



А. Л. Сальман
А. А. Бржезинский

**Использование данных
об окружающей среде
для оптимизации
рыбопромысловой
деятельности**

Учебное пособие

Издательство "ЛИТ»



СТТ Марин Сервис

А. Л. Сальман, А. А. Бржезинский

**Использование данных
об окружающей среде
для оптимизации
рыболовственной
деятельности**

Учебное пособие

*Издательство "ЛИТ"
Владивосток
2024*

УДК 639.2.053:551.46.09(078)
ББК 47.221
С16

Авторы:

Сальман Александр Леонидович
Бржезинский Анатолий Александрович

Сальман А. Л., Бржезинский А. А.
С16 Использование данных об окружающей среде для оптимизации
рыбопромышленной деятельности : учебное пособие / А. Л. Сальман,
А. А. Бржезинский. – Владивосток : Издательство ЗАО ЛИТ, 2024. – 56 с. : ил.

ISBN 978-5-6051929-0-9

В книге рассматривается использование современных технологий получения и визуализации океанографических данных для повышения эффективности промысла морских биоресурсов. Авторы предлагают экипажам рыбопромысловых судов на регулярной основе использовать диагностические и прогнозные карты метеорологической, океанографической и биологической обстановки для выявления благоприятных для промысла зон. Книга представляет интерес для капитанов морских рыбопромысловых судов, специалистов в области промысла морских биоресурсов и студентов профильных специальностей

УДК 639.2.053:551.46.09(078)
ББК 47.221

ISBN 978-5-6051929-0-9

© ООО «СТТ Марин Сервис», 2024

Оглавление

Введение	5
1. Источники данных об атмосфере и о морской среде	6
2. Типы используемых данных	9
2.1. Метеорологические данные	10
2.2. Океанографические данные	13
2.2.1. Аномалии высоты морской поверхности	14
2.2.2. Геострофические течения	18
2.2.3. Течения на разных глубинах	20
2.2.4. Показатель Ляпунова	21
2.2.5. Температура морской поверхности	22
2.2.6. Температура воды на разных глубинах	26
2.2.7. Термоклин	27
2.2.8. Солёность воды	29
2.2.9. Прогнозирование океанографических данных	30
2.3. Биологические данные	31
2.3.1. Распределение фитопланктона	32
2.3.2. Распределение зоопланктона	34
2.3.3. Распределение микронектона	36
2.3.4. Распределение промысловых видов морских биоресурсов	40
3. Анализ метеорологических, океанографических и биологических данных	41
3.1. Визуализация данных	42
3.2. Двухоконный режим визуализации данных	43
3.3. Построение вертикальных сечений	44
3.4. Отображение вертикальных профилей	45
3.5. Карты изменений	46
3.6. Фильтрация данных	47
3.7. Журнал уловов	48
3.8. Статистический анализ данных	49
3.9. Карты благоприятности обстановки для промысловой деятельности	51
3.10. Вспомогательные сервисы	52
Заключение	54



Введение

Бурное развитие спутниковых группировок, вычислительной техники, методов математического моделирования, геоинформационных систем позволяет формировать новые подходы во многих областях человеческой деятельности. Не является исключением и промысел морских биоресурсов.

Выбор капитанами морских судов времени, места и особенностей выполнения промысловых операций чаще всего опирается на накопленный ими опыт, на понимание основных принципов распределения биоресурсов в морских водах, на метеорологические наблюдения.

Однако следует принимать во внимание, что перемещения рыбы в морской среде зависят от большого количества разнообразных факторов метеорологического, океанографического и биологического характера. В связи с этим периодическая оценка текущего состояния атмосферы и морской среды может помочь в выявлении зон, особо благоприятных для выполнения промысловых операций.

Но экипаж промыслового судна не может постоянно выполнять измерения большого количества различных параметров атмосферы и морской среды. Возможны лишь эпизодические измерения некоторых значений в точке, соответствующей текущему местоположению судна. Такие данные не позволяют оперативно выбирать оптимальное место для выполнения промысловых операций, так как экипаж не может оценить все тенденции изменения метеорологических и океанографических факторов на обширной морской акватории.

Важным методом оптимизации промысловой деятельности является регулярное получение экипажем судна диагностических и прогнозных карт метеорологической, океанографической и биологической обстановки на всю интересующую акваторию, анализ этой информации и выявление благоприятных для промысла зон. Для этого на борту промыслового судна размещается персональный компьютер с программным обеспечением, позволяющим получать через спутниковую связь такие карты, а затем оперативно анализировать полученные данные для выявления географических зон, наиболее благоприятных для выполнения промысловых операций.

1. Источники данных об атмосфере и о морской среде

Для формирования ежедневных диагностических карт метеорологической, океанографической и биологической обстановки используют три основных источника данных:

- измерения параметров атмосферы и океана с помощью метеорологических и океанографических спутниковых систем;
- измерения параметров атмосферы и океана с помощью метеорологических станций, океанографических буев и морских исследовательских судов;
- математическое моделирование процессов, протекающих в атмосфере и в морской среде.

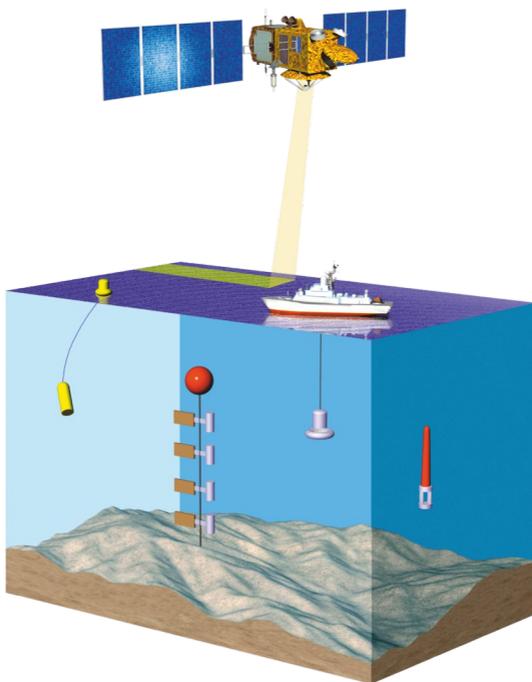


Рис. 1. Способы получения океанологической информации:

- спутниковые измерения параметров морской поверхности;
- исследования научно-исследовательских судов;
- измерение параметров морской среды морскими буями.

В течение нескольких десятилетий метеорологические и океанографические спутниковые системы ежедневно выполняют измерения всевозможных параметров, позволяя получать информацию о состоянии атмосферы и морской среды в любой точке планеты. Соответствующие банки данных ежедневно пополняются актуальной информацией. В случае получения данных об одном из параметров сразу с нескольких космических аппаратов практикуется формирование композитных карт, учитывающих результаты измерений, выполненных всеми эксплуатируемыми спутниками.

Основными преимуществами спутниковых данных являются их глобальный охват, возможность наблюдения за обширными акваториями, ежедневное обновление информации. Главными недостатками являются низкое пространственное разрешение некоторых типов данных, а также временные задержки при поставке спутниковой информации. При этом следует отметить, что указанные недостатки не мешают использовать такие данные для оптимизации промышленной деятельности, так как распределение биологических ресурсов в морской среде зависит от поведения достаточно крупных водных структур, которые видоизменяются не слишком быстро. В связи с этим имеющегося разрешения спутниковых данных и достигаемой оперативности их поставки оказывается достаточно для решения задач, рассматриваемых в настоящем документе.

Однако следует заметить, что океанографические спутниковые системы способны выполнять измерения параметров только поверхностного слоя воды. Информация о состоянии морской среды на различных глубинах не может быть получена с помощью космических систем.

Для сбора данных о фактическом состоянии морской среды под поверхностью океана используются научные морские суда, а также океанографические буи различных типов, регулярно выполняющие измерения в различных частях Мирового океана и оперативно передающие информацию через спутниковые системы. В течение десятков лет тысячи буев непрерывно используются мировым научным сообществом с целью анализа, систематизации и прогнозирования процессов, протекающих в атмосфере и в океане.

Выполняемые таким образом измерения исключительно точны, могут выполняться с высокой интенсивностью, но соответствуют только тем позициям, в которых находятся измерительные средства.

Состояние измеряемых параметров в прочих точках исследуемой акватории остается неизвестным.

Для получения информации о состоянии морской среды в любой точке Мирового океана и на любой глубине используются методы математического моделирования. Трехмерные модели океана активно эксплуатируются в течение многих лет. В качестве исходных данных для расчетов используются спутниковые измерения и результаты функционирования океанографических буев. Эти же данные используются для верификации и доработки моделей.

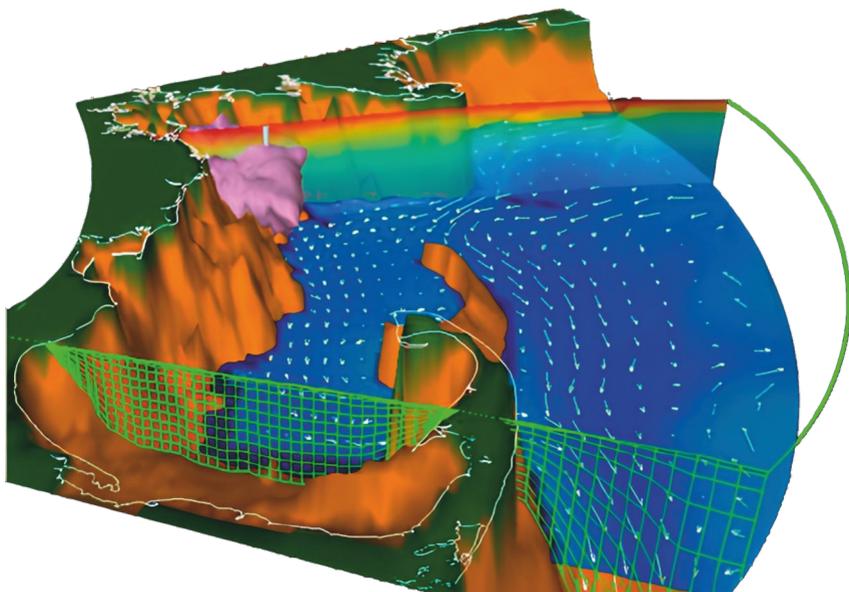


Рис. 2. Образное представление математической модели морской среды.

Точность информации, получаемой таким образом, и пространственное разрешение данных заметно ниже по сравнению с непосредственными измерениями. Но эта технология позволяет получать информацию, которая не может быть собрана иными способами. Кроме того, океанографические и метеорологические модели позволяют формировать прогнозы на несколько суток вперед, что является главным преимуществом этого метода оценки состояния атмосферы и океана.

2. Типы используемых данных

Для оптимизации рыбопромысловой деятельности используются три типа данных:

- метеорологические;
- океанографические;
- биологические.

Метеорологические данные содержат информацию о состоянии атмосферы, а также о состоянии морской поверхности под воздействием погодных условий. Опираясь на эти данные, можно анализировать погодные условия, которые оказывают влияние на рыболовство: атмосферное давление, ветер, волнение моря.

Океанографические данные включают в себя разнообразную информацию о состоянии морской среды, такую как температура воды, соленость, течения и другие параметры, которые могут влиять на распределение и поведение рыб.

Биологические данные позволяют оценить информацию о биомассе, содержащейся в морской среде и определить наиболее эффективные методы ловли.

Распределение различных видов промысловых объектов во многом зависит от совокупности множества факторов. Поэтому для определения наиболее благоприятных районов промысла для каждого вида биоресурсов необходимо проводить комплексный анализ данных различных типов.



2.1. Метеорологические данные

Данные о погоде используются экипажем промышленного судна как для оценки вероятности встречи с морскими биоресурсами в той или иной части акватории, так и для повышения безопасности мореплавания и выполнения промысловых операций.

Основными параметрами, используемыми для оценки метеорологической обстановки в зоне промысла, являются:

- атмосферное давление;
- сила и направление ветра;
- интенсивность и направление зыби;
- высота волн;
- распределение облачности.

Обычно такая информация предоставляется в виде карт, на которых значения параметров представлены цветовой гаммой или изолиниями, а направления – векторами.

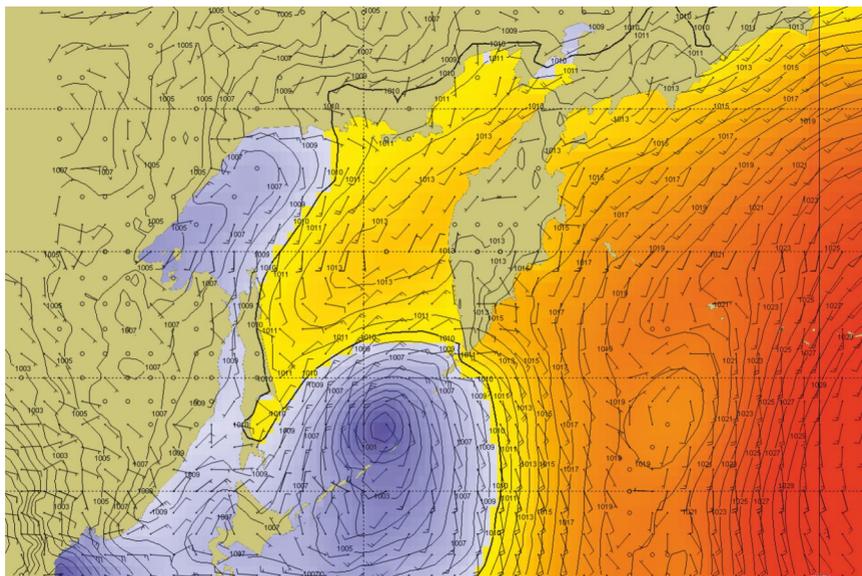


Рис. 3. Карта метеорологического прогноза с обозначением атмосферного давления, изобар, направления и скорости ветра.

Карты формируются с помощью глобальных метеорологических моделей. Пространственное разрешение этих информационных слоев может составлять около 50 км, что вполне достаточно для общей оценки состояния атмосферы в зоне промысла.

Но особую ценность представляют собой не диагностические карты текущей метеорологической обстановки, а прогнозная информация. Модели, используемые для формирования диагностических карт, позволяют также формировать метеорологические прогнозы на несколько суток вперед с высокой дискретностью. Пользователь может получать прогнозы о том, каково будет состояние атмосферы через 6, 12, 18 часов и т. д.

Такая информация позволяет планировать промысловые операции с учетом особенностей метеорологической обстановки, снижая тем самым риски, связанные с деятельностью в неблагоприятных погодных условиях.

Для промысловых судов, работающих в высоких широтах в зимний период, особую важность приобретает информация о ледовой обстановке. Планирование промысловых операций вблизи ледовой кромки или непосредственно в зонах разреженного дрейфующего льда может быть оптимизировано благодаря использованию диагностических карт сплоченности льда и толщины льда, а также данных о направлении и скорости дрейфа ледовых полей. Пространственное разрешение таких информационных продуктов может достигать 12,5 км, что вполне достаточно для общего долгосрочного планирования промысловой деятельности, но, к сожалению, не слишком подходит для принятия точечных оперативных решений в непосредственной близости от опасных ледяных образований.

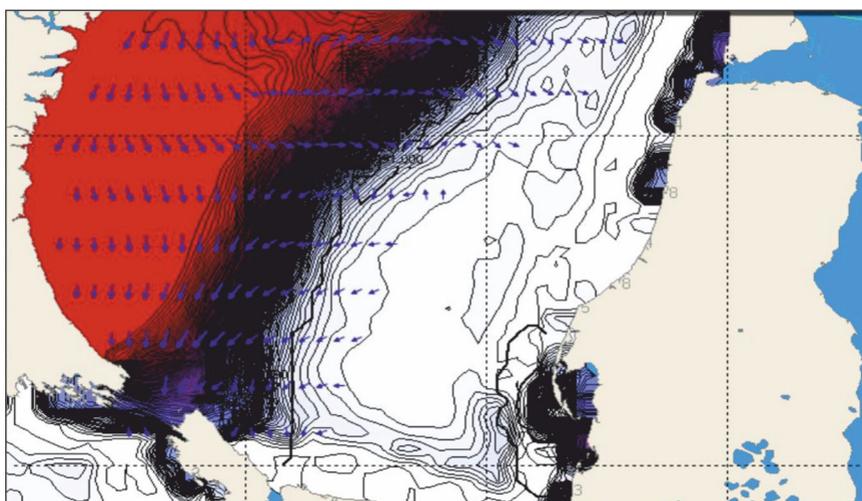
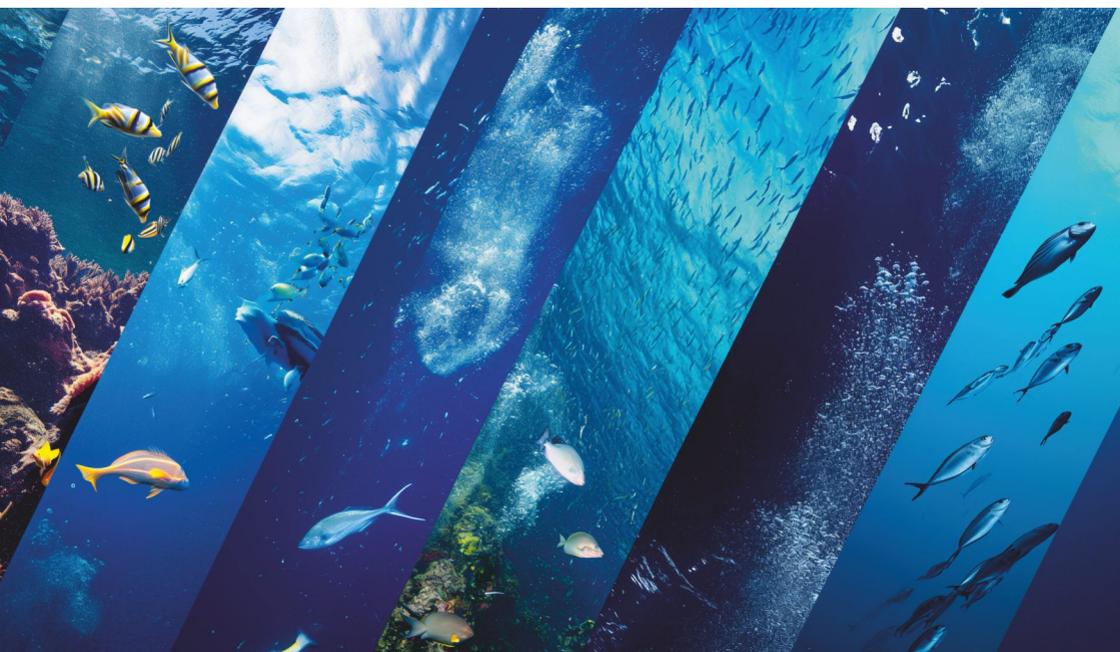


Рис. 4. Карта ледовой обстановки с обозначением толщины, сплочённости и направления дрейфа.



2.2. Океанографические данные

Океанографическая информация является основой для анализа состояния морской среды с целью выбора географических зон, наиболее благоприятных для промысла того или иного вида биоресурсов. Информационные слои формируются на базе спутниковых измерений, результатов моделирования и накопленных ранее статистических данных.

Каждый вид океанографических данных имеет свои особенности и оказывает определенное влияние на распределение биомассы в океане.

Важно отметить, что океанографическая информация также используется для прогнозирования будущих изменений в морской среде. Это позволяет рыболовным компаниям планировать свою деятельность, минимизировать риски и максимизировать эффективность.

2.2.1. Аномалии высоты морской поверхности

Данные об аномалиях высоты морской поверхности являются основной, базовой информацией о состоянии морской среды. Поверхность океана является неоднородной. Плотность воды в поверхностном слое зависит от ее температуры и солености. В связи с этим плотность может изменяться из-за различных явлений, например из-за выпадения большого объема осадков. Это приводит к тому, что в некоторых зонах морской акватории образуются выпуклости морской поверхности (положительные аномалии), тогда как в других зонах наблюдаются впадины (отрицательные аномалии).

Амплитуды изменений высоты моря невелики. Однако такие аномалии затрагивают большие площади поверхности океана, а значит связаны с огромными объемами воды. Столь неоднородное распределение водных масс приводит к интенсивным динамическим процессам в морской среде и непосредственно влияет на распределение как питательных веществ, так и морских биоресурсов.

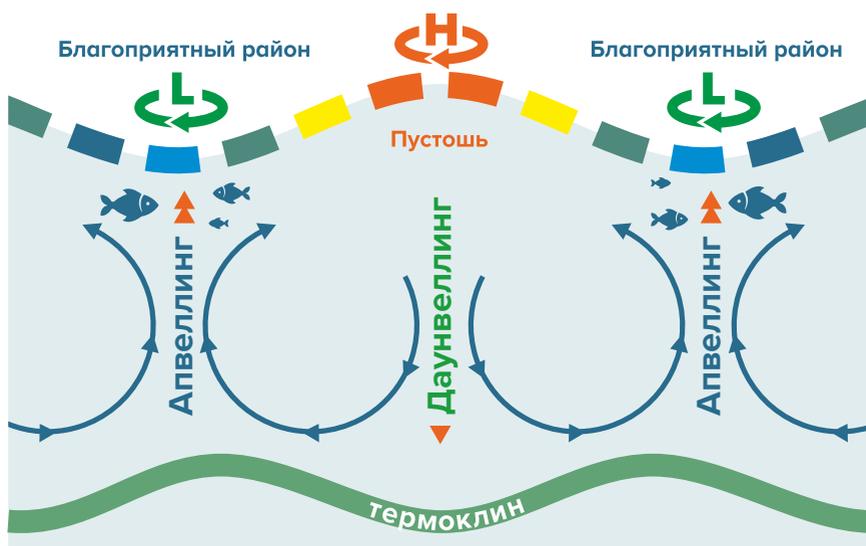


Рис. 5. Океанологические процессы, связанные с альтиметрическими аномалиями.

В тех зонах, где наблюдаются положительные аномалии высоты морской поверхности, возникает эффект даунвеллинга: большая масса воды в поверхностном слое давит на холодные глубинные воды, что приводит к удалению от поверхности воды термоклина (слоя воды, в котором соседствуют теплые поверхностные и холодные глубинные воды).

В зонах отрицательных аномалий происходит обратный процесс (апвеллинг). Зона термоклина поднимается, холодные глубинные воды оказываются на небольшом расстоянии от морской поверхности, на них начинает оказывать влияние солнечный свет.

Необходимо отметить, что находящиеся на глубине холодные воды богаты всевозможными питательными элементами. Как только солнечный свет проникает в эти водные слои, в них начинает бурно развиваться фитопланктон, которому для интенсивного роста необходимы питательные вещества и солнечная энергия. В результате зоны отрицательных аномалий становятся местами формирования элементов питания для всей трофической цепи морской экосистемы. Именно к этим участкам акватории будут стремиться все живые организмы, в том числе и крупные хищники.

При этом следует учитывать, что обычно крупная рыба предпочитает теплые воды, в которых у нее значительно улучшается метаболизм. Поэтому рыба будет находиться вблизи фронтальных зон, на границах между положительными и отрицательными аномалиями высоты морской поверхности. Она будет заходить в зоны отрицательных аномалий для питания и перемещаться в зоны положительных аномалий в прочие периоды.

Карты аномалий высоты морской поверхности формируются на базе спутниковых измерений. Альтиметрический космический аппарат регулярно обеспечивает высокоточные измерения расстояния между собственным местоположением и поверхностью воды в точке непосредственно под своей орбитой. Это расстояние определяется по времени прохождения радиолокационного сигнала от спутника до морской поверхности и обратно. Используя точную информацию о параметрах орбиты космического аппарата, удастся точно рассчитать абсолютную высоту морской поверхности.



Рис. 6. Измерение высоты морской поверхности при помощи спутниковых альтиметров.

Такие измерения постоянно выполняются вдоль всей орбиты космического аппарата. В дальнейшем собираются результаты измерений нескольких эксплуатируемых одновременно альтиметрических спутников, данные интерполируются и ежедневно формируется единая композитная карта аномалий высоты морской поверхности.

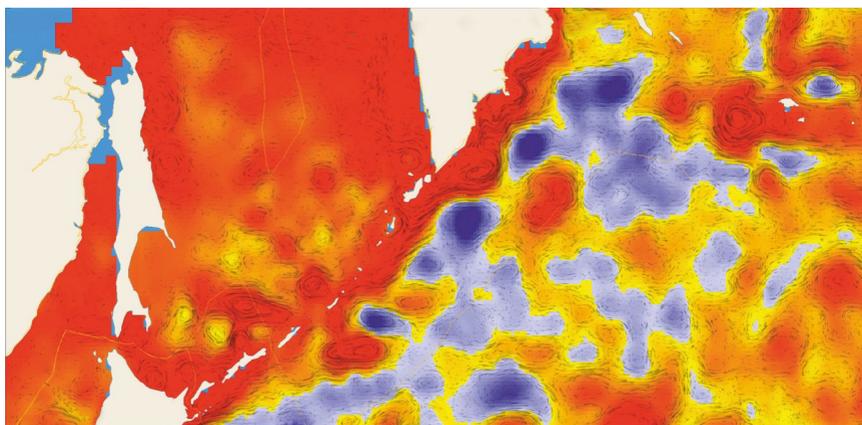
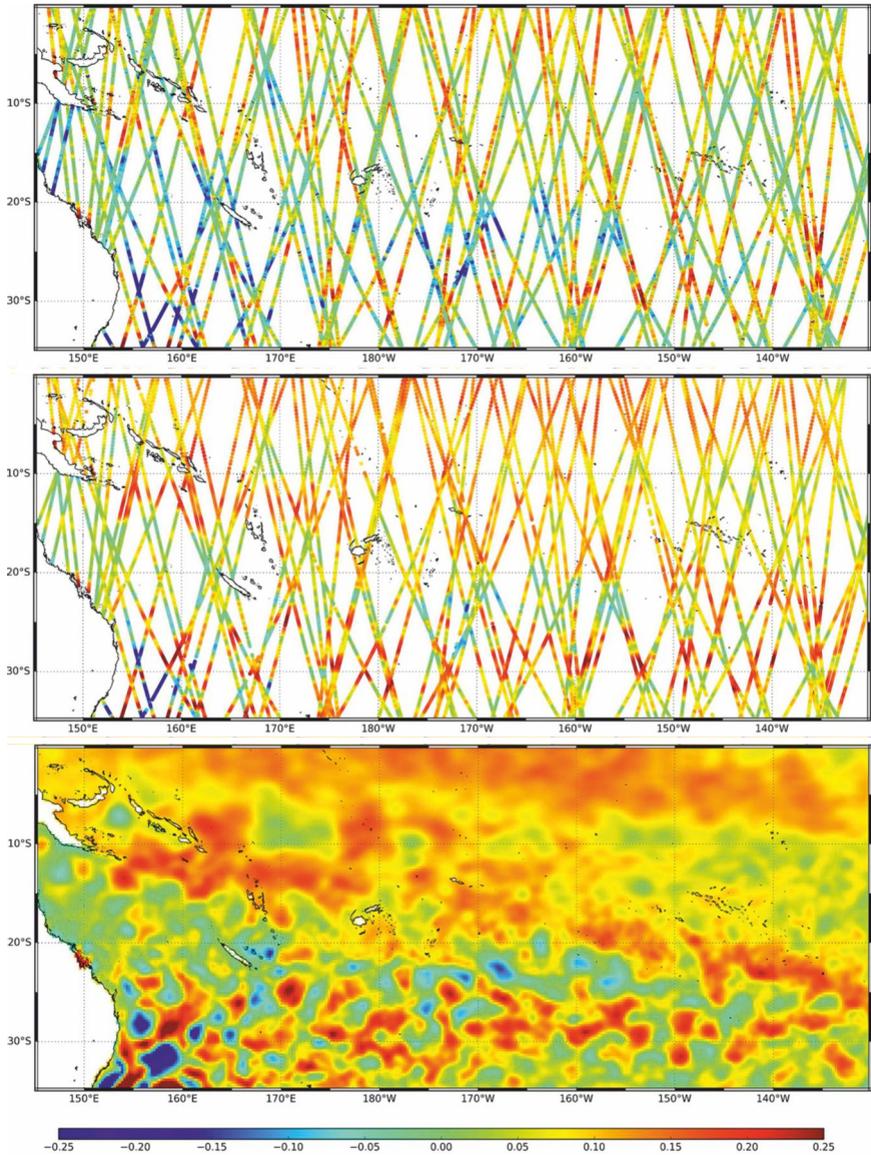


Рис. 7. Карта аномалий высоты морской поверхности.

Альтиметрия — это раздел геометрии, связанный с измерением высот. В океанологии используют данные спутниковой альтиметрии для определения высоты морской поверхности относительно земного эллипсоида.



Аномалия высоты морской поверхности, м.

Рис. 8. Формирование карты альтиметрических аномалий на основе результатов измерений высоты морской поверхности различными спутниковыми альтиметрическими системами.

2.2.2. Геострофические течения

В результате возникновения положительных и отрицательных аномалий высоты морской поверхности огромные водные массы приходят в движение. Под влиянием силы Кориолиса возникает вращательное движение воды вокруг аномалий, называемое геострофическим течением.

В северном полушарии геострофические течения вокруг положительных аномалий направлены по часовой стрелке, а вокруг отрицательных аномалий – против часовой стрелки. В южном полушарии водные массы движутся в обратном направлении.

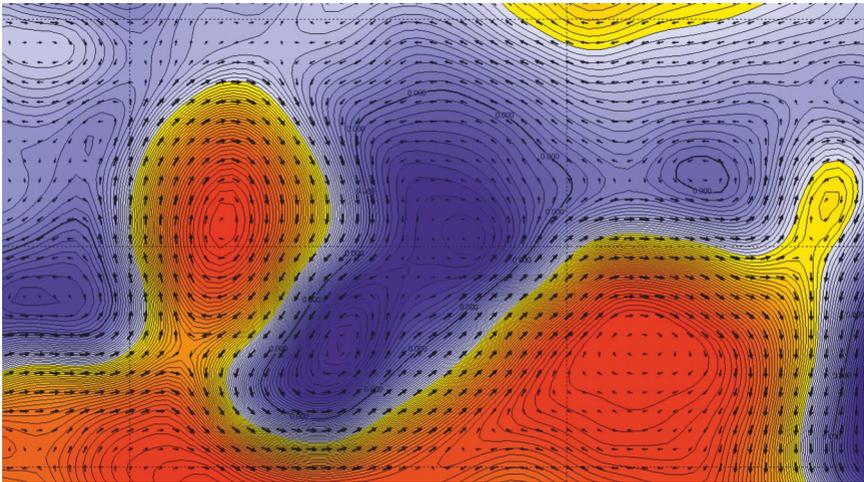


Рис. 9. Распределение геострофических течений в альтиметрических аномалиях.

Геострофические течения (от др.-греч. geos – Земля и strophos – поворот, вращение) — это тип течений, которые формируются под воздействием силы Кориолиса, вызванной вращением Земли, на водные массы, перемещающиеся из положительных альтиметрических аномалий к отрицательным.

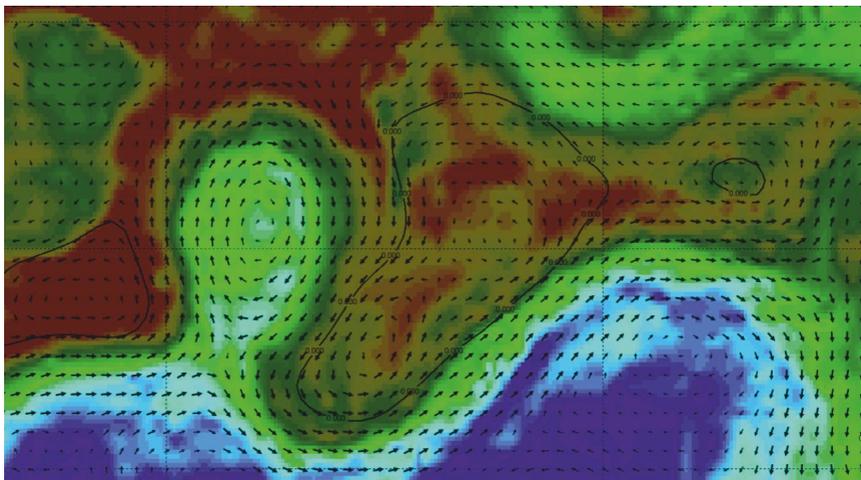


Рис. 10. Распределение хлорофилла-а (фитопланктона) в альтиметрических аномалиях.

Наибольшей интенсивности геострофические течения достигают на границах между положительными и отрицательными аномалиями высоты морской поверхности. Именно эти места являются наиболее динамичными зонами в океане, именно здесь концентрируются питательные вещества, выносимые из зон отрицательных аномалий, именно к этим участкам тяготеют крупные хищники в поисках пищи. Такие фронтальные зоны являются наиболее благоприятными для выполнения промысловых операций.

Карты интенсивности и направления геострофических течений формируются расчетным путем на базе спутниковых измерений высоты морской поверхности.

2.2.3. Течения на разных глубинах

Однако следует учитывать, что водные массы в океане перемещаются не только под влиянием поверхностных геострофических течений. Существует масса иных факторов, приводящих к циркуляции воды. Это и притяжение водных масс Солнцем и Луной, и влияние ветра, и перепады атмосферного давления. Учесть большинство составляющих удается с помощью математического моделирования. В результате формируются обобщенные карты направления и интенсивности течений, возникающих под влиянием перечисленных выше факторов. При этом речь идет не только о движении воды в поверхностном слое, но и о течениях на разных глубинах.

Это исключительно важная информация, позволяющая не только находить наиболее динамичные участки акватории и оценивать пути переноса планктона, но и выявлять зоны, представляющие опасность для орудий промысла.

Например, анализ вертикального профиля течений часто позволяет выявить ту глубину, на которой происходит резкое изменение направления и интенсивности течений. Эта зона обычно соответствует глубине термоклина. Здесь находится граница между поверхностным теплым слоем воды и глубинными холодными водами. Параметры движения двух этих потоков могут быть настолько различны, что возникает риск запутывания или повреждения орудий лова. Кроме того, между двумя потоками возникает турбулентция. Водные завихрения захватывают и удерживают планктон, что делает эту область весьма привлекательной для рыбы.

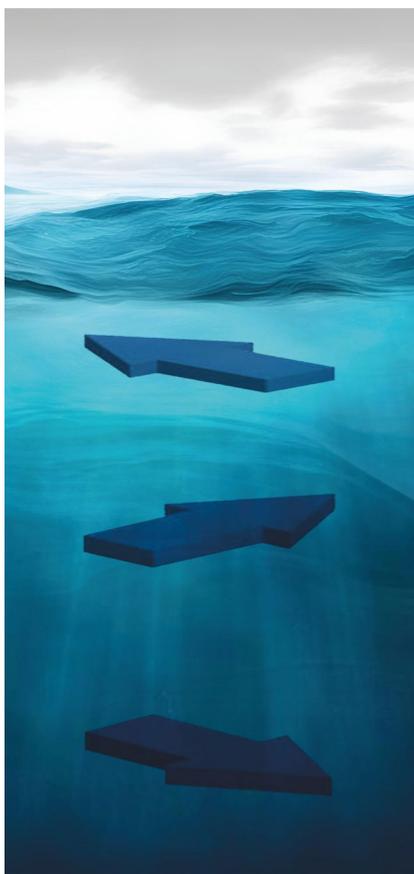


Рис. 11. Направление течений на различных глубинах.

Наличие информации о течениях в любой точке Мирового океана и на любой глубине позволяет формировать ежедневные карты как глубины залегания таких важных зон, так и интенсивности изменения течений на соответствующих глубинах.

Сдвиговые течения — это течения, которые возникают из-за разницы в скорости и направлении движения слоёв воды различной плотности. При существенной разнице направлений и скорости движения смежных водных масс могут возникать турбулентные явления.

2.2.4. Показатель Ляпунова

От информации о поверхностных течениях можно перейти к расчету показателя Ляпунова. Это позволяет сформировать карту, демонстрирующую основные направления переноса микрочастиц по морской поверхности. В том случае, если по поверхности воды однородным слоем будут распределены малые частицы (например, планктон), через некоторое время они соберутся в наиболее динамичных зонах акватории и будут перемещаться именно по этим направлениям, представленным на карте.

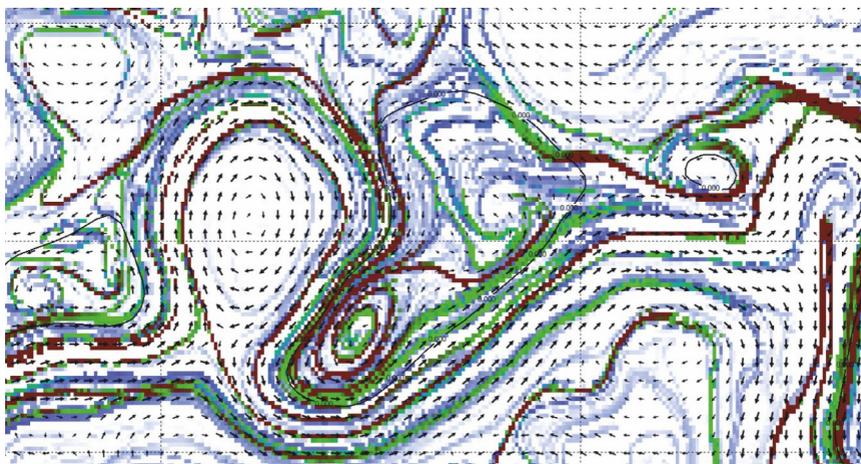


Рис. 12. Распределение показателя Ляпунова (FSLE) в альтиметрических аномалиях.

Таким образом, экипаж промыслового судна получает возможность отыскать основные зоны переноса планктона, к которым будут тяготеть прочие живые организмы в зависимости от их положения в морской трофической цепи.

Показатель Ляпунова (FSLE – Finite Size Lyapunov Exponents) — это величина, которая показывает, как быстро меняются расстояния между частицами воды в океане. Высокий показатель Ляпунова говорит о том, что частицы воды двигаются хаотично и быстро меняют свое положение. Низкий показатель свидетельствует о более спокойном и предсказуемом движении воды.

2.2.5. Температура морской поверхности

Информация о температуре поверхности океана играет исключительно важную роль при планировании промысла пелагических видов морских биоресурсов, тяготеющих к поверхностным слоям воды. Каждый вид биоресурсов предпочитает определенные диапазоны температуры, многие живые организмы собираются вблизи фронтальных зон, разделяющих теплые и холодные массы воды. Точная информация о температурном режиме в акватории, о распределении температурных фронтов, об аномальных явлениях, резко отличающих текущую обстановку от среднестатистических значений, позволяет экипажу промыслового судна оперативно производить выбор наиболее благоприятной для промысла зоны.

При этом важно учитывать, что измерение температуры морской поверхности производится дистанционно при помощи спутников. Такой метод измерений позволяет получить значение температуры непосредственно на поверхности воды. Эта температура может существенно отличаться от температуры воды на глубине даже нескольких сантиметров, в теплую солнечную погоду, в отсутствие ветра и волнения. В связи с этим, данные о температуре морской поверхности следует анализировать совместно с метеорологическими, и принимать во внимание данные о температуре воды на разных глубинах.

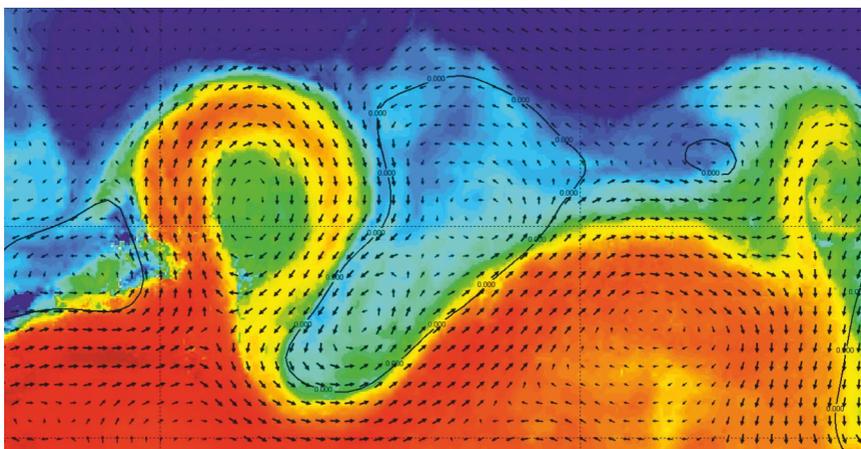


Рис. 13. Распределение температуры морской поверхности в альтиметрических аномалиях.

Измерения температуры воды выполняются с помощью космических аппаратов, оснащенных инфракрасными и микроволновыми средствами дистанционного зондирования.

Инфракрасные сенсоры позволяют получать информацию с весьма высоким пространственным разрешением, которое может достигать 2 км. На базе комбинации данных, получаемых от нескольких подобных спутников, формируются композитные карты температуры морской поверхности.

Высокая точность данных и высокая степень детализации температурных карт позволяют выявлять даже небольшие термические аномалии в районе промысла. В то же время температурные карты высокого разрешения не лишены недостатков.

Главным недостатком такой информации является ее зависимость от метеорологических условий. Инфракрасные сенсоры не способны выполнять измерения в зонах, покрытых облачностью. Комбинирование данных от нескольких космических аппаратов помогает частично решить эту проблему, но не позволяет избавиться от всех пропусков, связанных с присутствием облаков.

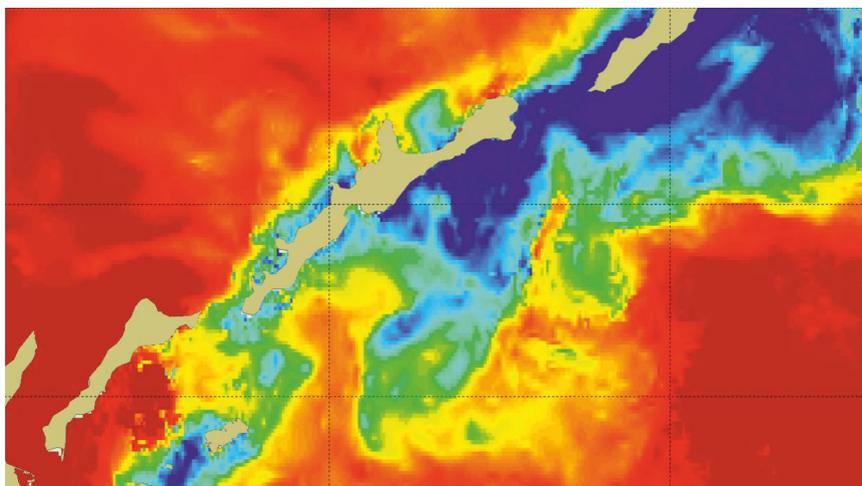


Рис. 14. Карта температуры морской поверхности высокого разрешения, полученная с помощью инфракрасных сенсоров.

В связи с этим приходится прибегать к использованию альтернативных данных, получаемых с помощью микроволновых сенсоров. Пространственное разрешение таких данных заметно ниже (около 10 км), но их получение не зависит от присутствия облачности. Пользователь гарантированно получает информацию о температуре в каждой точке акватории.

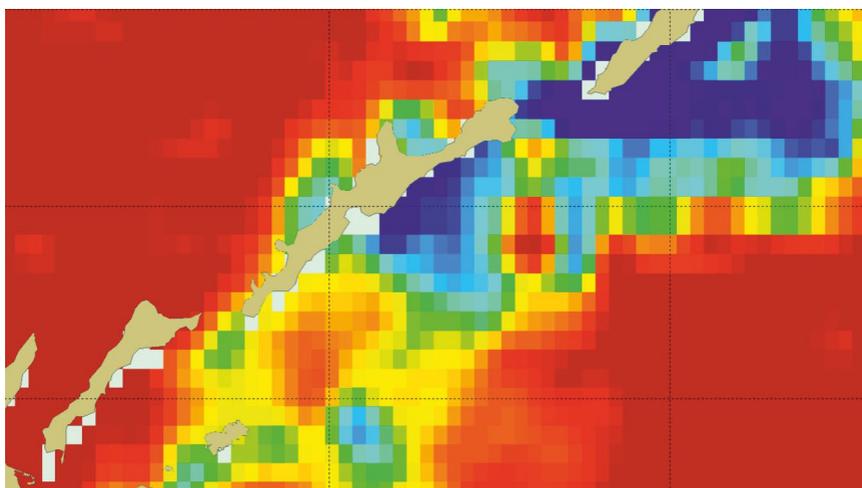


Рис. 15. Карта температуры морской поверхности низкого разрешения, полученная с помощью микроволновых сенсоров.

Комбинированное использование инфракрасных и микроволновых карт температуры морской поверхности позволяет производить оценку обстановки в акватории на базе высокодетальных данных в зонах благоприятной метеорологической обстановки и уточнять информацию о зонах, покрытых густой облачностью, с использованием менее детальных карт.

Карты температуры морской поверхности формируются ежедневно в течение периода продолжительностью более 20 лет. Это позволяет сгенерировать ежемесячные среднестатистические карты температуры для любой акватории Мирового океана. Сравнивая текущий температурный режим со средними показателями для соответствующего месяца, экипаж промыслового судна может оценить, насколько обстановка в акватории отличается от обычных температур в это время года. Значительное отличие от среднестатистических параметров может спровоцировать некоторое смещение сроков миграций морских биоресурсов по сравнению с традиционными закономерностями миграций, выявленными благодаря многолетним наблюдениям.

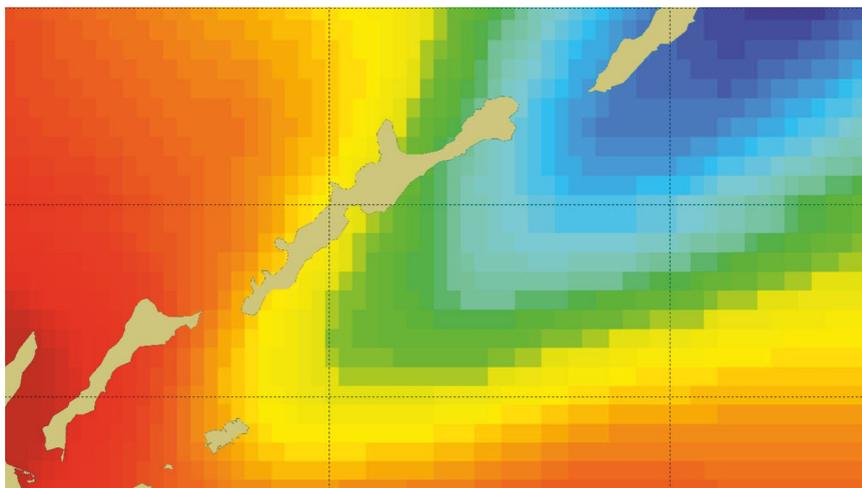


Рис. 16. Среднестатистическая карта температуры морской поверхности.

2.2.6. Температура воды на разных глубинах

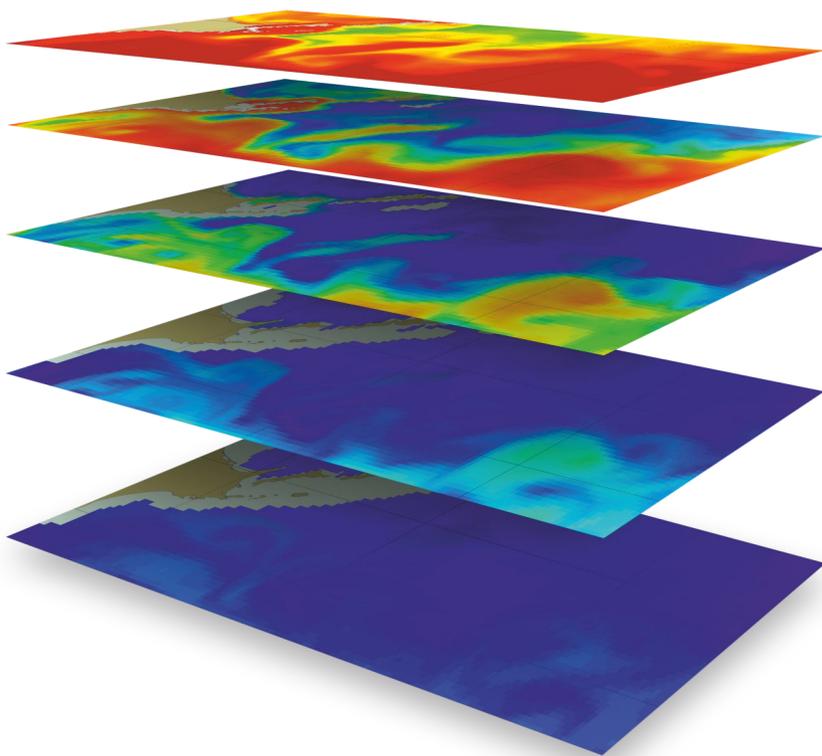


Рис. 17. Карты температуры воды на разных глубинах.

К сожалению, спутниковые технические средства позволяют выполнять измерения температуры воды, содержащейся только в поверхностном слое. Информация о температуре воды на различных глубинах может быть получена лишь путем трехмерного моделирования состояния морской среды. Карты температуры воды на разных глубинах могут иметь пространственное разрешение около 12,5 км. Точность этой информации уступает непосредственным спутниковым измерениям, но такие данные исключительно важны для планирования промысловых операций.

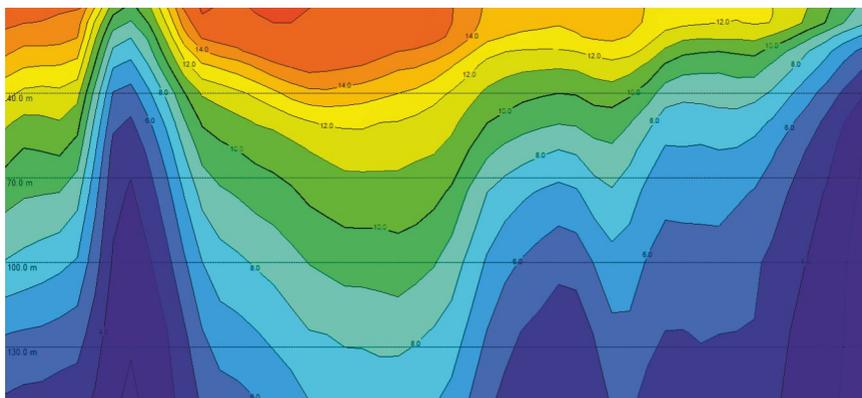


Рис. 18. Распределение температуры воды на разных глубинах.

Имея информацию о температуре воды в любой точке акватории и на любой глубине, можно строить не только карты температуры воды на определенной глубине, но и карты глубины залегания слоя воды с определенной температурой (карты глубины изотермы). Такая информация может быть полезна при поиске тех видов биоресурсов, которые тяготеют к определенной температуре воды.

2.2.7. Термоклин

Другая полезная возможность, связанная с наличием трехмерных данных о температуре в морской среде – выявление зоны термоклина. Нагрев поверхностного слоя воды под воздействием солнечных лучей может приводить к формированию резкого температурного скачка на некоторой глубине. Вода, находящаяся выше этой глубины оказывается гораздо более теплой, чем вода в более глубоких слоях. Такая зона с большим градиентом температуры называется термоклином.

Термоклин — это слой в океане, где с изменением глубины наблюдается резкое изменение температуры воды.

В толще воды направление и скорость течения в верхнем слое могут отличаться от тех же характеристик на глубине. Это приводит к возникновению в зоне термоклина турбулентных завихрений, которые способствуют смешиванию теплого и холодного слоев воды, и как следствие, к переносу минеральных веществ из холодного слоя в тёплый, и питательной биомассы из теплого – в холодный.

Таким образом, зона термоклина оказывается насыщенной микрочастицами, являющимися пищей для более крупных организмов, что привлекает некоторые виды морских биоресурсов.

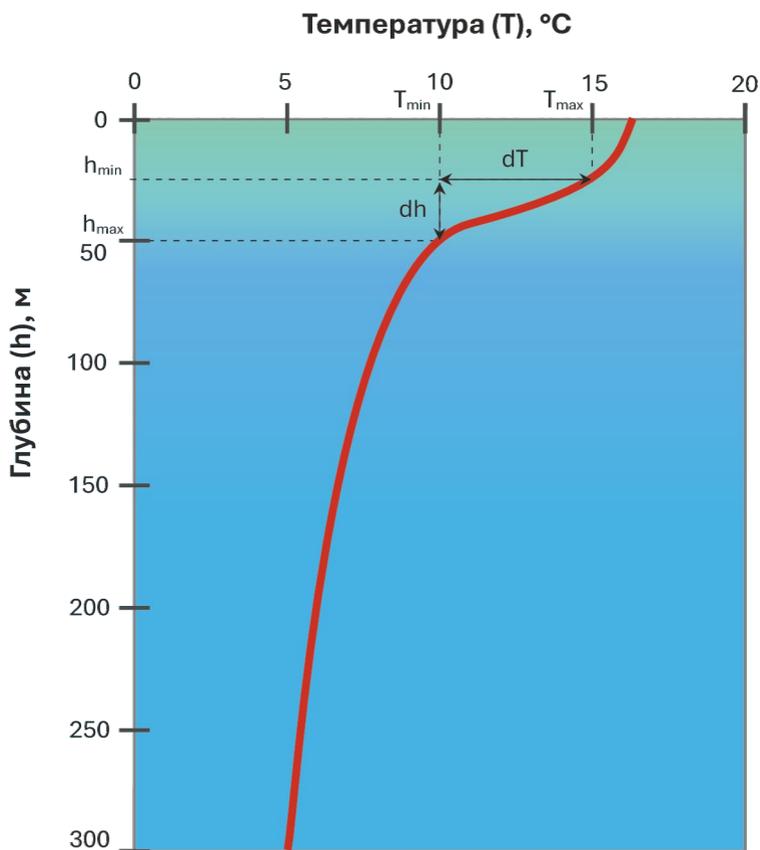


Рис. 19. Зависимость температуры от глубины. Термоклин находится на глубине 25–50 м, его толщина ($dh = h_{max} - h_{min}$) составляет 25 м, градиент температуры ($dT = T_{max} - T_{min}$) равен 5°C, интенсивность термоклина (dT/dh) – 0,2 °C/м.

Кроме того, слой интенсивного температурного скачка является естественным барьером для многих морских обитателей. Те из, которые предпочитают более теплые воды, остаются над термоклином, так как под ним вода слишком холодна. Виды биоресурсов, предпочитающие холодные глубинные воды, не могут преодолеть термоклин в обратном направлении. В результате вблизи слоя температурного скачка собирается большое количество всевозможных организмов, в том числе объектов промысловой деятельности.

Интерес могут представлять информационные слои двух типов:

- карты глубины термоклина, показывающие глубины, на которых происходит резкий скачок температуры;
- карты интенсивности термоклина, показывающие насколько значительным является изменение температуры в зоне скачка.

2.2.8. Соленость воды

Информация о солености воды не может быть получена с помощью спутниковых измерений. Этот важный параметр морской среды приходится определять с помощью трехмерного математического моделирования. В результате экипаж промыслового судна получает сведения о солености воды в любой точке акватории и на любой глубине.

Такие данные позволяют оценивать возможность появления объектов промысловой деятельности в тех или иных частях акватории, так как некоторые виды биоресурсов тяготеют к определенным значениям солености в зависимости от того, какое процентное содержание кислорода в воде является для них комфортным.

В то же время, области с аномально высокой или аномально низкой соленостью могут быть естественным барьером на пути миграции некоторых видов. Это приводит к отклонению их путей миграции от традиционных маршрутов.

2.2.9. Прогнозирование океанографических данных

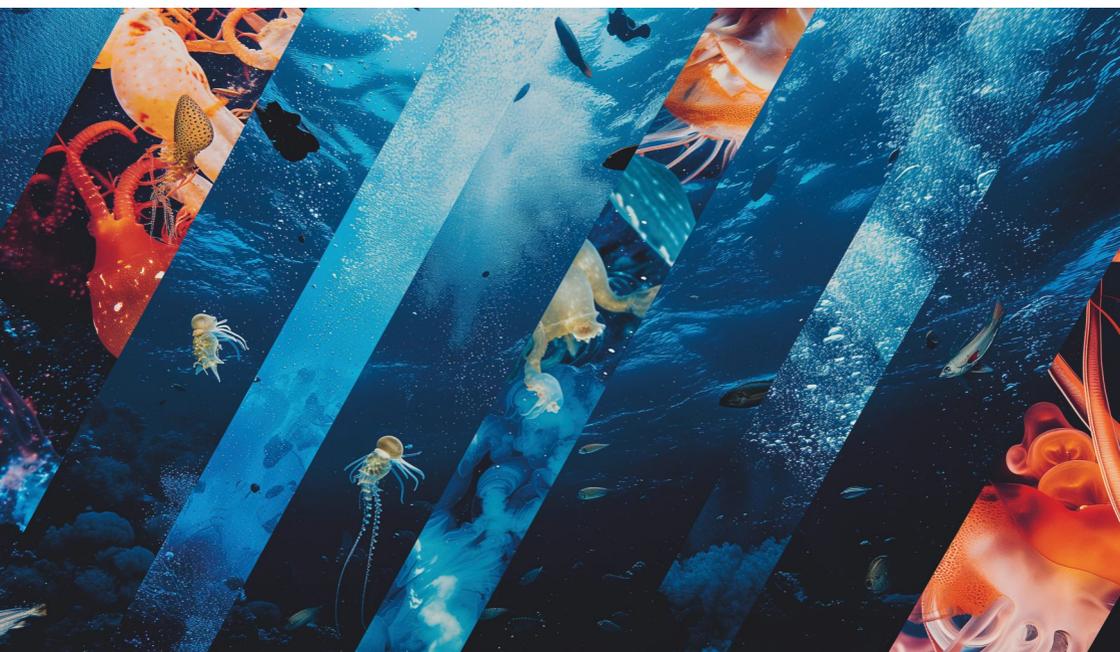
Те океанографические информационные слои, которые формируются путем моделирования, имеют более низкую точность и детализацию по сравнению с результатами непосредственных спутниковых измерений. Но при этом математические модели позволяют не только получить информацию о текущем состоянии морской среды, но и сформировать прогноз развития морской обстановки на несколько суток вперед.

В результате экипаж промыслового судна может не только оценить текущую обстановку в акватории и выделить наиболее перспективные для себя зоны, но и спрогнозировать, где благоприятная для промысла обстановка сформируется через несколько дней, чтобы привести судно в такой район к соответствующему дню.

Особенно полезным оказывается прогнозирование температуры воды и морских течений на разных глубинах, а также глубины и интенсивности термоклина.

Современные компьютерные модели способны прогнозировать изменения ключевых параметров океанографической обстановки на срок до десяти суток. При этом точность краткосрочных и среднесрочных прогнозов, на период до трех суток оценивается на очень высоком уровне.

Благодаря этому рыболовные компании могут эффективно планировать промысловую деятельность в краткосрочной и среднесрочной перспективе.



2.3. Биологические данные

Наиболее важной информацией для оптимизации промысловой деятельности являются биологические данные. Основой для формирования биологических информационных слоев являются спутниковые измерения и математические модели. Комбинация этих двух подходов позволяет генерировать карты распределения биологических организмов в морской среде, постепенно поднимаясь по трофической цепи от фитопланктона до крупных хищников.



Рис. 20. Пищевая цепь в океане.

2.3.1. Распределение фитопланктона

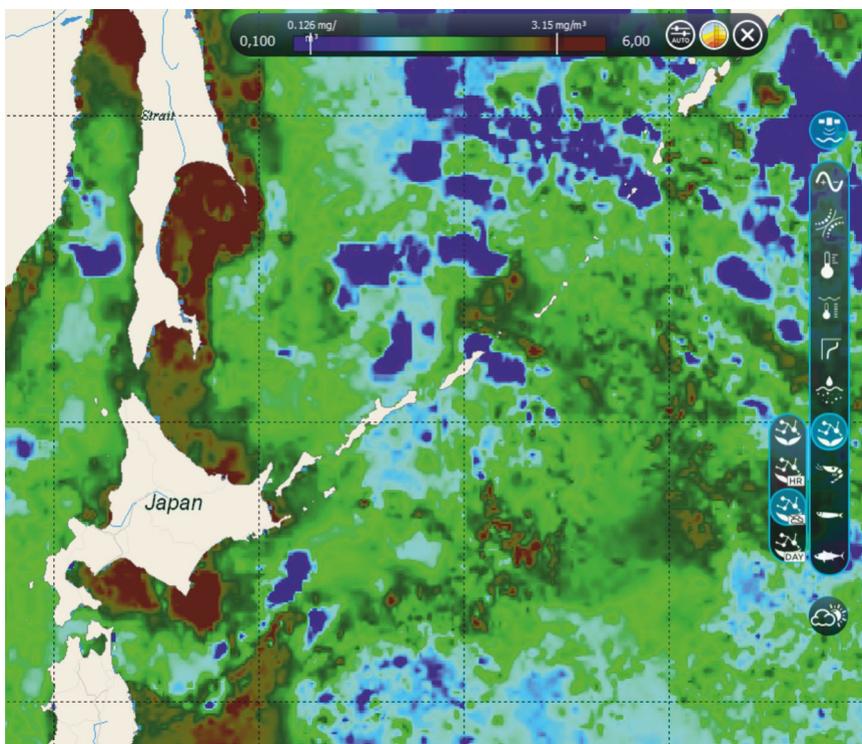


Рис. 21. Карта распределения фитопланктона.

С помощью оптических радиометров, установленных на космических аппаратах, удается получать информацию о цвете воды. Зеленый цвет поверхностного слоя воды свидетельствует о высокой концентрации в воде хлорофилла-а (пигмента, содержащегося в клетках фитопланктона). Это позволяет формировать на базе спутниковых измерений карты распределения фитопланктона.

Фитопланктоном называют микроорганизмы растительного происхождения, развивающиеся за счет солнечного света и переносимые под влиянием течений. Это базовый элемент морской трофической цепи, с которым связано развитие всех организмов животного происхождения.

В связи с этим карты распределения фитопланктона являются исходной информацией для моделирования распределения всей



Рис. 22. Фитопланктон.

биомассы в океане. Кроме того, этот информационный слой может иметь большое значение при планировании промысла растительно-ядных видов морских биоресурсов, так как непосредственно демонстрирует распределение пищевой базы таких объектов промысла.

Радиометрические измерения цвета воды могут быть произведены для любой точки морской акватории, не закрытой облачностью. В тех зонах, где присутствуют густые облака, на картах распределения фитопланктона образуются пропуски. Для минимизации пропусков данных формируются композитные информационные слои, составляемые на базе данных, полученных с нескольких спутников. В результате удастся генерировать карты распределения фитопланктона весьма высокого пространственного разрешения (около 2 км).

В том случае, если интересующая пользователя акватория закрыта плотной облачностью и даже композитный информационный слой имеет пропуски данных, он может использовать карты более низкого разрешения. Информация более низкой детализации будет иметь гораздо меньше пропусков.

Фитопланктон — это микроскопические водоросли и другие фотосинтезирующие организмы, которые обитают в водной среде. Они являются основными производителями органического вещества в океанах и играют ключевую роль в пищевой цепи, обеспечивая питание для зоопланктона, который, в свою очередь, служит пищей для более крупных водных организмов.

2.3.2. Распределение зоопланктона

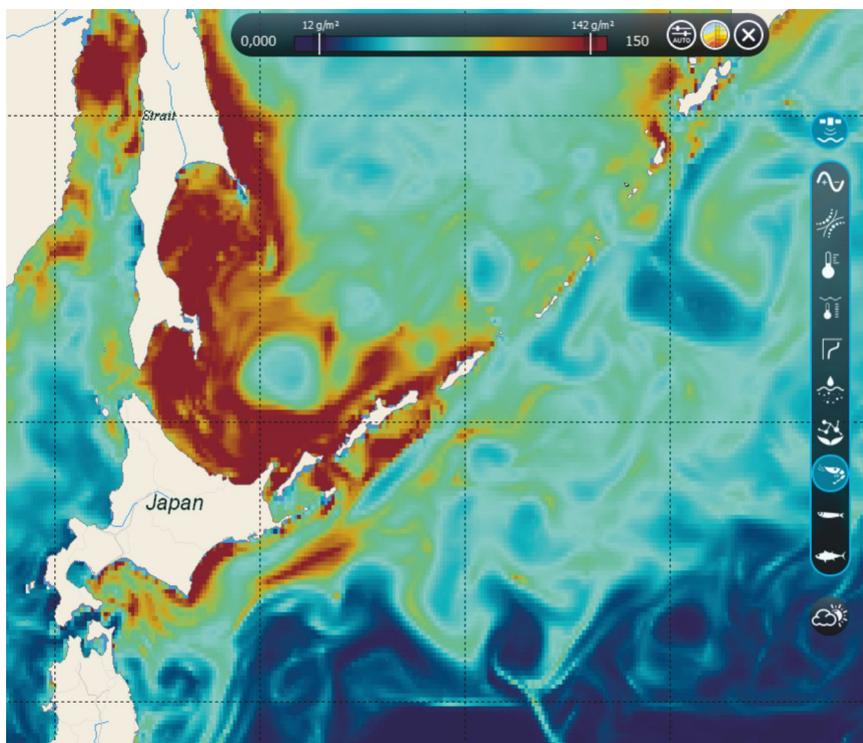


Рис. 23. Карта распределения зоопланктона.

Зоопланктоном называют морские микроорганизмы животного происхождения (обычно размером до 2 см), питающиеся фитопланктоном и свободно переносимые течениями.

Обильное присутствие в воде фитопланктона создает благоприятные условия для активного роста и размножения зоопланктона.

Важно отметить, что повышение температуры воды стимулирует обмен веществ у зоопланктона, что в свою очередь ускоряет его рост и развитие. Однако стоит учесть, что слишком высокая температура может привести к перегреву и гибели зоопланктона.



Рис. 24. Зоопланктон.

Имея карту распределения фитопланктона в исследуемой акватории, можно рассчитать интенсивность роста зоопланктона, принимая во внимание температуру воды. При этом необходимо учитывать перенос микроорганизмов морскими течениями. В результате удастся сформировать карту распределения зоопланктона, являющегося пищевой базой для большинства видов морских биоресурсов. Эта информация особенно важна для экипажей морских судов, которые ведут промысел именно таких биоресурсов.

Зоопланктон — это микроорганизмы животного происхождения, которые обитают в водной среде. К зоопланктону относятся различные виды, такие как копеподы, кладоцеры, колловратки и другие, и в размере обычно не превышают 2 см. Зоопланктон питается фитопланктоном и другими микроорганизмами, а также служит пищей для более крупных водных организмов.

2.3.3. Распределение микронектона

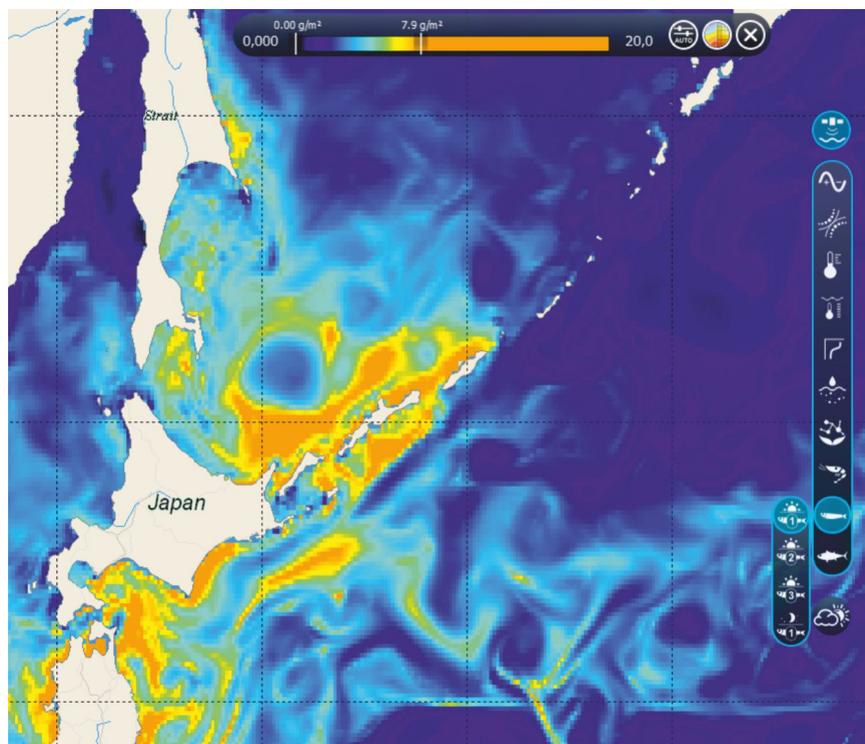


Рис. 25. Карта распределения микронектона.

К микронектону относят все организмы животного происхождения размером от 2 см до 20 см, питающиеся фитопланктоном или зоопланктоном. Это морские биоресурсы, способные самостоятельно перемещаться, но не выполняющие миграции на значительные расстояния. Они в значительной степени подвержены переносу течениями.

Микронектон — это группа водных организмов животного происхождения, размером от 2 до 20 см, которые способны активно перемещаться в толще воды но не выполняют миграции на значительные расстояния: небольшие рыбы, кальмары, медузы, креветки и другие. Микронектон питается фитопланктоном или зоопланктоном и в свою очередь служит пищей для крупных морских хищных видов.



Рис. 26. Микронектон.

При этом для микронектона свойственны ежедневные вертикальные миграции. В дневное время суток весь микронектон распределен в основном в трех слоях:

- верхний слой расположен на глубине около 100 м;
- средний слой находится на глубине около 300 м;
- нижний слой тяготеет к глубинам около 500–600 м.

Эти ориентировочные глубины могут варьироваться в зависимости от географической широты и прочих внешних условий, но принципы распределения микронектона по трем слоям остаются неизменными для любой точки Мирового океана.

В ночное время происходит перераспределение микронектона:

- верхний слой остается у морской поверхности;
- часть среднего слоя остается на прежней глубине;
- другая часть среднего слоя поднимается к морской поверхности;
- часть нижнего слоя остается на прежней глубине;
- другая часть нижнего слоя перемещается на глубину среднего слоя;
- третья часть нижнего слоя поднимается к поверхности моря.

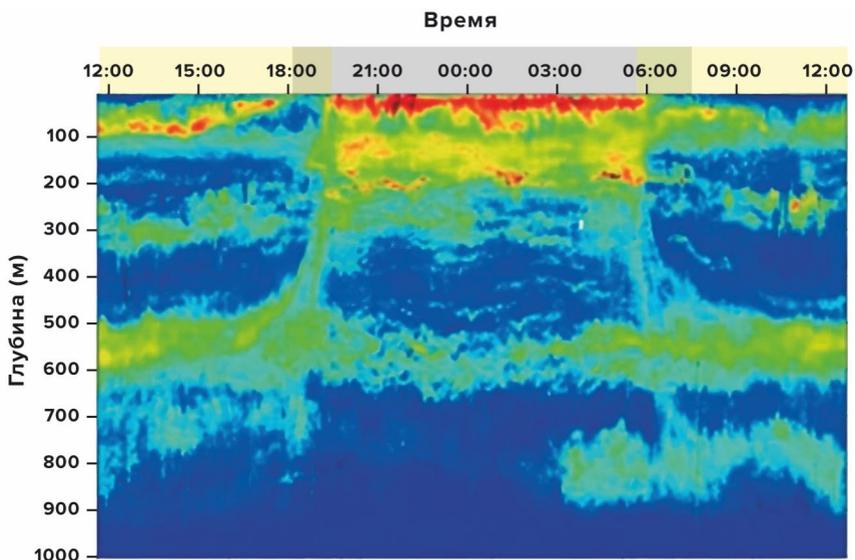


Рис. 27. Эхограмма распределения биомассы (микронектона) в толще воды в зависимости от времени суток.

В результате основная масса микронектона собирается ночью у морской поверхности, что привлекает к верхнему слою воды большинство хищников.

Таким образом, для экипажа промыслового судна представляют особый интерес четыре типа карт:

- карты распределения микронектона в верхнем слое днём;
- карты распределения микронектона в среднем слое днём;
- карты распределения микронектона в нижнем слое днём;
- карты распределения микронектона в верхнем слое ночью.

Такие карты формируются путем моделирования на базе информации о распределении фитопланктона и зоопланктона, а также с учетом океанографических параметров морской среды.

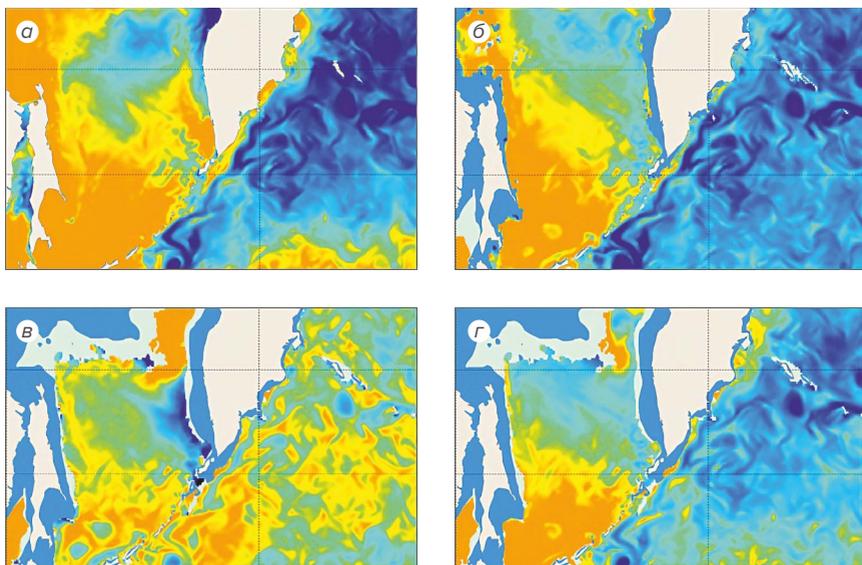


Рис. 28. Виды карт распределения микронектона.
 а) Распределение микронектона в верхнем слое днём.
 б) Распределение микронектона в среднем слое днём.
 в) Распределение микронектона в нижнем слое днём.
 г) Распределение микронектона в верхнем слое ночью.

Зная особенности питания объекта промысловой деятельности, экипаж судна может оценить, к какому виду микронектона относятся организмы, составляющую основу питания искомого вида биоресурсов. Анализ данных о распределении соответствующего типа микронектона может указать на то, к каким зонам будет тяготеть объект промысла и на каких глубинах он будет находиться в дневное и ночное время суток.

2.3.4. Распределение промысловых видов морских биоресурсов

Имея карты распределения фитопланктона, зоопланктона и микро-нектона, можно приступить к моделированию распределения крупных хищников. Такие модели крайне сложны, так как должны учитывать все стадии развития рыбы, а также особенности размножения и смертности.

Тем не менее ряду научных коллективов удастся выполнять столь непростые работы и формировать карты распределения особо ценных объектов промысловой деятельности. Данные, получаемые путем такого моделирования, верифицируются путем сравнения с результатами реальной промысловой деятельности, что позволяет оценить качество разработанных моделей.



Рис. 29. Карта распределения полосатого тунца в районе Соломоновых островов.

3. Анализ метеорологических, океанографических и биологических данных

Для анализа метеорологических, океанографических и биологических данных необходимы программные средства, позволяющие визуализировать соответствующие информационные слои, выполнять сравнение и фильтрацию данных. Только при наличии на борту промыслового судна такого программного обеспечения экипаж может оперативно оценить текущую обстановку и принять решение о месте, времени и параметрах предстоящих промысловых операций.

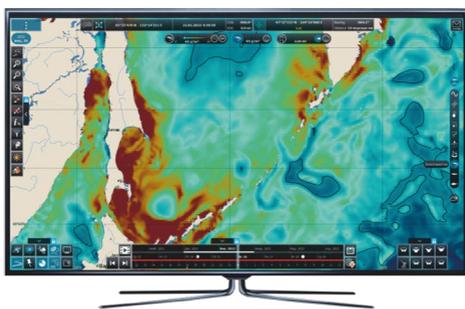


Рис. 30. Система предоставления океанографических данных Catsat.

Одной из передовых систем доставки и визуализации океанографических данных является система Catsat, разработанная компанией CLS — лидером в области мониторинга и наблюдения за Землёй. Система Catsat была разработана в конце 90-х годов для предоставления высококачественных океанографических данных для судов пелагического промысла.

Catsat предоставляет океанографические карты, которые создаются на основе спутниковых измерений в режиме реального времени и научных моделей, которые сочетают спутниковые наблюдения с натурными измерениями. Благодаря регулярной корректировке и многолетнему совершенствованию научной модели, на сегодняшний день в системе представлены океанографические карты очень высокого разрешения и большой точности. Catsat предоставляет более 50 информационных слоёв: альтиметрию, термоклин, течения и температуры на поверхности и на разных глубинах и многие другие. Эти карты помогают прогнозировать рыбный промысел и определять районы с наиболее благоприятными условиями для присутствия рыбы.

3.1. Визуализация данных

Поступающие на борт судна информационные слои могут быть отображены на экране компьютера различными способами:

- в виде цветовой карты;
- в виде изолиний;
- в виде набора векторов.

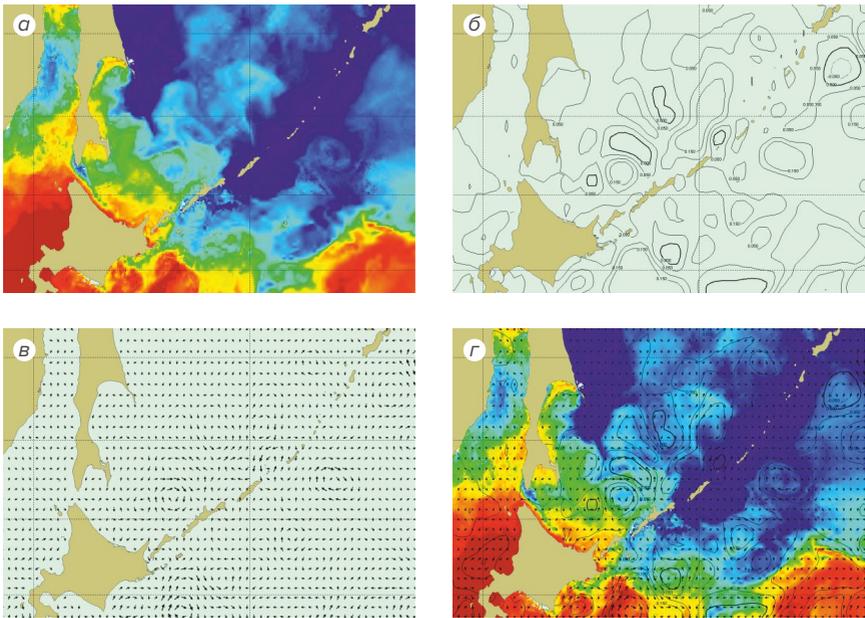


Рис. 31. Способы отображения данных.

- а) Цветовая карта температуры морской поверхности.
- б) Карта изолиний высоты морской поверхности.
- в) Векторная карта геострофических течений.
- г) Одновременное отображение цветовой карты, карты изолиний и векторной карты.

Цветовыми картами или изолиниями обычно отображаются параметры, характеризующиеся только величиной. В виде векторных карт отображаются параметры, характеризующиеся величиной и направлением.

На экране компьютера могут быть одновременно отображены сразу три информационных слоя: один из них отображается в виде цветовой карты, второй – в виде изолиний, третий – векторами. Это позволяет пользователю оценивать обстановку в акватории не по одному, а сразу по нескольким параметрам.

3.2. Двухоконный режим визуализации данных

Полезным приемом является разделение экрана компьютера на две части, в каждой из которых отображается одна и та же часть акватории. В таком случае пользователь может либо одновременно отобразить сразу шесть информационных слоев, характеризующих этот район, либо отобразить в разных частях экрана одни и те же параметры, но соответствующие разным датам. Во втором случае пользователь получает возможность оценить изменения обстановки, произошедшие за временной период между двумя датами.

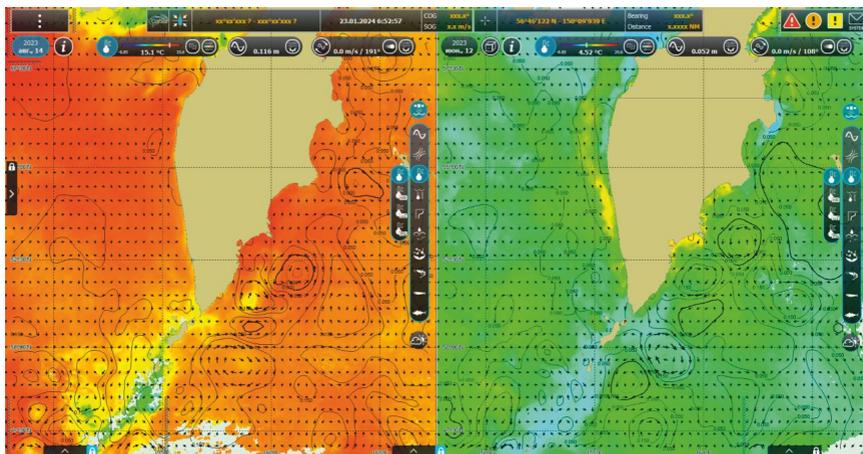


Рис. 32. Двухоконный режим.

Наконец, с помощью такого двухоконного режима может быть произведено сравнение текущей обстановки с картой среднестатистических значений. Например, можно сравнить актуальную карту температуры морской поверхности со среднестатистическим распределением температур для текущего месяца. Это позволяет оценить отклонения текущего температурного режима от нормы.

3.3. Построение вертикальных сечений

Анализ данных о состоянии морской среды на различных глубинах может выполняться путем построения вертикального среза вдоль отрезка на морской поверхности, проведенного между двумя точками акватории. Таким образом удобно анализировать информацию о температуре и солёности воды.

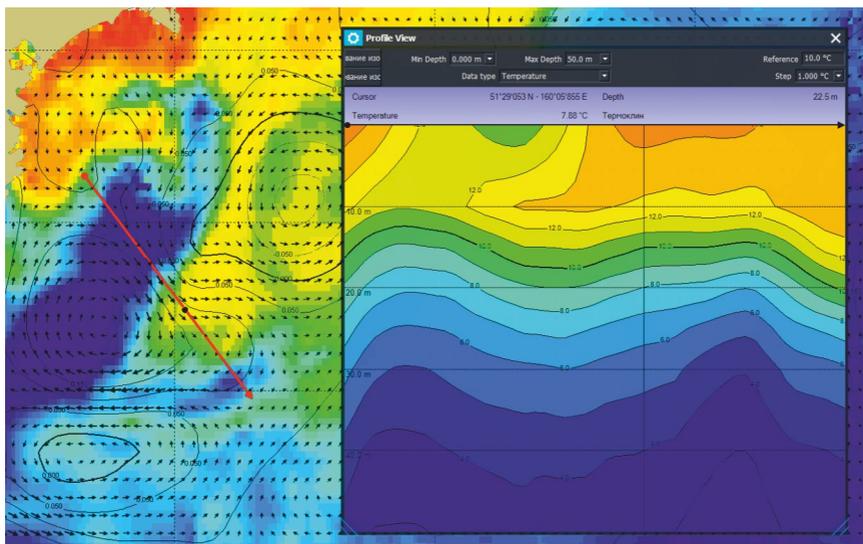


Рис. 33. Вертикальный срез толщ воды вдоль отрезка на морской поверхности.

В частности, данные о температуре, отображенные в виде вертикального сечения, наглядно демонстрируют пользователю неоднородность температурных градиентов в толще воды и в явном виде выявляют зону термоклина.

3.4. Отображение вертикальных профилей

Кроме того, крайне важно обеспечить наглядное отображение скорости и направления течений на разных глубинах для выбранной точки акватории.

Информация о течении на разных глубинах может быть полезна для определения эффективности работы орудий лова и выбора оптимальной глубины и скорости траления. Течение может влиять на раскрытие трала, его движение и способность захватывать биоресурсы.

Кроме этого, визуализация вертикального профиля течений позволяет экипажу промыслового судна быстро оценивать глубину зоны разделения поверхностного слоя теплой воды и глубинного слоя более холодных вод. Именно в этой зоне может наблюдаться резкое изменение силы и направления течения, что представляет опасность для орудий лова.

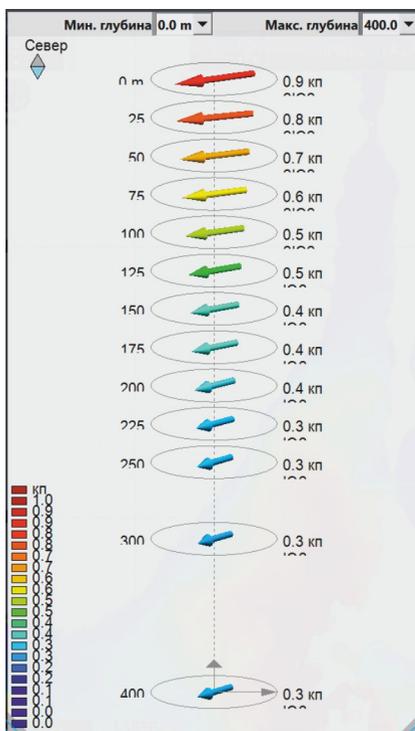


Рис. 34. Направление и скорость течений на различных глубинах.

3.5. Карты изменений

Сравнение двух карт одного и того же параметра, сформированных в разные дни, может быть выполнено визуально с помощью двухоконного режима отображения данных. Но это не слишком удобно и недостаточно наглядно.

Для более комфортного анализа изменений, произошедших в исследуемой акватории за интересующий пользователя период, может быть сформирована карта изменений. На такой карте нейтральным цветом отображаются те области, в которых значение океанографического параметра претерпело минимальные изменения. Значительные изменения параметра отображаются в соответствии с выбранной цветовой шкалой - от максимального уменьшения значения параметра до его максимального увеличения.

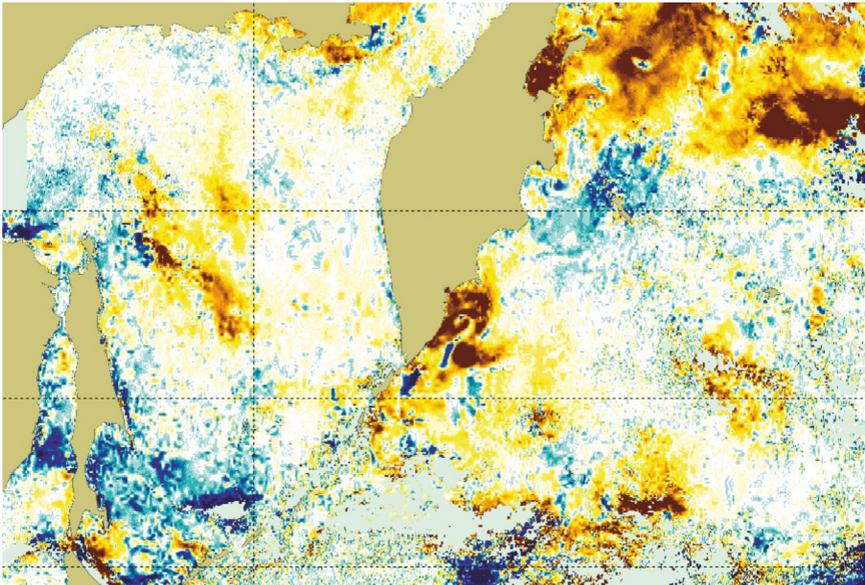


Рис. 35. Карта изменения концентрации фитопланктона за 2 дня.

В результате экипаж промыслового судна может легко выявить зоны, в которых за последние дни произошли резкие изменения обстановки (например, резко увеличилось количество микронектона). Другая полезная возможность – формирование карты отличий актуальной температуры морской поверхности от среднестатистической карты температуры для текущего месяца.

3.6. Фильтрация данных

В том случае, если экипажу промыслового судна удалось добиться хорошего улова, максимально полная информация о таком событии должна быть сохранена. Важны значения всех метеорологических, океанографических и биологических параметров, соответствующие дате улова и координатам зоны, в которой был получен благоприятный результат промысловой деятельности.

В последующие дни логично будет предположить, что в тех местах, где сформируются точно такие же или похожие условия, вероятность встречи с крупными скоплениями морских биоресурсов будет выше, чем в прочих местах.

В связи с этим большое значение приобретает возможность фильтрации данных. Если экипаж промыслового судна на основании собственного опыта знает, от каких основных метеорологических, океанографических или биологических параметров зависит распределение объекта его промысловой деятельности, то для него будет исключительно важно иметь карту, на которой будут указаны те зоны, в которых значения именно этих параметров будут примерно соответствовать тем значениям, при которых судно добилось удачного улова.

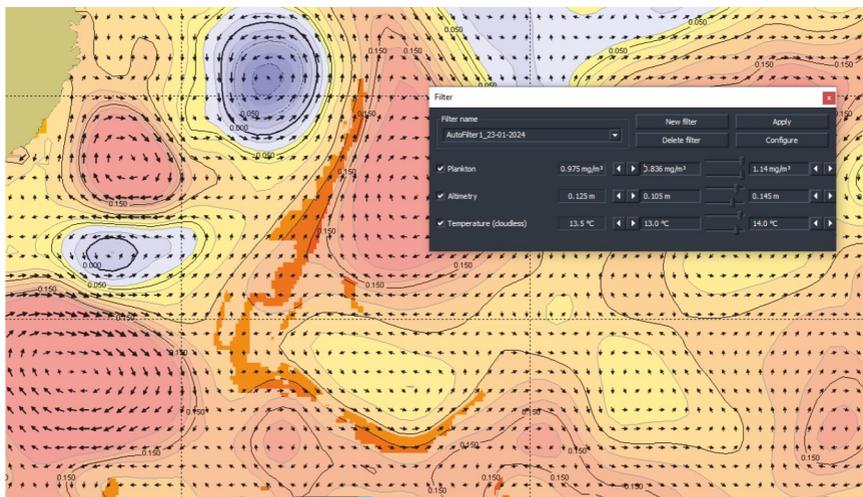


Рис. 36. Фильтрация данных.

3.7. Журнал уловов

Для более удобного накопления статистической информации об уловах по мере выполнения промысловых операций используют систему регистрации объемов выловленных биоресурсов, которая автоматически добавляет в базу статистических данных весь набор значений метеорологических, океанографических и биологических параметров, соответствующих в той точке, где выполнялась промысловая операция.

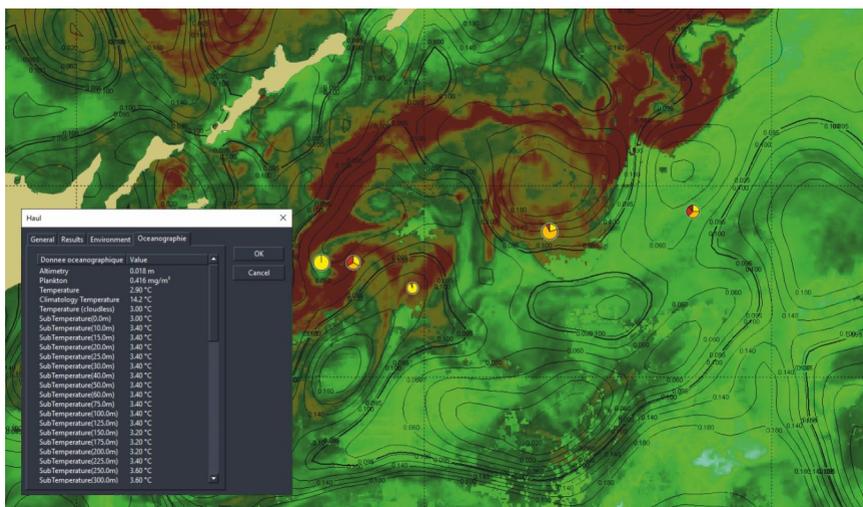


Рис. 37. Журнал уловов.

Накапливаемая таким образом информация может быть непосредственно использована для статистического анализа данных в ручном режиме или с помощью технологий искусственного интеллекта. Кроме того, при использовании одной и той же системы на нескольких судах статистические данные всего флота могут быть легко объединены, что открывает перспективы для более качественного формирования фильтров или карт благоприятности обстановки для промысловой деятельности.

3.8. Статистический анализ данных

Однако следует учитывать, что один хороший улов может быть связан с удачным стечением обстоятельств. Гораздо более надежным способом выявления зон, благоприятных для промысла, является фильтрация актуальных данных на базе статистического анализа исторической информации об уловах судна или группы судов.

В том случае, если экипаж судна в течение продолжительного времени собирает статистику о собственных уловах, каждый раз фиксируя дату, место, массу выловленных биоресурсов и весь набор соответствующих метеорологических, океанографических и биологических параметров, то по итогам такой работы для каждого вида биоресурсов могут быть построены графики, демонстрирующие зависимость объема улова от того или иного параметра. Некоторые параметры никак не влияют на распределение изучаемого вида биоресурсов. В этом случае на графиках не будет выявлено ярко выраженных пиков, соответствующих определенным диапазонам значений этих параметров. Если же метеорологический, океанографический или биологический параметр оказывает значительное влияние на распределение биоресурсов, некоторому диапазону его значений будет соответствовать всплеск удачных уловов.

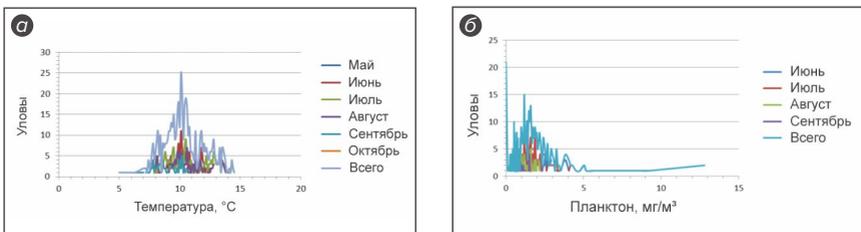


Рис. 38. Статистический анализ данных.

- а) Зависимость количества уловов от температуры морской воды в различные месяцы.
- б) Зависимость количества уловов от концентрации планктона в различные месяцы.

Задача экипажа судна – выявить все параметры, влияющие на распределение нужного вида биоресурсов, и определить диапазон значений каждого из параметров, при которых судну удавалось выполнять удачные промысловые операции. Результат такого статистического анализа будет тем ценнее, чем больше собрано исторических данных об уловах изучаемого вида биоресурсов в той географической зоне, где планируется вести его дальнейший промысел. Следует стремиться к использованию многолетних наборов данных об уловах и стараться объединять информацию о результатах промысловой деятельности нескольких судов.

Определив благоприятные для промысла диапазоны каждого из параметров, влияющих на распределение изучаемого вида морских биоресурсов, экипаж судна получает возможность выполнить фильтрацию данных о текущей метеорологической, океанографической и биологической обстановке. В результате формируется карта с указанием тех зон, где актуальная обстановка полностью соответствует тем условиям, при которых статистически промысловому судну или группе судов удавалось добиваться положительных результатов. Конечно же, нет никаких гарантий, что судно найдет в каждой из таких зон крупные скопления морских биоресурсов, но вероятность удачных уловов именно в таких зонах значительно выше, чем в прочих районах акватории.

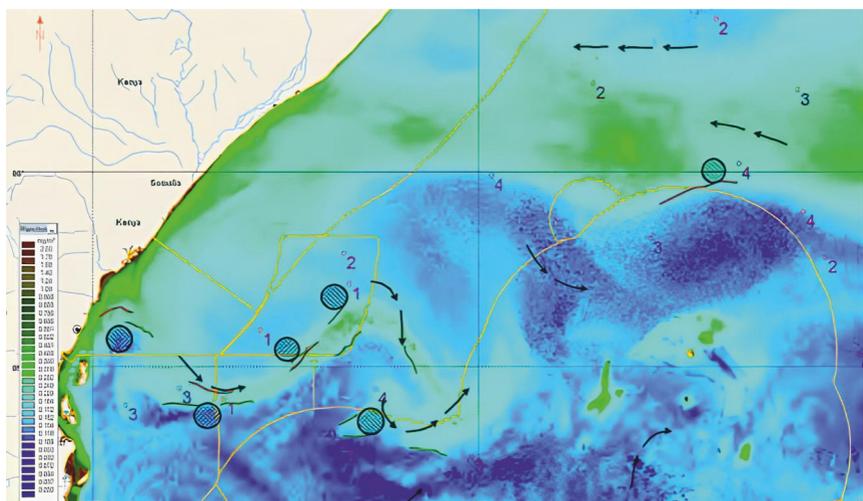


Рис. 39. Карта рекомендуемых районов промысла.

3.9. Карты благоприятности обстановки для промысловой деятельности

В том случае, если удастся собрать очень большой объем исторических данных об уловах (многолетние данные о результатах деятельности десяти и более судов), появляется возможность обработки такой информации с помощью машинного обучения. В результате привлечения этой технологии и искусственного интеллекта можно не только выявить метеорологические, океанографические и биологические параметры, влияющие на распределение биоресурсов, но и оценить, насколько сильное влияние оказывает каждый из параметров.

Это позволяет создавать карты благоприятности обстановки для ведения промысла того или иного вида морских биоресурсов. Вся исследуемая акватория делится на ячейки, в каждой из которых рассчитывается степень благоприятности текущих условий для того, чтобы улов был удачным. При этом каждый из метеорологических, океанографических и биологических параметров принимается во внимание с весом, соответствующим степени влияния этого параметра на распределение биоресурсов.

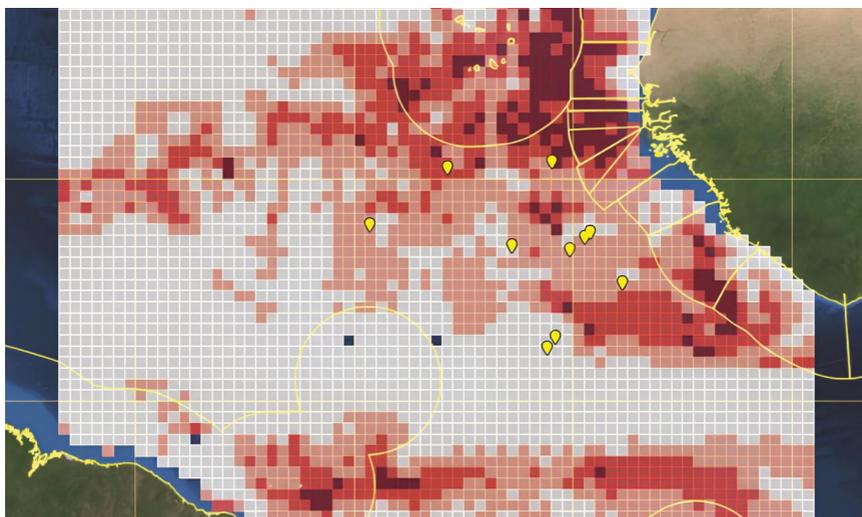


Рис. 40. Карта благоприятности промысла желтопёрого тунца в Атлантическом океане.

Получая такую карту, экипаж промыслового судна не просто видит, в какой зоне сложились условия, при которых можно рассчитывать на удачный улов, но и может оценивать каждую ячейку сетки (каждый фрагмент акватории) по степени благоприятности. Это гораздо более полезная информация, так как экипаж судна может не просто выбрать ближайшую из выявленных зон для выполнения промысловых операций, а сделать выбор места для очередной промысловой операции, учитывая текущее местоположение судна и полную информацию о благоприятности обстановки в ближайших районах. Хотя при этом следует учитывать, что карта благоприятности обстановки, конечно же, также не гарантирует богатый улов даже в зонах с наивысшими показателями благоприятности.

3.10. Вспомогательные сервисы

Анализируя метеорологические, океанографические и биологические данные в картографическом виде, экипаж судна заинтересован в том, чтобы на том же экране отображалась и прочая важная информация. Речь идет, например, о навигационных данных, картах батиметрии, данных АИС и прочих сведениях, добавление которых позволяет комплексно оценивать не только состояние морской среды, но и навигационную обстановку в зоне промысловых операций.

Совместная визуализация текущего положения промыслового судна и данных о состоянии окружающей среды упрощает для экипажа судна выбор ближайших благоприятных для промысла зон. Информация о текущих координатах судна может поступать в систему визуализации непосредственно с судового навигационного приемника.

Добавление на тот же экран навигационных данных и батиметрии позволяет экипажу судна отображать на одной платформе всю основную оперативную информацию.

Данные АИС о местоположении других судов могут быть получены как с бортового транспондера АИС, так и через спутниковые системы. Это позволяет отображать на том же экране не только актуальные позиции всех морских судов, находящихся в зоне радиовидимости, но и вообще все суда, находящиеся в акватории и оснащенные транспондерами АИС. Эта информация играет важную роль как для взаимодействия промысловых судов между собой, так и с точки зрения обеспечения безопасности мореплавания.

Наконец, на ту же информационную платформу могут быть добавлены прогнозы траекторий движения дрейфующих орудий лова. В том случае, если экипаж судна оставил в море дрейфующий объект и через некоторое время заинтересован в его быстром поиске, с помощью модели дрейфа и данных о ветре и течениях удастся быстро рассчитать то место, где экипаж может обнаружить этот объект в текущий момент времени.

Заключение

Для оптимизации промысловой деятельности экипаж морского судна заинтересован в использовании актуальной информации о состоянии атмосферы, о параметрах морской среды и о распределении биомассы в океане. Эти данные должны поступать на борт промыслового судна ежедневно. Такая информация оказывается тем более ценной, чем выше ее пространственное разрешение.

Получив необходимые информационные слои, экипаж приступает к их оперативному анализу, используя средства визуализации, сравнения и фильтрации данных. В результате удастся выявить те зоны, в которых в текущий момент сложилась наиболее благоприятная для промысла обстановка.

По мере использования вышеописанных данных в рамках своей повседневной деятельности экипаж судна накапливает сведения о результатах промысловых операций. Последующее сопоставление накопленной статистической информации с метеорологическими, океанографическими и биологическими данными позволяет определить зависимости распределения биоресурсов от окружающей обстановки и в дальнейшем выполнять фильтрацию актуальных данных для выбора оптимальных промысловых зон.

Накопление больших объемов такой статистической информации позволяет формировать карты благоприятности обстановки на базе технологий искусственного интеллекта. Такие карты способствуют еще более грамотному выбору времени и зон выполнения промысловых операций.

Использование таких подходов в рамках рыбопромысловой деятельности требует от экипажа судна определенных затрат времени на обучение навыкам работы с данными и с сервисами аналитической обработки информации, на накопление и использование статистических массивов данных, а также на ежедневный анализ текущей обстановки. Однако те преимущества, которые получает экипаж в результате регулярного использования метеорологических, океанографических и биологических информационных слоев, обеспечивают крайне высокую экономическую эффективность применения таких подходов к оптимизации промысловой деятельности. Сокращение времени, затрачиваемого экипажем судна на поиск скоплений биоресурсов, экономия топлива, повышение безопасности мореплавания являются неотразимыми аргументами, свидетельствующими о необходимости применения данных об окружающей среде в рамках повседневной деятельности промыслового флота.

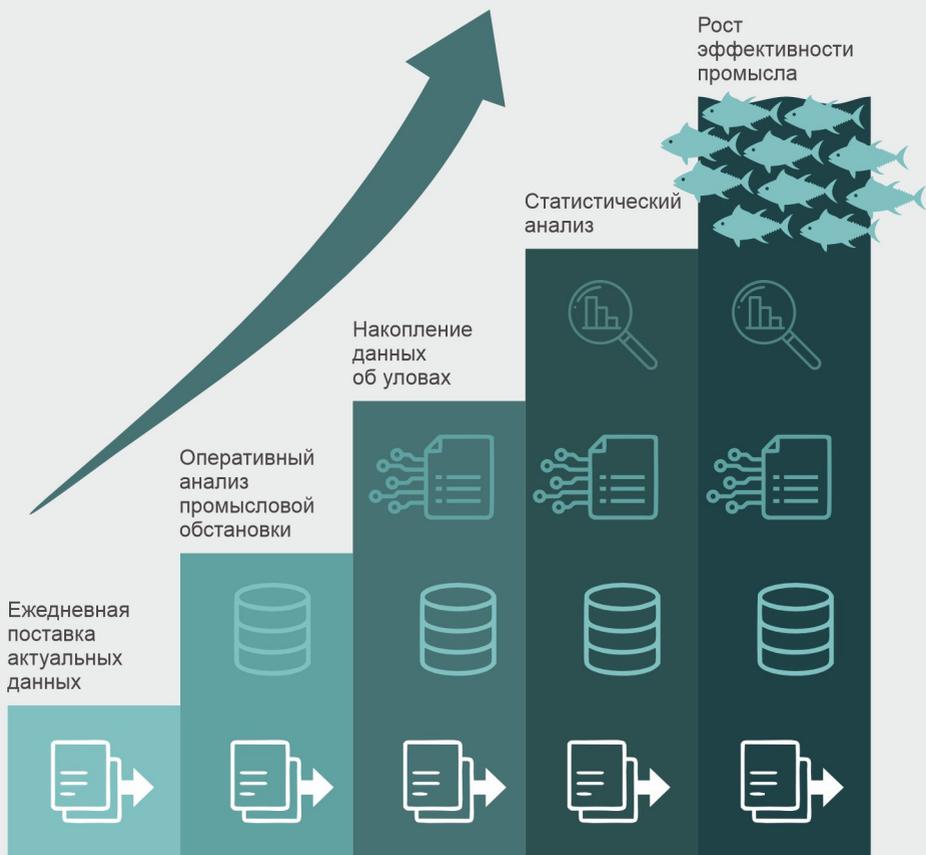


Рис. 41. Оптимизация рыбопромысловой деятельности с использованием данных об окружающей среде.

Подробная информация о системе предоставления океанографических данных Catsat представлена на сайте catsat.ru



СТТ Марин Сервис – официальный представитель Catsat на Дальнем Востоке РФ

690013, г. Владивосток,
ул. Каплунова, д. 7, оф. 103

+7 (423) 261-09-71
info@stt-marine.ru



Учебное издание

Сальман Александр Леонидович
Бржезинский Анатолий Александрович

**Использование данных об окружающей среде для оптимизации
рыболовства**
Учебное пособие

Редактор А. А. Бржезинский
Вёрстка А. А. Щеглов



СТТ Марин Сервис



690013, Россия, г. Владивосток,
ул. Каплунова 7, офис 103

+7 423 261 09 71
info@stt-marine.ru

stt-marine.ru

ISBN 978-5-6051929-0-9



9 785605 192909 >

