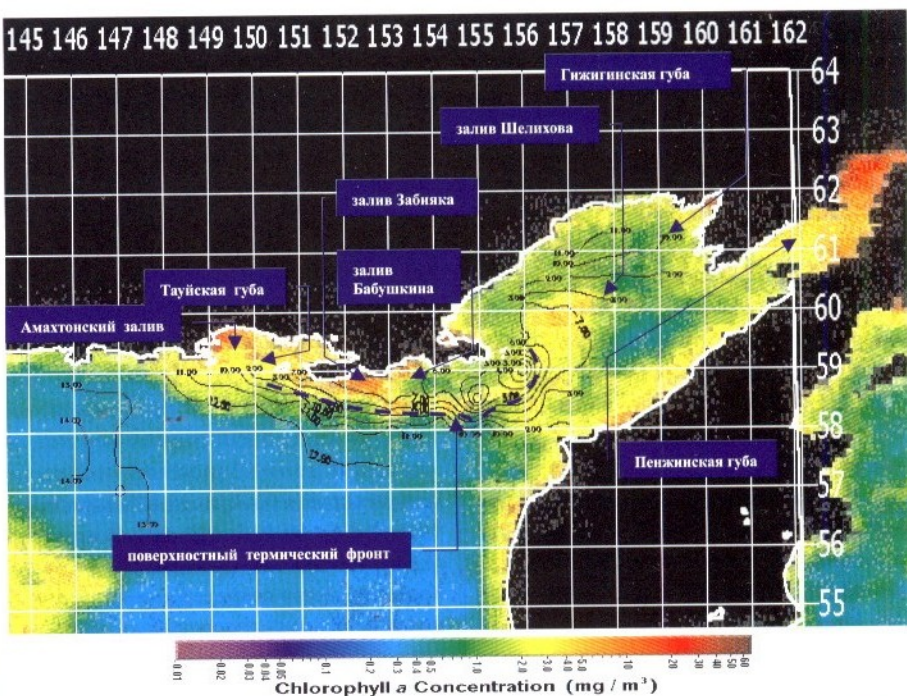


Рис. 1. Распределение температуры воды на поверхности (t в $^{\circ}\text{C}$) по данным НИС «Зодиак» и хлорофилла «а» (mg/m^3) по спутниковым измерениям (SeaWiFS) в августе 2000 г.

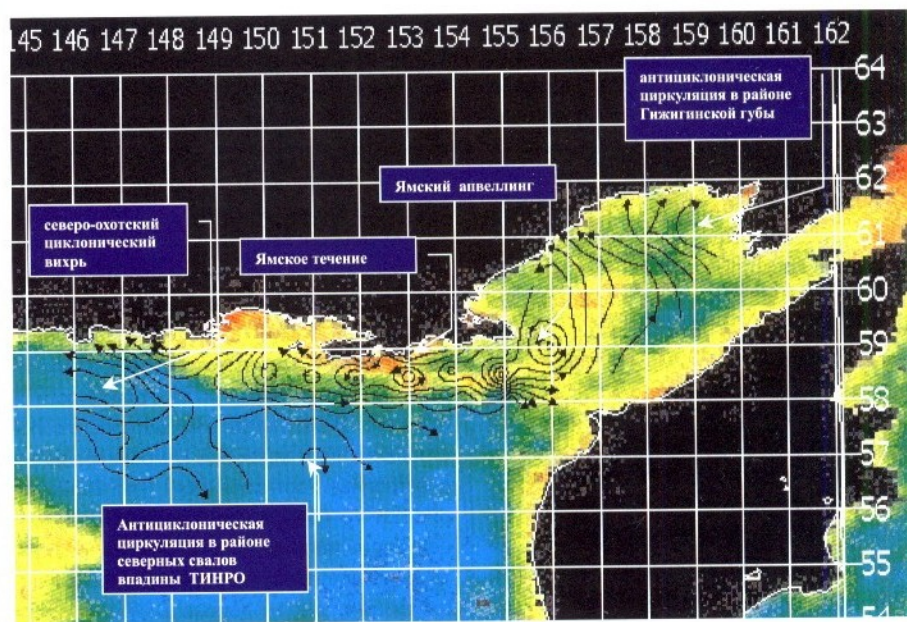


Рис. 2. Схема геострофической циркуляции в северной части Охотского моря в августе 2000 г., построенная относительно 50 дцб

ции некоторых видов рыб и креветок. В период проведения съемки температурный режим у дна характеризовался наличием обширного холодного подповерхностного слоя (ХПС) на западном участке акватории с экстремально низкой температурой (до $-1,73^{\circ}\text{C}$) в центре ядра (см. рис. 3). Второй участок, где присутствовали воды остаточного зимнего охлаждения, выявлен в центральной части зал. Шелихова. Минимальная температура у дна составила $-0,8^{\circ}\text{C}$. По материалам донных тралений в центральной части североохотоморского «ядра холода» (температурный диапазон $-1,5...-1,7^{\circ}\text{C}$) отмечались скопления сахалинской и палтусовид-

ной камбал, козырькового и обыкновенного шримса (Вышегородцев В.А., Панфилов А.М. *О результатах донной траловой съемки в северной части Охотского моря на НИС «Зодиак» в августе-сентябре 2000 г. Сб. научных трудов. Вып. 1. Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря // Магадан: Магаданский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, 2001. С. 7–36*). В центральной части североохотоморского циклонического вихря зафиксированы приловы сельди, которая, видимо, держалась на поверхностных горизонтах и облавливалась в момент подъема трала. На восточной пери-

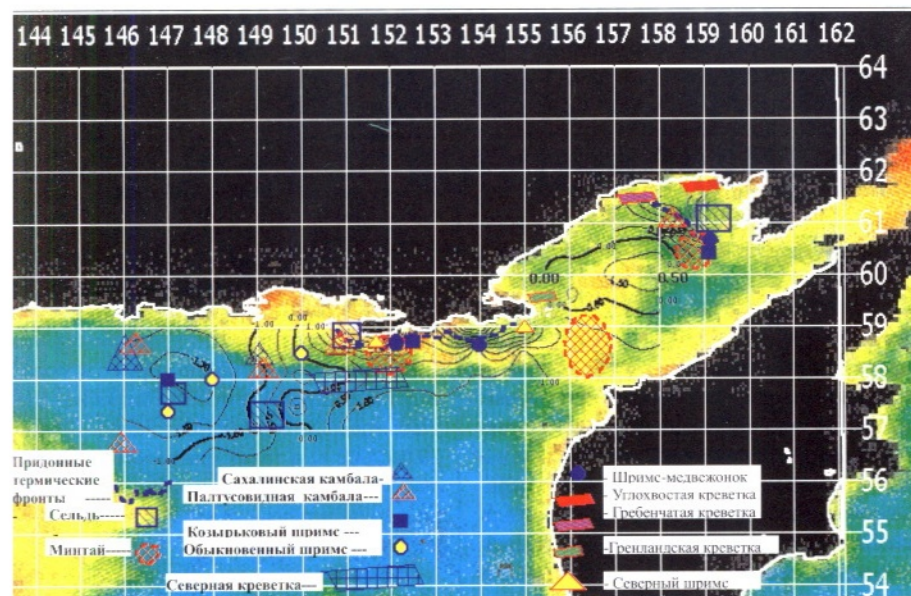


Рис. 3. Распределение температуры у дна и районы концентрации некоторых массовых видов рыб и креветок (по данным НИС «Зодиак»)

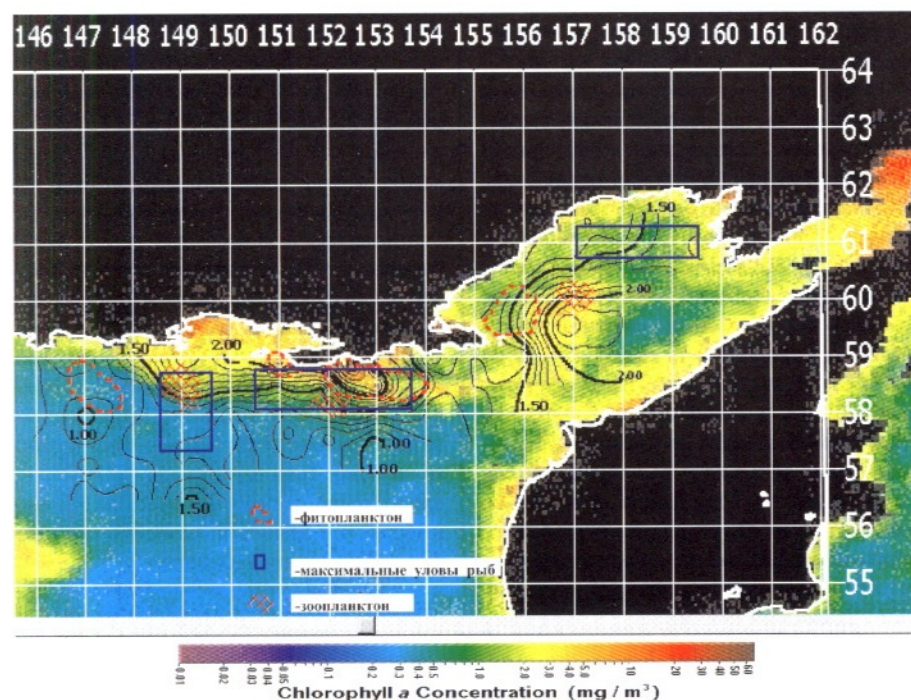


Рис. 4. Распределение хлорофилла «а» на поверхности по спутниковым (SeaWiFS) и судовым (НИС «Зодиак») данным в районах северной части Охотского моря, где отмечаются максимальные биомасса фитопланктона, зоопланктона и уловы рыб

ферии «ядра холода», в точке замыкания на грунт изотермы 0 °С, концентрировались северная креветка и обыкновенный шримс. В прибрежной части п-ва Кони (Ямские острова) сформировался придонный термический фронт с максимумом теплосодержания в зал. Бабушкина и Забияка. К зоне фронта были приурочены скопления сельди, минтая, северного шримса, шримса-медвежонка и козырькового шримса. Аналогичная фронтальная система выявлена в Гижигинской губе. На участке с придонными градиентами температуры 0,1–0,2 °С на 1 млю наблюдались максимальные уловы сельди, минтая, палтусовидной камбалы, гребенчатой и углохвос-

той креветок. В зал. Шелихова скопления гребенчатой креветки и минтая соответствовали местоположению придонной изотермы 0 °С, где поверхностные воды имеют разные биооптические характеристики. Закономерности распределения температуры придонных вод, полученные в ходе съемки, могут быть использованы в прогностических целях.

Особенности горизонтального распределения хлорофилла «а» по спутниковым и экспедиционным данным. Общее представление о возможности использования данных 3-го уровня спутникового мониторинга для локализации районов высокой биологической продуктивности дает рис. 4. Сравни-

тельный анализ биооптических характеристик вод и судовых наблюдений показал сопряженность максимумов хлорофилла, выявленных в зал. Бабушкина, Забияка и центральной части зал. Шелихова. Можно сделать важный вывод о соответствии прибрежного максимума с полями повышенных биомасс фитопланктона, продолжавшего развиваться в августе. Выделяются следующие особенности распределения районов наиболее высоких концентраций планктона и рыб. Во-первых, в период проведения съемки на акватории от п-ва Лисянского до мыса Тайнонос (зал. Шелихова) удалось выделить три участка с классической схемой распределения высоких биомасс фитопланктона, зоопланктона и максимальными уловами рыб. Один из них находится в районе восточной периферии североохотоморского «ядра холода», второй – на прибрежной акватории п-ва Кони, третий – в зал. Шелихова. Во-вторых, переходные зоны, где наблюдались значительные изменения биооптических характеристик поверхностных вод, соответствовали концентрации изолиний хлорофилла «а» с высокими горизонтальными градиентами, измеренными судовым флуориметром. Несмотря на существенные различия термических режимов, в этих районах наблюдалась приуроченность промысловых объектов и кормовых полей планктона к высокоградиентным районам с резкой сменой цветовых характеристик моря.

Tyurin V.B.

Results of application of the ocean – colours scanner (SeaWiFS) for fisheries researches in the northern part of the Sea of Okhotsk

In the publication the results of comparison of satellite measurements chlorophyll «a» (SeaWiFS) in northern part of the Sea of Okhotsk with materials complex bottom-trawl of survey SRV «Zodiak» are resulted. On the data CTD off survey are considered oceanology a condition of formation of areas of high biological productivity usual in August, 2000. It is marked conformity of the highest biomass planktons, mass species of fishes and shrimps to peripheral areas medium and micro of circulating systems, to areas with the maximal contents chlorophyll and high horizontal gradients of temperature. The received circuit of circulation will well be coordinated to distribution of waters of various colour gradations (SeaWiFS). The interpretation satellite dates of 3 level has shown conformity of maximal chlorophyll with ship measurements executed in expedition with the help fluorometer. The carried out analysis of the satellite and data off expedition has allowed to allocate a number perspective for fishery commercial development of water areas in northern part of the sea.