

# Неакустические методы обнаружения ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

*Эффективные системы обнаружения подводных лодок,  
основанные на неакустических методах, появятся,  
вероятно, нескоро. Несмотря на это, принципы,  
которые могли бы лежать в их основе,  
изучаются уже сейчас, поскольку функционирующая система  
такого типа способна обеспечить военное преимущество*

ТОМ СТЕФАНИК

**Р**АЗМЕЩЕНИЕ ядерных ракет на подводных лодках, принадлежащих СССР, Франции, Великобритании, Китаю и США, объясняется тем, что во время нахождения лодки под водой ее ракеты относительно защищены от ударов противника. Фактор защищенности ракет означает, что в кризисной ситуации враждующие ядерные державы вряд ли станут запускать эти ракеты, чтобы не дать противнику уничтожить их первым ударом. Действительно, представляется маловероятным, что сторона, сохраняющая способность нанести ответный удар, подвергнется сама первому удару, поскольку угроза возмездия будет сдерживать противника от нападения. Вследствие этого подводный атомный флот остается одним из ключевых факторов международной безопасности. Вместе с тем в условиях технического прогресса неизбежно возникает вопрос: станут ли подводные лодки, включая и те, что несут на борту ядерные ракеты, более уязвимыми в будущем?

Сами по себе подводные лодки не являются неуязвимыми. После обнаружения их противником они могут быть атакованы средствами противолодочной обороны (ПЛО). Со времен первой мировой войны, когда были разработаны первые методы обнаружения подводных лодок, ПЛО достигла высокой степени совершенства и теперь играет важную роль в любых военно-морских операциях. Обычно средства ПЛО состоят из специальных надводных судов, самолетов, вертолетов и ударных подводных лодок и предназначены главным образом для уничтожения подводных лодок общегонимого назначения, представляю-

щих серьезную угрозу для авианосцев, транспортов снабжения и других кораблей.

За последние 20 лет командование военно-морских сил США пересмотрело роль своей ПЛО — в особенности ударных подводных лодок — с тем чтобы включить в число их целей советские атомные подводные лодки с баллистическими ракетами на борту (ПЛАРБ) и для нанесения удара по этим лодкам в самом начале военных действий. Такая стратегия нацелена на то, чтобы СССР был вынужден использовать часть своих военно-морских сил, включая современные ударные подводные лодки, не в наступательных, а в чисто оборонительных целях. Более того, успешные операции ПЛО США против советских ПЛАРБ в конфликтной ситуации рассматриваются как способ заставить советских руководителей прекратить военные действия.

Из вышесказанного ясно, что Советский Союз получил бы значительные преимущества, если бы развернул в одностороннем порядке эффективную систему, позволяющую обнаруживать подводные лодки и следить за их передвижением; тем самым он облегчил бы себе задачу защиты собственных ПЛАРБ от американских ударных подводных лодок и смог бы посылать свои ударные подводные лодки, чтобы перекрывать морские коммуникации между США и их союзниками. Возможно, это позволило бы СССР даже нейтрализовать американские стратегические силы морского базирования, которые имеют вдвое больше ядерных боеголовок, чем такие же советские силы. Если бы такую систему развернули США, они

также получили бы решающее военное преимущество: эта система представляла бы гораздо более реальную угрозу для советских ПЛАРБ, а морские коммуникации были бы намного надежнее защищены от советских подводных лодок.

Для обнаружения баз подводных лодок вовсе не обязательно прибегать к изощренным методам разведки. Даже коммерческие спутники, производящие фотографирование земной поверхности, способны обнаружить подводную лодку в порту. В любой день в порту находится 35 - 45% американских ПЛАРБ. Советские ПЛАРБ проводят в море в среднем лишь 15% времени, но многие баллистические ракеты способны достичь целей на территории США, будучи запущенными из порта. При возникновении кризисной ситуации обе стороны, по-видимому, в состоянии вывести большую часть своих ПЛАРБ в море в течение нескольких суток.

Американские ПЛАРБ, находясь в подводном положении, могут бороздить просторы Северной Атлантики и северной части Тихого океана. Поскольку ракета «Посейдон С-3» имеет дальность действия 2500 морских миль (4630 км), ее боеголовки способны достичь целей на территории СССР при запуске с площади в пределах 10 млн. кв. км. Для новой ракеты «Трайидент I С-4» эта область составляет 70 - 100 млн. кв. км, поскольку ее дальность действия 4200 миль (7780 км). ПЛАРБ Великобритании и Франции, которые к середине 1990-х годов будут нести сотни ядерных боеголовок, также патрулируют в Северной Ат-

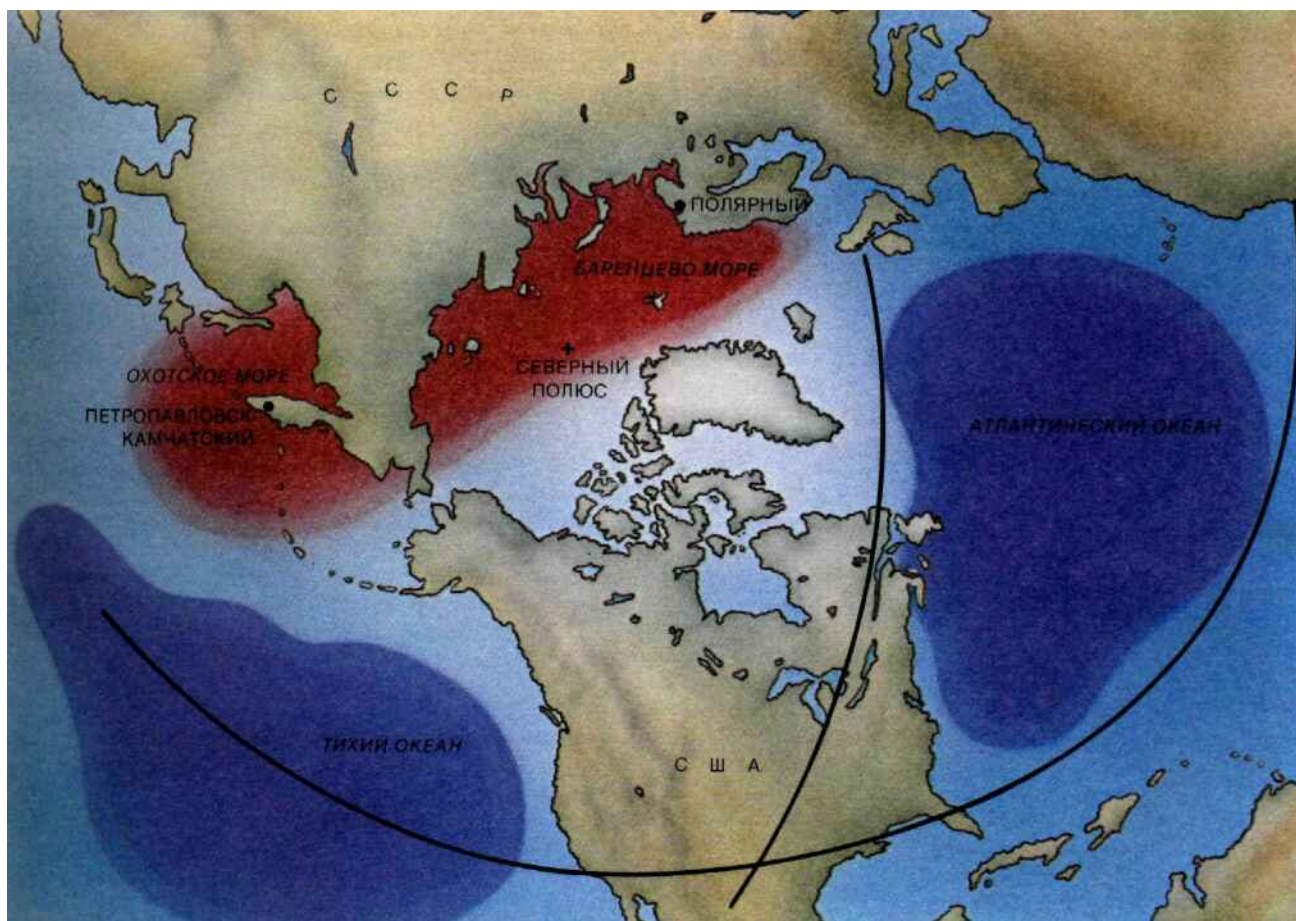
лантике. Большинство советских ПЛАРБ остается в пределах нескольких сотен миль от советских берегов в Арктике и в западной части Тихого океана, поскольку даже из этих районов их ракеты способны поразить цели на континентальной территории США. Лишь две или три советских ПЛАРБ, обычно класса «Янки» (подводные лодки старшего поколения), несут дежурство в основном у берегов США.

Подводные лодки независимо от своего «происхождения» обладают некоторыми присущими только им особенностями, из которых наиболее характерной является производимый ими при движении шум. Вследствие того что вода очень хорошо проводит

звук, наиболее распространенные и наиболее эффективные методы обнаружения подводных лодок опираются на использование подводных акустических датчиков. Существуют два основных типа систем акустического обнаружения, известных под названием активных и пассивных сонаров. Активный сонар излучает акустический импульс (характерное «жужжание», знакомое многим по фильмам о подводных лодках времен второй мировой войны), а затем «слушает» эхо или звуковой сигнал, отраженный от подводных объектов. Однако, посылая мощные импульсы, активный сонар обнаруживает себя, что помогает подводной лодке противника уничтожить его или ускользнуть. По этой

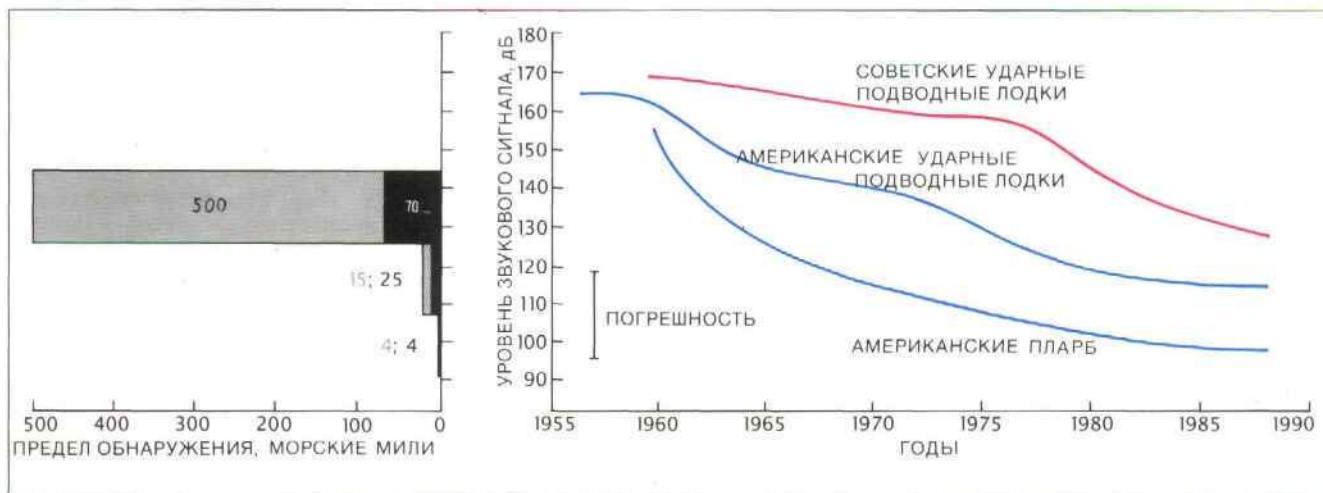
причине американские подводные лодки во время выполнения боевых задач используют главным образом пассивные сонары.

Пассивный сонар — это система подводных микрофонов (гидрофонов), размещаемых так, чтобы улавливать звуки моря. Сравнивая сигналы, «услышанные» отдельными гидрофонами, система может определить направление на источник звука. Кроме того, эти сигналы сравниваются с предварительно записанными эталонными сигналами с тем, чтобы установить, судно какого типа их порождает. Пассивный сонар может обнаруживать, определять местоположение и идентифицировать подводную лодку только в том случае, если



**РАЙОНЫ ПАТРУЛИРОВАНИЯ** современных атомных подводных лодок с баллистическими ракетами на борту (ПЛАРБ), принадлежащих СССР (*красный*) и США (*фиолетовый*), различаются по своему географическому положению и отражают особенности оборонительной тактики. Советские баллистические ракеты, размещаемые на подводных лодках, имеют такую дальность (*дуги*), которая позволяет ПЛАРБ, базирующимся в Полярном и Петропавловске-Камчатском, наносить удары по большинству целей на континентальной территории США соответственно из арктических морей и Охотского моря и прилегающих к ним районов. Тем самым советские ПЛАРБ будут недостижимы для сил противолодочной обороны США и их союзников, контролирующих узкие проходы,

ведущие в Атлантический и Тихий океаны. Кроме того, поскольку американские ударные подводные лодки могут получить приказ начать охоту за ПЛАРБ противника на ранних стадиях обычной (неядерной) войны, для советских ПЛАРБ более безопасно оставаться недалеко от родных берегов, где их могут легко защитить самолеты, а также надводные и подводные суда. Американские ПЛАРБ имеют неограниченный доступ в северные части Атлантического и Тихого океанов, а из-за того что они создают меньше шума, чем советские подводные лодки, они могут патрулировать акваторию океана без сопровождения — по крайней мере до тех пор, пока советская сторона не разработает эффективные средства обнаружения подводных лодок с воздуха или из космоса.



УРОВЕНЬ ШУМА, создаваемого подводной лодкой, определяет величину максимального расстояния, на котором она может быть обнаружена (слева) с помощью гидрофонов (подводных микрофонов) на глубинах свыше 1200 м (серый) и менее 300 м (черный). Как советские

(красный), так и американские (синий) подводные лодки становятся все более бесшумными, однако по этому показателю американский подводный флот все еще превосходит советский.

она создает достаточно сильный шум. По этой причине при конструировании подводных лодок как в США, так и в СССР применяются специальные меры, направленные на то, чтобы сделать лодки более бесшумными. К этим мерам относятся точная балансировка вращающихся частей для сведения к минимуму вибраций, установка механизмов на звукопоглощающих рамах, применение для охлаждения реактора систем циркуляции, основанных на использовании разности температур, а не механических насосов, и сведение к минимуму асимметрии потока в следе лодки за винтом.

Другой характерной особенностью подводных лодок является то, что они имеют стальной корпус. Массивные стальные конструкции создают локальные возмущения магнитного поля Земли, поэтому для обнаружения подводной лодки могут использоваться детекторы магнитных аномалий (приборы, чувствительные к изменениям локального геомагнитного поля). Детекторами магнитных аномалий, способными обнаруживать присутствие погруженной подводной лодки с расстояния примерно 1,5 км, оснащены самолеты американской и советской ПЛО.

И все же маловероятно, что такие устройства станут применяться когда-нибудь для обнаружения подводных лодок на больших расстояниях. (Для операций ПЛО локального характера, возможно, найдут применение устройства обнаружения с небольшим радиусом действия на сверхпроводниках.) Интенсивность сигнала, создаваемого магнитной аномалией, обратно пропорциональна кубу

расстояния, поэтому даже значительное повышение чувствительности датчиков не приведет к существенно увеличению расстояния, на котором можно обнаружить подводную лодку. Однако главным фактором, ограничивающим возможности детектора магнитных аномалий, является «шум». Для детекторов, размещаемых на самолетах, основные источники шума — это природные скопления железа и случайные флуктуации геомагнитного поля, особенно на солнечной активности. Возмущения геомагнитного поля, особенно на высоких широтах (где, как предполагается, сосредоточены советские ПЛАРБ), могут быть настолько сильными, что они маскируют присутствие подводных лодок.

Учитывая достижения в снижении шумов подводных лодок и ограниченные возможности детекторов магнитных аномалий, в США и СССР проводятся исследования по применению других физических принципов для обнаружения подводных лодок. Хотя в настоящее время еще не ясно, возможно ли создание устройств, основанных на неакустических методах обнаружения объектов, военного значения этих устройств требует, чтобы на этом направлении были сконцентрированы максимальные усилия. Особенно это касается систем космического базирования, способных следить за подводными лодками в глобальных масштабах.

**В БОЛЬШЕЙ ЧАСТИ** спектра морская вода непрозрачна для электромагнитного излучения, однако зелено-голубой свет может распростра-

няться в ней на довольно большое расстояние. Это дает возможность обнаруживать подводные лодки оптическими методами — по отражению или поглощению зелено-голубого света корпусом лодки. Соответствующая система могла бы работать как радар: лазер посылает к поверхности океана мощный импульс зелено-голубого света, а приемник регистрирует его отражение. По времени распространения импульса туда и обратно можно определить расстояние между лазером и объектом, отразившим импульс. Если же поверхность подводной лодки поглощает свет лазера сильнее, чем окружающая вода, то в поле рассеянного света лодка обнаружит себя как «дыра».

Такие оптические системы будут, вероятно, регистрировать множество ложных целей, поскольку под водой в океане имеются не только подводные лодки, но и другие объекты, например киты. Тем не менее лазерная система этого типа, по-видимому, уже применяется в Швеции для обнаружения подводных лодок в своих территориальных водах (наблюдения ведутся с самолета), но насколько она эффективна, пока неизвестно. Для системы космического базирования ограничивающими факторами будут существенно большее рассеяние и поглощение света в атмосфере, особенно при наличии облачности.

Другие возможности обнаружения подводных лодок определяются тем, что современные подводные лодки оставляют различные характерные «следы». Частишки краски, смываемые с корпуса лодки, мельчайшие количества радиоактивных веществ, ко-

торые выбрасываются в воду через систему охлаждения реакторов (на атомных лодках), и другие «выделения» образуют отчетливый химический след, демаскирующий подводную лодку. Для обнаружения таких следов потребуется измерять очень низкие концентрации загрязняющих веществ в пробах, которые следует брать на разных глубинах по всей акватории океана. Пока остается не известным, возможно ли вообще такое обнаружение примесей, но, даже если это и осуществимо, такой путь не позволяет создать дистанционную систему, необходимую для одновременного слежения за многими подводными лодками на большой акватории.

Более обнадеживающим представляется метод обнаружения лодки по ее тепловому излучению. На атомной подводной лодке превращение тепловой энергии, вырабатываемой ядерным реактором, в механическую энер-

гию обеспечивается циркуляцией воды через нагреватель, паровую турбину и систему охлаждения (для которой холодильником служит морская вода). Вследствие этого движущаяся подводная лодка оставляет за собой след более теплой воды.

Хотя лодка, на которой установлен реактор мощностью 190 МВт, отдает морской воде 45 млн. кал в секунду при скорости 5 узлов, это рассеиваемое тепло повышает температуру воды непосредственно за лодкой менее чем на 0,2 °С. Из-за перемешивания теплой струи с окружающей водой эта разница температур быстро уменьшается. На расстоянии 1 км за лодкой, движущейся с обычной скоростью, она уже составляет всего 0,01 °С.

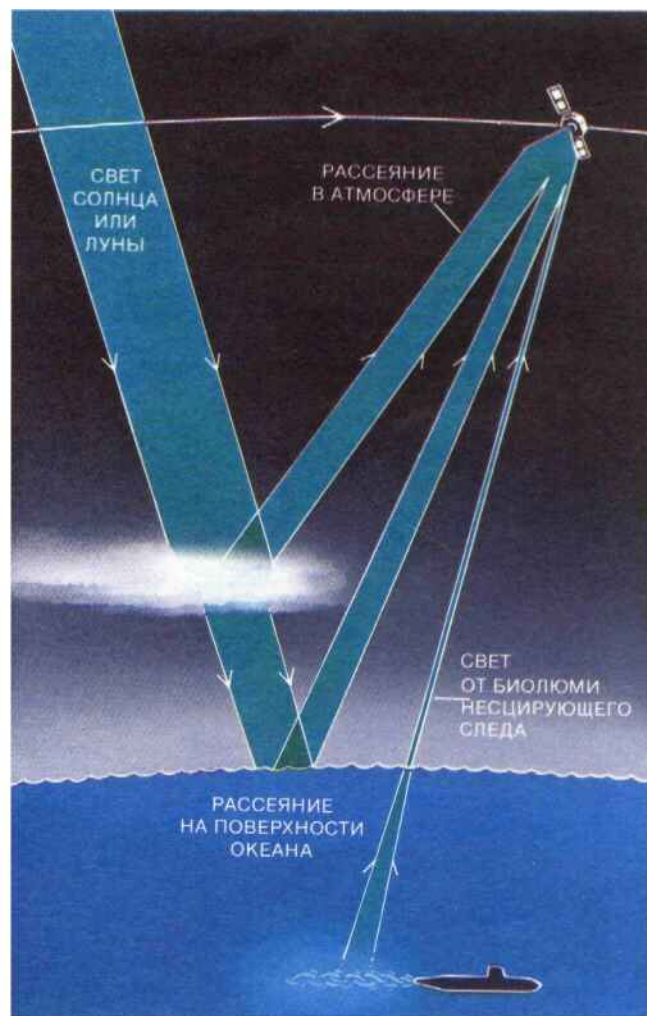
Кроме того, слегка нагретая вода не слишком быстро поднимается к поверхности, где самолетные или спутниковые датчики в принципе мо-

гли бы обнаружить слабое повышение температуры. Причина заключается в том, что температура воды в море возрастает (а ее плотность соответственно уменьшается) с приближением к поверхности. Поэтому более теплая вода в следе подводной лодки, поднявшись всего на несколько метров, попадает в слой воды с такой же плотностью и ее дальнейший подъем прекращается.

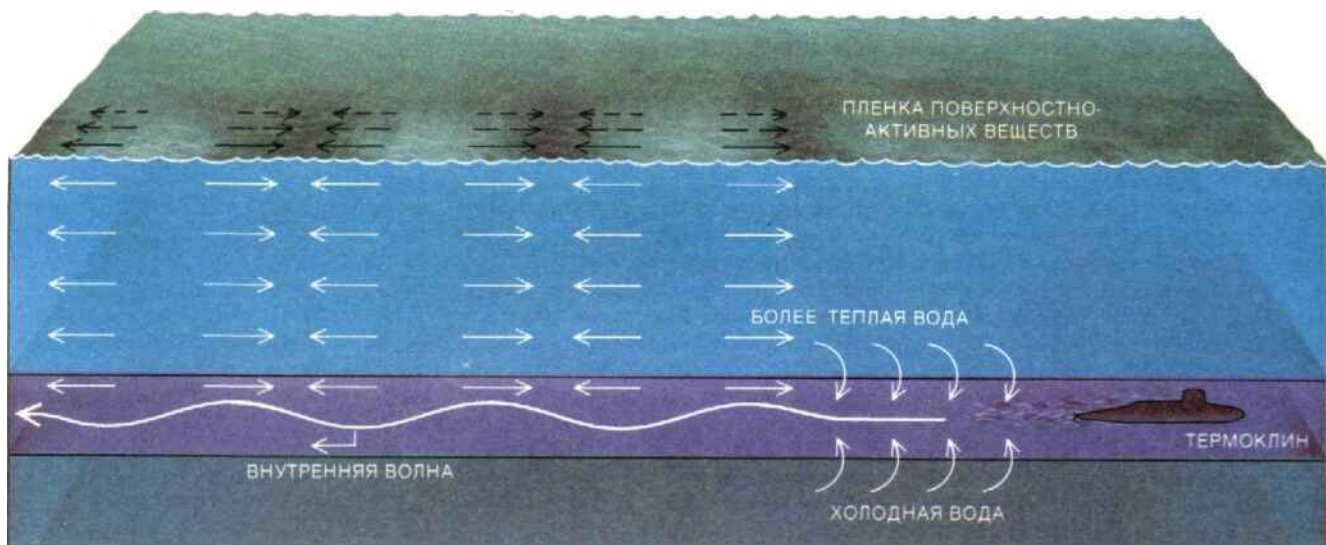
Исключение составляет тот случай, когда подводная лодка медленно движется в арктических водах, где температура примерно постоянна по глубине. Вместе с тем известно, что советские подводные лодки используют маневр, состоящий в том, что лодка прижимается к нижней поверхности ледяного покрова — так называемое прилипание ко льду. Это позволяет лодке сохранять свое положение, не работая винтами, даже при наличии течений; прилипание ко льду позволя-



ПОГЛОЩЕНИЕ И РАССЕЯНИЕ СВЕТА атмосферой и в особенности океаном существенно уменьшает величину оптического сигнала, в качестве которого может использоваться либо отраженный от лодки лазерный импульс (слева), либо вынужденная люминесценция



морских организмов (справа). Кроме того, свет, рассеянный от лазерного импульса или от естественных источников, образует сильный «фон», из которого оптическая система обнаружения подводных лодок, размещаемая в космосе, должна выделить полезный сигнал.



КОНВЕРГЕНЦИЯ И ДИВЕРГЕНЦИЯ, или схождение и расхождение течений (*стрелки*), вызываемые внутренними волнами, влияют на распределение пленок поверхностно-активных веществ, ПАВ (нефти и органических жидкостей, которые всегда есть на поверхности океана), приводя к образованию характерных «полос», которые можно увидеть с воздуха или из космоса. Внутренние волны — это периодические колебания воды в термоклине — слое резкого вертикального изменения

температуры и плотности воды. Волны возникают при любом вынужденном смещении объема воды вверх или вниз в термоклине, в частности при коллапсировании турбулентного следа подводной лодки. И течения, и полосы пленок ПАВ могут влиять на амплитуду и длину волн ряби на поверхности воды, что в свою очередь вносит изменения в излучательную и отражательную способность морской поверхности в микроволновом диапазоне.

ет также выключать на ней активный сонар, который в противном случае пришлось бы использовать, чтобы избежать столкновений с выступающими краями льда. Однако за исключением того режима, когда реактор работает с совсем малой нагрузкой, нагреваемая вода должна подниматься к поверхности льда, что дает возможность обнаружить присутствие подводной лодки.

В методах дистанционного обнаружения участков воды с повышенной температурой должны использоваться специальные датчики, которые измеряют излучение воды в инфракрасном и в микроволновом диапазонах, возрастающее при повышении температуры воды. Некоторые спутники уже сейчас оснащены такими датчиками. Однако тепловая «ропись», оставляемая подводной лодкой на поверхности воды, чрезвычайно бледна и обнаружить ее на фоне довольно сильного инфракрасного и микроволнового излучения атмосферы — задача не из легких.

**ПОМИМО ТОГО**, что подводная лодка производит шум, возмущает локальное геомагнитное поле и выделяет тепло, она также вытесняет воду. Если лодка движется с высокой скоростью вблизи поверхности, она создает над собой характерный горб воды (иногда называемый горбом Бернулли), а позади себя — отчетли-

вый V-образный волновой след, образованный так называемыми волнами Кельвина. (Волны Кельвина можно также наблюдать в кильватере надводного судна.)

Размеры горба Бернулли и волнового следа быстро убывают с уменьшением скорости лодки и увеличением глубины погружения. Так, высота горба над достаточно большой подводной лодкой, движущейся со скоростью 20 узлов на глубине 50 м, составляет около 6 см, а волн Кельвина — 2 см. Горб Бернулли, создаваемый той же подводной лодкой при скорости 5 узлов на глубине 100 м, едва ли можно назвать горбом, поскольку он имеет высоту всего 1 мм; амплитуда волн Кельвина в этом случае пренебрежимо мала. На поверхности океана могут возникать и другие гидродинамические явления, например вихри, создаваемые корпусом лодки и рулями управления. Однако, если командир подводной лодки принимает должные меры предосторожности при выборе глубины плавания и скорости движения, возмущения поверхности, создаваемые подводной лодкой, вряд ли можно обнаружить.

Существует все же одно косвенное проявление гидродинамических возмущений, создаваемых подводной лодкой, поддающееся обнаружению. Океан населен люминесцирующими организмами, которые, если их потревожить, испускают голубое или

зелено-голубое свечение. Движущаяся подводная лодка создает за собой турбулентный след, освещаемый этими организмами.

Возможность обнаружения светящегося следа представляет интерес, поскольку этот след может быть замечен с воздуха или из космоса. Хотя зелено-голубой свет поглощается морской водой слабее, чем электромагнитное излучение с другими длинами волн, его интенсивность уменьшается в два раза на каждые 7 - 14 м пути распространения. Поэтому интенсивность света, достигшего поверхности воды с глубины 50 м, составляет только 1/40 своего первоначального значения, а с 200-метровой глубины — менее одной миллионной.

Если бы биолюминесценция вызывалась только непосредственным контактом между подводной лодкой и светящимися организмами, опасность генерации различного биолюминесцентного сигнала была бы невелика, так как это свечение возникало бы лишь на большой глубине. Однако светящийся след может образовываться и вблизи поверхности. Хотя турбулентный след, вообще говоря, может подниматься, вследствие чего биолюминесцентный сигнал будет возбуждаться вблизи поверхности, гораздо более вероятно, что след коллапсирует позади лодок вследствие устойчивой стратификации плотности воды в океане. Биолюминесцент-

ный сигнал может достигать поверхности в том случае, если свечение организмов, вызванное прямым контактом с корпусом подводной лодки, инициирует свечение организмов в вышележащих слоях. Такую «эстафетную» передачу сигналов между светящимися организмами можно наблюдать в природе, однако пока нет определенного ответа на вопрос, позволяет ли это явление определять точное местонахождение погруженной подводной лодки. Географические, сезонные и вертикальные вариации в распределении таких организмов до сих пор почти не изучены.

Даже если ответы на эти вопросы будут получены, останется сложная проблема создания системы обнаружения, основанной на биолюминесценции. Такая система должна отличать аномальный биолюминесцентный след от фоновой биолюминесценции. Существует и другой, едва ли не более мощный источник шума: зелено-голубая компонента солнечного и лунного света. Рассеяние солнечного света в океане и атмосфере настолько велико, что самолетная или спутниковая система, предназначенная для обнаружения биолюминесценции, сможет работать лишь в ночных условиях.

Наибольший интерес у специалистов, разрабатывающих методы обнаружения подводных лодок, вызывает такое явление в океане, как внутренние волны. Внутренние волны — это периодические колебания плотности и температуры воды в термоклине — слое океана, где происходит резкое уменьшение температуры и возрастание плотности. В открытом океане термоклин располагается обычно на глубине около 200 м.

Объем воды в термоклине, смещенный вверх или вниз, будет испытывать влияние сил плавучести, действующих в направлении, обратном смещению. Поэтому возмущение, возникающее в термоклине, порождает колебания плотности и температуры, которые распространяются из области возмущения в виде волн. Частота этих волн известна как частота Брента—Вяйсялля, а величина, обратная ей (период волны), служит фундаментальным временным масштабом, определяющим колебательные движения в термоклине. Величина периода Брента—Вяйсялля может сильно меняться как в пространстве, так и во времени, но обычно она лежит в пределах от 10 до 100 мин. Первоначальное вертикальное смещение воды, которое порождает внутренние волны, может быть обусловлено различными факторами, к которым относятся вариации атмосферного Давления, океанские течения и движение

С помощью оптических методов можно следить за смещениями слоев микроорганизмов, рассеивающих свет. Поскольку такие слои должны колебаться при прохождении внутренних волн, оптические методы могут применяться для обнаружения внутренних волн, создаваемых подводной лодкой, хотя распределения и свойства биологических рассеивателей пока не каталогизированы. В настоящее время изучается также возможность обнаружения подводных лодок по слабым поверхностным эффектам, которые вызываются внутренними волнами и при определенных условиях становятся видимыми. Внутренняя волна порождает на поверхности моря или вблизи нее горизонтальные течения, которые изменяются в фазе с волнами. Над гребнем внутренней волны течение направлено навстречу волне, над впадиной — в направлении ее распространения. В силу этого поверхностные течения над внутренней волной сходятся и расходятся (испытывают конвергенцию и ~~дивергенцию~~ <sup>дивергенцию</sup> лодок).

В местах конвергенции течений поверхностная пленка нефти или других органических жидкостей, известных под названием поверхностно-активных веществ (ПАВ), стягивается, образуя характерные полосы. Хотя механизм, ответственный за это явление, до конца не понят, поверхностные полосы и поверхностные течения, порожденные интенсивными

внутренними волнами, могут создавать крупномасштабные структуры в картине ряби на поверхности воды вследствие модуляции амплитуды и длины волн ряби.

Как различить такие структуры на поверхности океана? Спутник Seasat, запущенный в 1978 г. и предназначенный для съемки поверхности океана, открыл ученым то, что специалистам, работающим по заказу правительства, вероятно, уже было известно: поверхностные структуры, связанные с течениями, рельефом дна и внутренними волнами, т. е. явлениями и объектами много ниже поверхности океана, хорошо заметны на изображениях поверхности, полученных с помощью спутникового микроволнового радара с синтезированной апертурой. Радар посылает микроволновые импульсы наклонно к Земле и перпендикулярно орбите. Импульсы следуют один за другим, «освещая» широкую полосу земной поверхности (100 км у спутника Seasat) микроволновым излучением, часть которого отражается назад к спутнику.

Расстояние до объекта, попавшего в поле «зрения» радара, измеряется временем распространения импульса туда и обратно. Одинаково удаленные объекты сравниваются между собой по доплеровскому сдвигу частоты отраженного импульса (изменению частоты, обусловленному движением спутника относительно объекта); сигнал, отраженный от объек-



Снимок, сделанный со спутника Seasat, запущенного в 1978г., обнаруживает на поверхности воды прядеобразные структуры, отражающие, по-видимому, сложную картину подводных течений, влияние рельефа дна и, возможно, даже внутренних волн на многометровой глубине (изображен район близ устья реки Кукоквим на Аляске). Изображение получено путем обработки данных микроволнового радара с синтезированной апертурой (см. рисунок на с. 12) и имеет разрешение 25 м.

та, который находится впереди спутника, имеет большую частоту, а сигнал от объекта, находящегося позади спутника, — меньшую. Каждая точка на полосе, «заметаемой» радаром, дает отраженный сигнал, регистрируемый на нескольких «снимках», которые радар делает за небольшой интервал времени при движении по орбите. Если замеченные объекты не успевают значительно переместиться за это время, эффективная апертура радара (мера разрешающей способности радара, определяемая обычно длиной антенны) оказывается намного больше, чем длина микроволновой антенны.

Хотя снимки, полученные со спутника Seasat, подтвердили, что при определенных условиях радар с синтезированной апертурой может обнаружить модуляцию ряби на морской поверхности, механизм этого явления еще недостаточно изучен. Наиболее распространенное объяснение состоит в том, что интенсивность сигнала, отраженного от поверхности моря, описывается теорией рассеяния Брэгга. Из этой теории следует, что в результате интерференции микроволны усиливаются, если они отражаются от регулярных структур с расстоянием между элементами, равными длине волны микроволнового излучения,

и ослабевают при отражении от всех других структур. Несмотря на то что экспериментальных данных в этой области определенно не хватает, ясно, что объяснить отражение микроволн от океанской поверхности одним лишь рассеянием Брэгга нельзя. Существуют теоретические модели, которые лучше описывают экспериментальные данные, так как основываются на более общем описании обратного рассеяния.

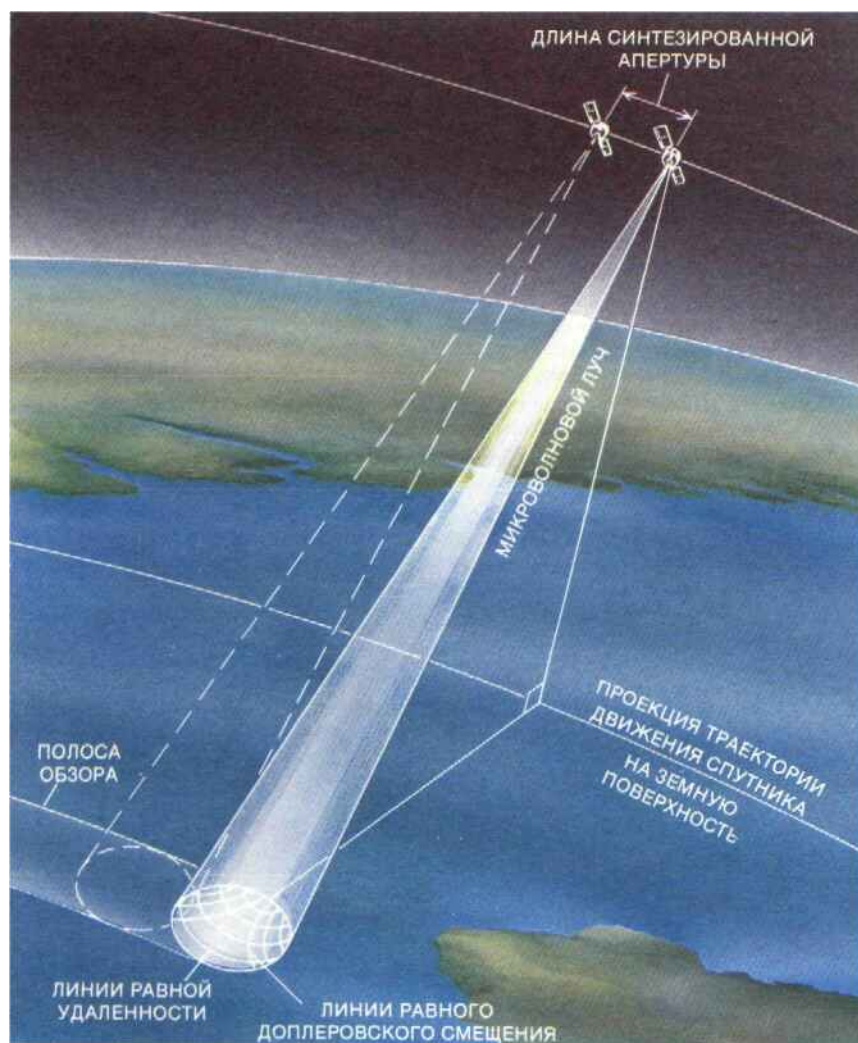
Помимо вопросов, связанных с выбором модели обратного рассеяния, возможность использования радара с синтезированной апертурой в военных целях зависит от того, удастся ли получать и обрабатывать изображения в реальном масштабе времени, т. е. сразу же после приема отраженных сигналов. Изображения морской поверхности могут быть получены либо путем цифровой обработки сигнала, либо с помощью оптической техники, в которой используются системы линз, чтобы обрабатывать сигналы в аналоговом виде. Хотя цифровая обработка обладает большей гибкостью, оптический метод работает быстрее и может оказаться более подходящим для специализированного спутника, предназначенного для съемки океанской поверхности. В дополнение к сказанному потребуется довольно хитроумная процедура распознавания образов, для того чтобы отличать структуры, создаваемые внутренними волнами, которые порождены подводной лодкой, от структур естественного происхождения.

Другим методом, позволяющим измерять неровность морской поверхности, является метод пассивной микроволновой радиометрии. Он состоит в измерении собственного микроволнового излучения от морской поверхности. Это излучение в данном диапазоне частот зависит не только от температуры воды, но и от излуча-

тельной способности

которая в свою очередь зависит от неровности поверхности и наличия на ней пленок ПАВ. Советские исследования в области дистанционного микроволнового зондирования показывают, что сочетание активных систем, таких как радары, с пассивными системами может повысить возможности обнаружения поверхностных эффектов, порожденных подводными объектами и явлениями.

Если бы, возникающие при прохождении подводной лодки поверхностные эффекты можно было регистрировать с помощью устанавливаемого на спутнике радара, — а на сегодняшний день эта возможность



Радар с синтезированной апертурой, размещаемый в космосе, посылает импульсы когерентного микроволнового излучения под углом к поверхности Земли и регистрирует отраженное излучение. Задержка между посылаемым импульсом и отраженным определяет расстояние до объекта. Равноудаленные объекты находятся на дугах окружности с центром в точке, расположенной прямо под радаром. Доплеровский сдвиг частоты отраженного сигнала (изменение частоты, вызываемое движением радара относительно отражающего объекта) помогает различать равноудаленные объекты, поскольку объекты, дающие один и тот же доплеровский сдвиг, лежат на ветвях гиперболы с фокусом в точке, расположенной непосредственно под радаром. Пересекающиеся дуги служат по существу координатным осями, позволяющим и определить местоположение объекта.

остаётся чисто гипотетической, — на передний план вышла бы трудно разрешимая проблема слежения за целью на фоне ложных сигналов и естественных шумов. Даже применение таких систем, как детекторы магнитных аномалий и сонары, которые за несколько десятилетий были значительно усовершенствованы, чрезвычайно ограничено в связи с указанной проблемой. Кроме того, нельзя исключать и потенциальных контрмер, которые могут быть приняты противником, хотя для разработки таких эффективных контрмер необходимо знать, какие механизмы лежат в основе функционирования систем обнаружения. Контрмеры могут быть нескольких видов: изменение тактики, разбрасывание ложных целей и глушение (генерация мощных искусственных шумов).

Из-за того что неакустические системы обнаружения подводных лодок окажутся, вероятно, очень сложными, вначале их скорее всего будут приспособлять для самолетов, которые могут держаться ниже слоя облачности, совершать многократные облеты одного и того же района, и возвращаться на базу для обслуживания и ремонта. Объем подлежащих обработке данных, получаемых с помощью систем, установленных на самолетах, значительно меньше, чем в случае спутниковых систем, так как измерения охватывают небольшой участок поверхности. Поскольку советская сторона делает акцент на защите ПЛАРБ от американских ударных подводных лодок в своих водах, у нее есть дополнительные основания начать с применения неакустических систем в малых масштабах у Арктического и Тихоокеанского побережья СССР.

Если бы разведывательные службы США были хорошо осведомлены о фундаментальных принципах неакустического обнаружения подводных лодок, они могли бы предвидеть те технические усовершенствования, на которых — на ранних стадиях разработки и развертывания систем обнаружения — сосредоточит внимание советская сторона. По мнению бывшего директора военно-морской разведки С. Шапиро, трудно узнать что-либо о состоянии дел в Советском Союзе по разработке неакустических методов, когда работы только планируются или ведутся в лабораториях, но «легко собирать информацию... когда [Советский Союз] внедряет или испытывает что-нибудь».

Следует помнить и о том, космические платформы, несущие системы обнаружения, имеют большие размеры и могут быть легко опознаны. Для того чтобы охватить всю Северную

Атлантику и северную часть Тихого океана, вероятно, потребуется много спутников.

Судя по данным, содержащимся в открытой литературе, прорыва в разработке средств обнаружения подводных лодок пока не предвидится. Одновременно остаются неизвестными ответы на фундаментальные вопросы, связанные с возможностью регистрации подповерхностных движений воды. Не имея ответа на эти вопросы, мы не можем отвергнуть, на-

пример, идею применения микроволнового радара для обнаружения подводных лодок. Таким образом, потребуется проведение широких исследований, в том числе и фундаментальных исследований открытого характера, для того чтобы убедить правительство и общественность в том, что морские стратегические силы будут оставаться трудно уязвимыми — в особенности если США и СССР договорятся о значительных сокращениях в области стратегических вооружений.