

# ГЕОЛОГИЯ ДНА ОКЕАНА

*Цыганков Андрей  
Александрович  
ХФ БГУ*

*Кафедра геологии*

**Введение.** Основные понятия современной геологии и геодинамики (субдукция, спрединг, трансформный разлом и др.) сформировались в результате изучения океана. Сравнение пород океанической коры и офиолитовых разрезов, современного и древнего осадконакопления, ныне активных и древних гидротермальных систем позволяет реконструировать палеогеографические и палеогеодинамические обстановки на суше, что в свою очередь, приводит к более обоснованному прогнозу положения месторождений полезных ископаемых.

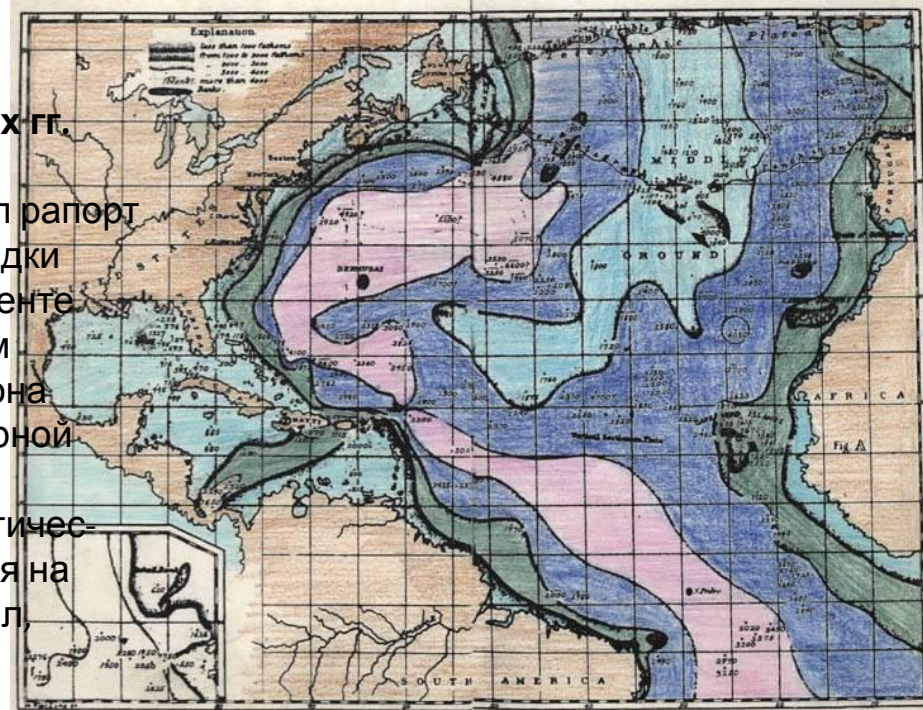
Территория Российской Федерации омывается водами Тихого, Атлантического и Северного Ледовитого океанов и поэтому **выпускники высших учебных заведений страны геологического профиля должны иметь представление об основных особенностях геологического строения этих акваторий и Мирового океана в целом.** Тем более, что с морями нашей страны связаны наиболее перспективные районы на открытие месторождений углеводородов и россыпей.

Геологические исследования Мирового океана имеют специфические особенности, которые отличают их от изучения континентов. Во-первых, коренные породы дна океана представляет собой закрытый объект. Он изучается в основном геофизическими, т.е. дистанционными методами. Прямые наблюдения включают изучение кернов, полученных с буровых судов или платформ, образцов, которые были собраны с пилотируемых подводных аппаратов или при драгировании дна. Во-вторых, познание геологии океана связано с пониманием основ геофизики, географии, геоморфологии, океанологии, картографии, информатики и принципов интерпретации полученных результатов.

# Немного истории....

История изучения океана с середины XIX века до 50-х гг. XX в.

В 1855 г. министр Военно-Морского флота США получил рапорт лейтенанта М.Ф. Мори (M.F. Maury) о результатах прокладки телеграфного кабеля в Атлантическом океане. В документе сообщалось, что между Ирландией и Ньюфаундлендом обнаружена подводная возвышенность. В том же году она была показана на первой батиметрической карте Северной Атлантики. Именно с этого момента стало известно о существовании северного фрагмента Срединно-Атлантического хребта. В 1872 г. началась кругосветная экспедиция на судне "Челленджер" (1872-1876 гг.). На его борту работал, помимо других специалистов, английский океанограф Д. Меррей.



Первая карта Северной Атлантики М. Мори. 1855 г., по:

<http://www.earthinstitute.columbia.edu/library/>

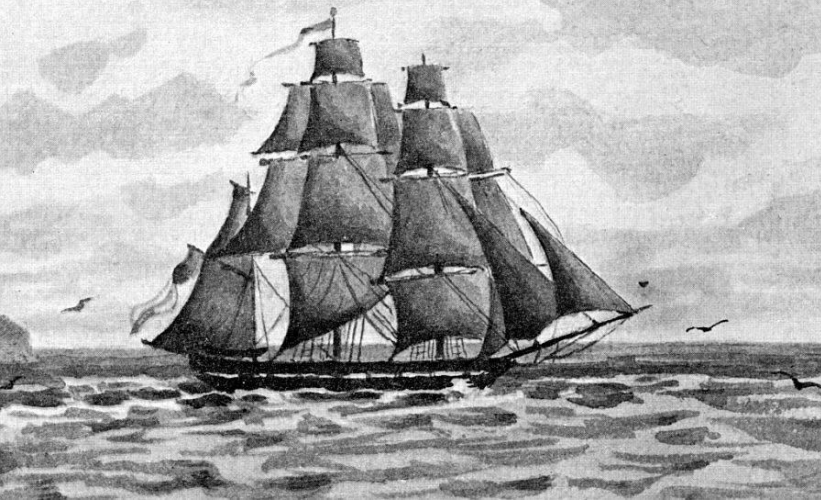
Данные рейса, дополненные некоторыми иными материалами, послужили основой для создания им в 1885 г. батиметрической карты Мирового океана, на которой в Атлантическом океане просматриваются контуры подводного поднятия, протягивающегося примерно по его середине. Это является первым изображением Срединно-Атлантического хребта. Во время рейса, помимо важных гидрографических наблюдений, измерений глубин дна, была отобрана коллекция горных пород с океанических островов.



Британский корвет "Челленджер».



## Барк "Бигль", на котором плавал Ч. Дарвин, по: (Дарвин, 1908)



Одной из первых работ по тектонике Атлантического океана можно считать дневник **Ч. Дарвина**, в котором описывались события во время путешествия на барке "Бигль" (1831-1836 гг.). Автор отметил различие в происхождении островов в пределах Атлантики и подчеркивал, что скалы Святого Павла (около экватора) имеют не вулканическое происхождение, что и было подтверждено многочисленными последующими работами. На основании наблюдений в бухте Прая на юге о. Сантьягу в архипелаге Островов Зеленого Мыса Ч. Дарвин высказал мысль об огромной роли вертикальных движений в геологической истории региона, что не вызывает сомнений до настоящего времени.

Во второй половине XIX века началось изучение состава коренных пород и осадков дна Атлантического океана. Эти сведения собирались попутно с различными океанографическими исследованиями. В 1839 г. при Британской ассоциации развития науки был основан Драгировочный комитет, которым было предписано участникам экспедиций проводить сборы не только организмов, но и коллекций грунтов. Рассуждения о природе рельефа Атлантического океана стали появляться только в начале XX века. Профессор Парижского Университета

**Э. Ог** предполагал, что впадина Атлантики, дискордантная по отношению к складчатым системам Старого и Нового Света, является геосинклиналью, вдоль оси которой, стала формироваться инверсионная складка (Срединно-Атлантический хребет). Иную точку зрения высказывали сторонники дрейфа материковых глыб. Основоположник мобилизма **А. Вегенер** полагал, что Средне-Атлантический вал сложен остаточным материалом после разделения континентов.

Во время выдающейся германской экспедиции на научно-исследовательском судне "Метеор" (1925 - 1927) был впервые применен **эхолот**. Это привело к созданию новой батиметрической карты Атлантического океана (1:20 000 000) в 1934 г. На ее основе была создана новая классификация форм подводного рельефа и был составлен обширный список новых географических названий, которые составляют основу современной топонимики (наука о происхождении географических названий) Атлантического океана. Недостаток геологической информации о коренных породах океана, а точнее - ее отсутствие, вынуждало геологов использовать косвенные данные - сопоставлять простирания горных сооружений на континентах, делать



**Альфред Лотар Вегенер** (1880—1930) — [немецкий](#) (1880—1930) — немецкий [геофизик](#) (1880—1930) — немецкий геофизик и [метеоролог](#) (1880—1930) — немецкий геофизик и метеоролог, создатель [теории дрейфа материков](#).

Профессор университета в Граце (1924). Участник (1906—1908, 1912—1913) и руководитель (1929—1930) экспедиций по исследованию Гренландии. Из второй экспедиции в Гренландию, его посетила гениальная идея. В январе 1912 года он представляет свою теорию обществу: [Континенты](#). Когда Вегенер вернулся из второй экспедиции в Гренландию, его посетила гениальная идея. В январе 1912 года он представляет свою теорию обществу: Континенты являются независимыми [плато](#). Когда Вегенер вернулся из второй экспедиции в Гренландию, его посетила гениальная идея. В январе 1912 года он представляет свою теорию обществу: Континенты являются независимыми плато, лёгкими по сравнению с более глубокими слоями [земной коры](#). Когда Вегенер вернулся из второй экспедиции в Гренландию, его посетила гениальная идея. В январе 1912 года он представляет свою теорию обществу: Континенты являются независимыми плато, лёгкими по сравнению с более глубокими слоями земной коры. Из-за этого они могут, как льдины, [дрейфовать](#). Когда Вегенер вернулся из второй экспедиции в Гренландию, его посетила гениальная идея. В январе 1912 года он представляет свою теорию обществу: Континенты являются независимыми плато, лёгкими по сравнению с более глубокими слоями земной коры. Из-за этого они могут, как льдины, дрейфовать по земной коре. В ходе истории континенты изменили положение и передвигаются до сих пор. Так, [африканский](#). Когда Вегенер вернулся из второй экспедиции в Гренландию, его посетила гениальная идея. В январе 1912 года он представляет свою теорию обществу: Континенты являются независимыми плато, лёгкими по сравнению с более глубокими слоями земной коры. Из-за этого они могут, как льдины, дрейфовать по земной коре. В ходе истории континенты изменили положение и передвигаются до сих пор. Так, африканский континент «подползает» под плато [Евразии](#). Когда Вегенер

**АЛЬФРЕД ВЕГЕНЕР**  
(1880—1930)





## Научно-исследовательское судно "Метеор" (Германия).

В 1959 г. вышла в свет книга "Дно Атлантического океана", обобщающая полученные данные, авторами которой были Б.Хейзен, М.Тарп, М.Юинг, которая сопровождалась физиогеографической картой. Этот капитальный труд обобщил огромный фактический материал. В книге рассматривались все основные геоморфологические элементы дна океана и делались попытки объяснить их происхождение. В СССР исследования дна Мирового океана начали проводиться с 1920 г. с организации Плавучего морского научно-исследовательского института. В конце 40-х-начале 50-х гг. были созданы такие организации как НИИГА (Научный институт исследования геологии Арктики), а затем и Институт океанологии Академии Наук (ИОАН). В это время в советской геологической литературе появилось только несколько работ, которые в той или иной степени затрагивали вопросы строения океана. Однако все они основывались на устаревших литературных материалах. Одной из первых была

В довоенный период (до Второй Мировой войны) были сделаны крупные шаги в области картографирования дна Атлантического океана - очерчены контуры срединно-океанического хребта, всех котловин и отдельных поднятий. Вполне определенно сложились два подхода в представлениях о тектонике Атлантики: взгляд на дно как на нечто особенное (выходы симы), не имеющего аналогов на континентах и выводы о полной идентичности структур континентов и океана. Эти представления получили развитие в двух геодинамических концепциях - мобилизме и фиксизме, которые объединялись только в одном - дно Атлантического океана, с тектонической точки зрения, весьма гетерогенно.

До Второй Мировой войны начали бурно разрабатываться, а после нее и внедряться, новые технические средства и методы исследования, позволившие резко расширить изучение геологии дна океана и повысить их надежность. Тросовый способ измерения глубин был заменен акустическими методами на базе приборов фирм Англии, США и Германии. Стали появляться и внедряться подводные фотоустановки, морские геофизические приборы для измерения магнитного и гравитационного полей. Значительно улучшились навигационные привязки. В Атлантическом океане начали разворачивать научную работу океанологические центры США - Ламонтская геологическая обсерватория, Океанографический институт в Вудсхоле, а также различные подразделения военно-морского флота США. В восточной и северной частях Атлантики проводили работы океанологи Англии, в меньшей степени

**Возникновение теории конвекции и спрединга.** В 1961 г. **Р. Диц** (США) пришел к принципиально новым представлениям о развитии океанической литосферы. "**Концепция, выдвигаемая нами, - ее можно назвать теорией раздвигания океанического дна, или теорией спрединга - является в значительной мере интуитивной; она возникла при попытках интерпретировать данные батиметрии океанического дна**" (Диц, 1974, с.26). В целом, в этой революционной работе были разработаны основы современной геодинамики. Было введено понятие о плитах, сделана попытка интерпретации магнитных аномалий как отражение напряжений перпендикулярных движению конвекционного потока, высказана идея о трехслойном строении коры под океанами, рекомендованы к широкому употреблению такие термины как "астеносфера" и "литосфера", введены такие понятия как атлантический и тихоокеанский типы окраин и некоторые другие идеи. Практически все эти направления интенсивно разрабатываются и в настоящее время.

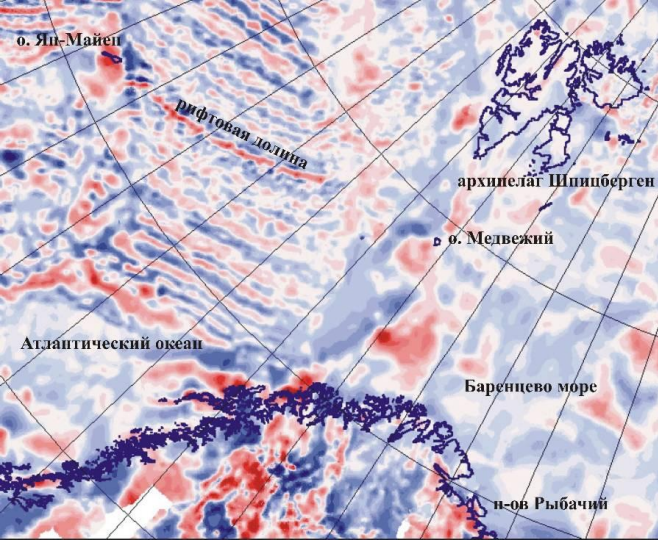
В 1962 г. **Г. Хесс** (США) подробно рассмотрел возможность существования конвекционных ячеек и геодинамические следствия из этого. Он считал, что под срединно-океаническими хребтами существуют идущие, в следствии чего дно океана обновляется каждые 300 - 400

**Гарри Хесс**  
(Harry Hess) –  
в 1961 году  
сформулировал  
представление  
о спрединге  
океанского  
дна



**Открытие полосовых магнитных аномалий.** В 1963 г. сопоставление профилей дна северной части Атлантического океана и аномалий магнитного поля Земли привели **Ф.Вайна и Д.Метьюза** из Кембриджского университета к созданию оригинальной модели, в основе которой было два допущения. Во-первых, при раздвигании океанического дна, перемещающиеся блоки нормально и обратно намагниченного материала должны двигаться в стороны от океанического хребта и вытягиваться параллельно его гребню. Во-вторых, полагалось, что во времени происходит периодическое обращение магнитного поля Земли. Подчеркивалось, что авторы допускают, что магнитные контрасты океанической коры могут быть объяснены и без учета инверсий магнитного поля Земли (например тем, что океаническая кора состоит из чередующихся блоков очень сильно и очень слабо намагниченного в одном и том же направлении материала).





Основные идеи **Ф.Вайна** и **Д.Метьюза** нашли самое широкое применение для объяснения строения Мирового океана и истории Земли, а также для составления разнообразных палинспастических карт. В настоящий момент принято считать, что океанской литосфере присущи контрастные полосчатые магнитные аномалии, расположенные параллельно гребням срединно-океанических хребтов. Их происхождение связано со способностью базальтов океанского дна намагничиваться магнитным полем Земли при остывании и «запоминать» его направление, которое многократно меняло свою полярность, что и позволяет датировать возраст отдельных аномалий. Это позволяет считать палеомагнитный метод определения возраста океанского дна как основной для проведения палеотектонических реконструкций.

**Открытие трансформных разломов.** В 1939 г. **Г. Меррей** из Береговой и геофизической службы США в нескольких сотнях миль к западу от мыса Мендосино (Тихоокеанское побережье Северной Америки) описал на дне океана протяженный уступ субширотного простирания. Его изучение было прервано Второй Мировой войной. В 1949 и 1957 гг. **И. Толстой** и **М. Юинг** описали поперечные долины, которые пересекали Срединно-Атлантический хребет. В 1955 г. Г. Менард описал восемь субпараллельных уступов южнее Мендосино, которые были интерпретированы как разломные зоны. В 1961 г. в Приэкваториальной области Атлантического океана, после работ 17-го рейса НИС "Чейн" и обобщения батиметрических и сейсмических данных собранных в экваториальной Атлантике с 1956 по 1960 гг., между 10 и 5° с.ш. были открыты сложно построенные участки дна. Они были описаны **Б.Хизеном** с соавторами в 1964 г. как разломные зоны. Открытие необычного природного явления повлекло необходимость создания теоретического объяснения, которое появилось в 1965 году. **Дж.Уильсон**, изучив размещение горных систем, срединно-океанических хребтов и крупных разломов Земли, отметил факт резкого обрыва этих структур. Он предположил, что все мобильные пояса связаны в единую цепь, обрамляющую несколько крупных жестких плит. При этом "любая из вышеупомянутых структур в своем окончании может переходить или трансформироваться в структуры одного из двух типов... . Область сочленения, в которой один структурный элемент преобразуется в другой, предлагается назвать трансформой (transform), или областью трансформации" (Уильсон, 1974). Автор предположил, что существует особый класс разломов-сдвигов, которые резко обрываются с обоих концов, но по которым могут фиксироваться значительные смещения. Для этих образований был предложен термин "**трансформный разлом**" и указывалось, что они должны называться "в соответствии с теми структурными формами



**Становление тектоники плит.** Используя идеи Р.Дица, Дж. Уильсон предположил, что Срединно-Атлантический хребет расширяется с образованием новой океанической коры, оставляя в рельефе дна неактивные следы своего бывшего положения. Он пришел к выводам, что видимое смещение срединно-океанического хребта «является лишь отражением формы первоначального раскалывания двух континентальных блоков» и, что места пересечения трансформных разломов с противоположными берегами "представляют собой сопряженные точки, которым следовало бы быть совмещенными перед началом рифтинга».

В последующие пять лет продолжалось бурное развитие вышеупомянутых идей многими авторами, которые создали принципиально новую картину тектоники Земли, которая охватывала как континенты, так и океаны. В 1968 г. **В. Морганом** (Принстонский университет, Океанографический институт в Вудс Холле, США) была предложена модель, согласно которой поверхность Земли можно разделить на 12 блоков - плит. Основные особенности блоков сводились к ряду особенностей. "Мы должны сделать допущение", - писал автор, - "которое может придать предложенной модели математическую строгость, а именно мы допускаем, что каждый блок коры обладает абсолютной жесткостью" (Морган, 1974). "В пределах же Тихоокеанского или любого другого блока коры.... отсутствуют растягивающие усилия, инъекции крупных даек, утолщения коры или какие-либо иные нарушения, которые вызвали бы изменения расстояний между отдельными точками. Предполагалось, что для восстановления траекторий движений блоков предлагается довольно простой способ: "по направлению даже одного трансформного разлома уже можно судить о направлении перемещения этих блоков... . При этом не следует учитывать разломы,... которые не согласуются с другими».

В том же, 1968 г., **Б.Айзекс, Дж.Оливер и Л.Сайкс**, специалисты из Ламонтской геофизической обсерватории, Колумбийского университета (США) опубликовали крупное обобщение в котором была выдвинута концепция "новой глобальной тектоники", которая объединила гипотезу А.Вегенера с теорией спрединга и трансформных разломов.

## **Раздел I. Морфоструктурные элементы дна Мирового океана**

**Цели и задачи изучения геологии дна Мирового океана**

**Методы изучения**

**Морфоструктурные элементы дна Мирового океана**

**Строение земной коры**

**Геофизические поля**

## **Раздел II. Современное осадконакопление и седиментология**

### **Мирового океана**

**Литологические типы океанских осадков**

**Фациальные признаки океанских осадков**

**Литодинамические (генетические) типы океанских отложений**

**Фациальное районирование океана**

## **Раздел III. Магматизм Мирового океана**

**Магматизм срединно-океанических хребтов**

**Магматизм островных дуг и задуговых бассейнов**

**Магматизм океанских островов**

## **Раздел IV. Тектоническое районирование и океанов**

**Северный Ледовитый океан**

**Атлантический океан**

**Индийский океан**

**Тихий океан**

## **Раздел V. Геодинамическая эволюция и полезные ископаемые**

### **Мирового океана**

**Геодинамическая эволюция мирового океана**

**Полезные ископаемые Мирового океана**

## ***Рекомендованная литература***

*Мурдмаа И.О.* Фации океанов. М.:Наука, 1987. 303с.

*Леонтьев О.К.* Морская геология. М.:В.Ш. 1982. 343с.

*Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* М.:Недра, 1978. 206с.

*Тектоника континентов и океанов* (объяснительная записка к международной тектонической карте мира масштаба 1:15 000 000. М.: Наука, 1988. 245с.

***Зоненщайн Л.П., Кузьмин М.И.* Палеогеодинамика. М.: Наука, 1992. 192с.**

*Богатилов О.А., Цветков А.А.* Магматическая эволюция островных дуг. М.: Наука, 1988. 248с.



## **Цель изучения дна мирового океана:**

- 1) изучение общих закономерностей образования и эволюции Земной коры океанического типа и ее преобразования в кору переходного и континентального типов;***
- 2) изучение современных рудообразующих процессов с целью расшифровки генезиса рудных месторождений континентов, а также металлогенического прогноза современных океанов; разработка теоретических основ образования месторождений углеводородного сырья, их поиски, разведка и эксплуатация.***

## Современные средства и оборудование для изучения дна

### Мировой научный флот

Систематическое исследование Мирового океана в XX веке начиналось, как правило, на судах военно-морских или торговых флотов разных стран. Вместе с тем, многообразие научных задач и необходимость изучения совершенно разных объектов как в толще воды, так и на дне океана привело к созданию **специализированных геолого-геофизических судов**, на которых устанавливалась, в зависимости от поставленных задач, различная техника и оборудование. В самом общем виде, в состав всемирного научно-исследовательского флота входят суда различной государственной и ведомственной принадлежности. Они предназначены для специализированного изучения рельефа дна, биологических и геологических ресурсов океана, геофизических полей, многостороннего изучения свойств океанской воды и атмосферы. Особыми подразделениями научного флота являются буровые суда и буровые платформы, а также подводные пилотируемые аппараты (часто встречается сокращение - ППА).



«Атланти  
с»



«Академик Николай  
Страхов»

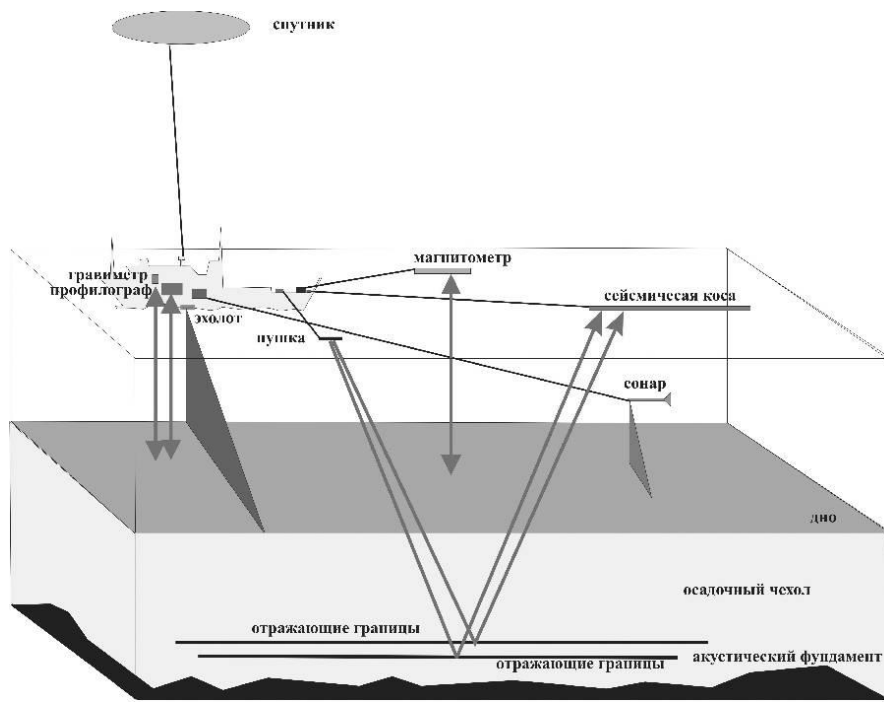
**Эхолотный промер: история, типы эхолотов.** Вопрос о глубине океана издавна привлекал человечество. Для измерения сначала применяли лить, а затем и металлический трос. Эти способы измерения не могли считаться точными и приводили к крупным ошибкам, чему в немалой степени способствовали течения. Акустические системы (эхолоты) появились перед Второй Мировой войной. Это был революционный прорыв в практике изучения океана, т.к. они дали возможность построения непрерывного профиля рельефа дна по линии промера.

Принцип работы эхолотов заключается в посылке звукового сигнала, который отражается от акустически жесткой поверхности дна и возвращается на приемную антенну. Скорость звука в океанах может изменяться от 1400 до 1550 м/с. Максимальные скорости приурочены к глубинам 1200-1300 м. На этом уровне в воде существует своеобразный "звуковой канал", по которому звук распространяется на очень большие расстояния без потери энергии (взрыв 3 кг взрывчатки слышен за 3100 миль). Умножение скорости звука в воде на время и дает глубину. На точность измерения, влияют свойства воды - температура, соленость и пр. Разница в скорости звука до глубины 200 м, доходит до 3-4 м/с, а до глубины 800 м - до 1-1,5 м/с. Поэтому для каждого конкретного района перед съемкой дна необходимо проводить специальные измерения, которые дают кривую изменения скорости звука в воде, что позволяет вносить соответствующие поправки.

**Эхолотный промер - базовый метод изучения океана, который является основой для всех последующих геологических, геофизических работ и теоретических разработок.**

Многие тектонические выводы о строении океана зависят, как было сказано выше, от представлений о его рельефе, которые, в свою очередь, тесно связаны с точностью батиметрических карт, создание которых подчинено методам измерений глубин.





## Эхолоты, а затем и эхолоты-самописцы

позволили проводить измерения на ходу судна. Это резко увеличило число измерений, повысило их точность, а также расширило охват изучения акваторий. В конце 70-х гг. были изобретены многолучевые эхолоты, которые открыли новые возможности для детального изучения и картирования подводного рельефа. Многолучевые эхолоты (часто встречается сокращение МЭ) отличаются тем, что в глубину посылается не один звуковой луч, а многие десятки (сотни). Лучи веером (рис. 4.2) расходятся от излучателя на оси судна и позволяют производить батиметрическую съемку дна широкой полосой (от 70% от глубины до 3-х и более глубин - т.е. при глубине 5000 м картируется полоса в 15000 м). В 1980 г. такими системами было оснащено порядка 10 судов. В настоящее время, МЭ различных конструкций (181-лучевые и более), установлены на судах, в том числе



Таким образом, с 1840 по 1970 гг. от первого промера глубин выполненных **Дж. Россом** до становления новой глобальной тектоники произошло четыре смены "аппаратуры": в 1870 - г. веревочный лить сменился металлическим тросом, в 1922 - г. появился эхолот, в 1935 - эхолот-самописец, в конце 70-х - многолучевой эхолот. Последний знаменует качественно новый этап измерения глубин. В настоящее время мы находимся в стадии накопления детальной информации о глубинах океана, которая может быть обобщена в первой половине XXI века, что, возможно, приведет к новому геодинамическому пониманию строения океана.

**Многолучевой эхолот Simrad EM12S, установленный в 1998 - 2000 гг. на НИС**

**<Академик Николай Страхов**

**Сейсмические методы** в океане представляют собой важнейшие способы изучения строения осадочного чехла акваторий или более глубоких горизонтов (структуры, скоростных характеристик). В зависимости от частоты излучения меняется глубина проникновения энергии в осадочный чехол или более глубокие горизонты. По частоте излучения выделяются высокочастотные, одноканальные (непрерывное сейсмическое профилирование - НСП), многоканальные (МОВ ОГТ) методы, а также глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ), которые должны были быть рассмотрены в соответствующем курсе кафедры геофизики.

Принцип методов основан на проникновении энергии (выброс сжатого воздуха, электрический разряд), создаваемой **источниками** в водную толщу, а затем и в породу. После отражения сигнала от тех или иных горизонтов, отраженный сигнал принимается на антенну (сейсмическая коса). Данные накапливаются в цифровом виде на сейсмической станции. Дальнейшая их обработка производится на компьютерах при помощи разнообразных программ, позволяющих отфильтровывать помехи (шумы), оставлять полезную

информацию

и множество модификаций оборудования (донные станции,

**Источник акустической энергии  
для непрерывного сейсмического  
профилирования**



**Приемная антенна для непрерывного сейсмического профилирования (<сейсмическая коса>)**



**Подводные исследовательские комплексы (роботы) и сонары бокового обзора** представляют собой широко применяемые буксируемые над дном устройства (например, TOBI, Великобритания). Первые представляют собой комплекс аппаратуры, предназначенной для изучения гравиметрического, магнитного полей, в сочетании с сонаром бокового обзора, профилографом и иным геолого-геофизическим оборудованием. Специальный погружаемый робот перемещается над дном океана на высоте 300-400 м. Сонары бокового обзора (например, Gloria II) предназначены для изучения морфологии дна, определения неисправностей нефтепроводов, поиска затонувших объектов практически любого размера с высокой степенью разрешения. Принцип их действия основан на облучении поверхности дна с частотой порядка 6,5 кГц.

**Опробование пород дна: трубки, драги и т.д.** Для извлечения пород со дна океана применяются трубки, тралы, черпаки и драги. Опробование трубками предназначено, прежде всего, для изучения верхних (до 50 м) слоев осадочного чехла. Трубка, под действием собственного веса, с большой скоростью проникает в дно, и забирает в полую часть инструмента колонку осадков. Известны случаи, когда поднимались и коренные породы.

**Драгирование** представляет собой один из основных методов, который позволяет получать образцы коренных пород дна с любых глубин. Комплект оборудования включает: глубоководную лебедку, трос, систему крепежа драги и собственно драгу. Драга представляет собой металлический

реберный или прямоугольным или круглым сечением, который оснащен специальными устройствами (сетки, решетки) для удержания породы. Драгировочные операции включают: определение объекта опробования, выведение судна на точку, спуск драги, собственно драгирование (отрыв породы от субстрата) и подъем пробы на борт. Общее время драгирования зависит от глубины дна, погодных условий и может резко увеличиваться при аварийных или нештатных ситуациях (например - сложные зацепы). Под зацепом понимается зажим (заклинивание) драги на дне океана, которая начинает работать как якорь. При глубинах порядка 5000 м время на одну драгировку составляет около 5 часов. Вес поднятых пород может достигать



**Погружаемый подводный робот TOBI, Великобритания**





**Пробоотборная трубка на борту с!**



**Принципиальная  
схема  
драгирования**



**Драга на борту НИС «Академик Николай  
Страхов».**

**Глубоководная  
лебедка (10 т.) на  
борту НИС  
«Академик Николай  
Страхов». Момент  
драгирования на  
глубине порядка  
3000 м. Трос –  
французский.**



**Глубоководное бурение.** В 1968 г. в США началось бурение в Мексиканском заливе первой глубоководной скважины на американском судне «**Гломар Челленджер**». Это событие стало началом выдающегося проекта XX века - DSDP (от англ. Deep Sea Drilling Project), который можно сопоставить с исследованиями в космосе. С этого времени геологи стали получать прямые указания о составе и возрасте коренных пород Мирового океана. Программа DSDP в 1985 г. продолжилась международным проектом ODP (от англ. Ocean Drilling Project) на более совершенном судне "JOIDES Resolution" (от англ. JOIDES "Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling" - Объединение океанографических институтов по опробованию коренных пород Мирового океана). За 30 лет работ было пробурено почти **1500** скважин на глубинах до 8000 м. Проект завершился в 2003 г. и ему на смену пришел новый - IODP (от англ. Integrated Ocean Drilling Programm).

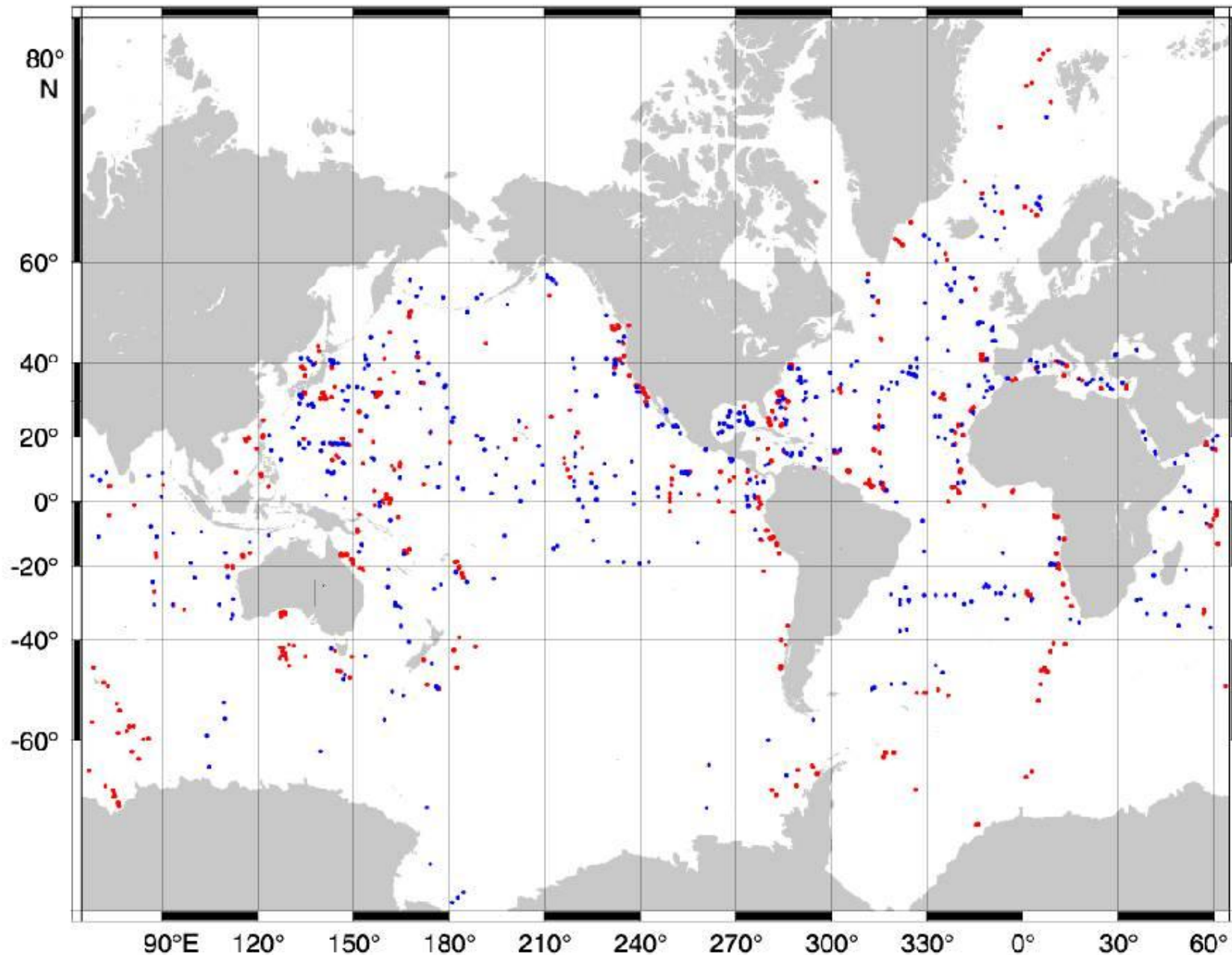
«Гломар  
Челленджер»



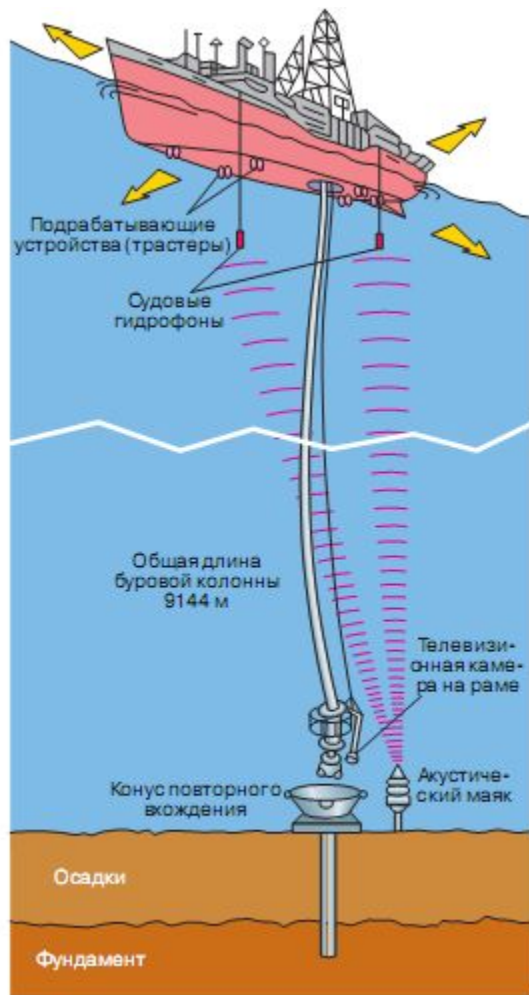
Буровое судно "JOIDES  
Resolution"







Положение скважин глубоководного бурения 1985-2003 гг. **Синие точки** -скважины DSDP 1 - 624, **красные** - ODP - 625 - 1277,



Для осуществления программы глубоководного бурения в океане (deep-sea drilling project), составленной в Океанографическом институте Скриппса при Калифорнийском университете США, необходимо было решить несколько сложнейших инженерных и навигационных задач. Во-первых, научиться спускать и поднимать колонны буровых труб длиной в несколько километров в условиях волнения и океанской зыби. Во-вторых, создать систему, допускающую повторное попадание всей колонны и бурильного инструмента в устье скважины. В-третьих, обеспечить судно системой двигателей, способных удерживать его над точкой бурения с минимальными отклонениями, так как уход его в сторону за пределы нескольких десятков метров грозил скручиванием и отрывом буровой колонны. Последняя задача потребовала разработки новой, высокоточной системы ориентации и привязки, которую в открытом океане смогли обеспечивать сначала спутники, а впоследствии гидроакустические маяки, устанавливавшиеся на дно в окрестностях точки бурения. И те и другие должны были достаточно часто показывать координаты судна на бортовую ЭВМ, чтобы в минимальный срок можно было исправить любые отклонения в положении судна над точкой бурения, вызванные сносом течениями, ветром и другими причинами.

В первом рейсе «Гломара Челленджера» (Мексиканский залив) был опробован и отлажен весь комплекс механизмов бурения и управления этим процессом. В следующих рейсах стали изучать строение осадочной линзы на континентальных окраинах и собственно океанского ложа, сначала в Северной и Центральной Атлантике и в восточных районах Тихого океана, которые были к тому времени наиболее полно исследованы геофизическими методами.

Буровое оборудование не обеспечивало проходку очень крепких пород, в частности горизонтов кремней, достаточно широко распространенных в верхней части осадочного чехла абиссальных котловин. Поэтому глубина проходки скважин в первые годы осуществления проекта глубоководного бурения не превышала нескольких сот метров. Проблема заключалась в невозможности смены бура, который быстро изнашивался при бурении с непрерывным отбором керна. Трудности возникали, собственно говоря, не столько со сменой оборудования, сколько с необходимостью вторичного попадания в ствол уже начатой бурением скважины. Поэтому если проходку последней по каким-либо причинам, из-за шторма или технических неполадок, приходилось прерывать, то команда судна была вынуждена начинать бурение с нуля, проходившее предыдущую

второго, третьего и даже четвертого ствола. В дальнейшем проблема смены износившегося оборудования с продолжением бурения в том же стволе была решена. На дне стали помещать акустический маяк, подававший сигналы на поверхность. В точке бурения вместе с ним устанавливалась гигантская, до 20 м в диаметре, воронка, сужающаяся к устью скважины. Поэтому буровая колонна, вторично опускавшаяся с борта судна, должна была попасть уже не в крошечную дыру на дне, а в створ довольно большой воронки, оборудованной акустическим датчиком.

## Система повторного вхождения в скважину.

Нередко, чтобы выполнить первоначальную задачу и достичь расчетной глубины бурения, приходилось прерывать проходку второго, третьего и даже четвертого ствола. В дальнейшем проблема смены износившегося оборудования с продолжением бурения в том же стволе была решена. На дне стали помещать акустический маяк, подававший сигналы на поверхность. В точке бурения вместе с ним устанавливалась гигантская, до 20 м в диаметре, воронка, сужающаяся к устью скважины. Поэтому буровая колонна, вторично опускавшаяся с борта судна, должна была попасть уже не в крошечную дыру на дне, а в створ довольно большой воронки, оборудованной акустическим датчиком.



**Пилотируемые подводные аппараты** используются как для решения проблем фундаментальной науки, так и чисто практических задач (осмотр подводных частей инженерных сооружений, трубопроводов и т.п.). В океане они используются для опробования пород дна, прямых наблюдений геологического строения, сбора информации о животном мире или свойствах водной среды. Благодаря работе этих аппаратов был составлен разрез океанической коры на поперечном хребте разлома Вима в Атлантическом океане. Они широко используются для изучения активных и неактивных гидротермальных полей. Одно из последних открытий (2000 г.) (поле Лост Сити, разлом Атлантик в Атлантическом океане) было сделано с ППА. Современные глубоководные научные подводные лодки, которые могут исследовать глубины до 6000-6500 м, работают во Франции, США, Японии и России.



Российский пилотируемый  
глубоководный  
аппарат «Мир» и американский  
«Элвин»



**Морские магнитные и гравиметрические исследования** являются одними из основных геофизических методов, которые дают информацию о строении океанической литосферы. Они могут проводиться как с борта судна, так и с летательных аппаратов.

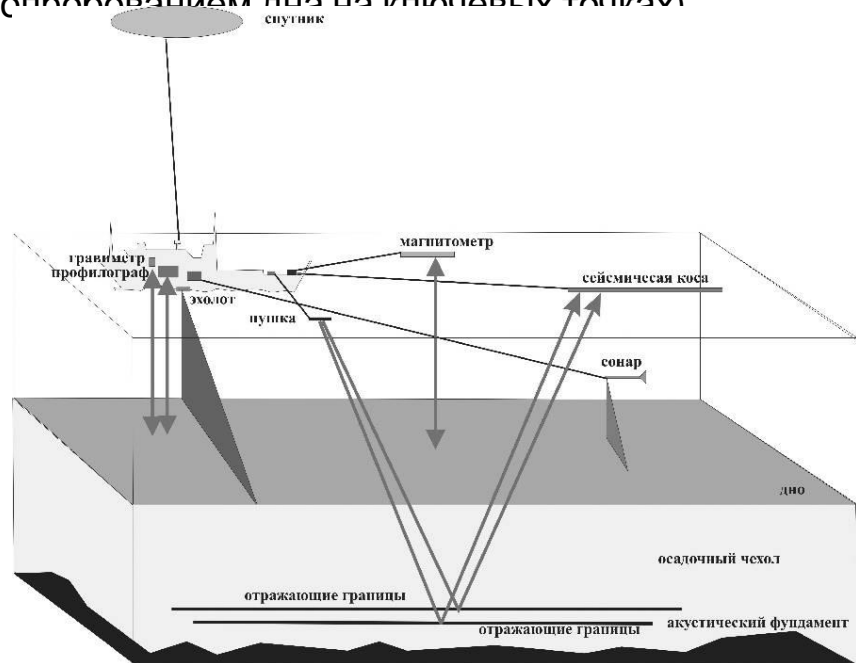
**Магнитные исследования** основаны на свойствах минералов (магнетит, титаномагнетит) в породах <запоминать> различные особенности магнитного поля Земли. На судне измерения проводятся при помощи забортных магнитометров, которые буксируются при помощи кабель-тросов на максимальном удалении от других приборов и инструментов.

**Гравиметрические исследования** осуществляются набортными гравиметрами различных классов, которые расположены в наиболее стабильных частях судна на специальных платформах.

**Навигация.** Обеспечение навигации (определение положения судна в океане) представляется наиважнейшей целью обеспечения безопасности мореплавания и проведения любого вида геолого-геофизических исследований. В настоящее время основным способом определения местоположения судна является глобальная система спутниковой навигации и позиционирования - GPS (от англ. Global Position System) и ее отечественные аналоги. Большое количество спутников позволяет определять местоположение судов, включая подводные аппараты, с точностью до метров, вне зависимости от расположения района работ.

**Спутниковая альтиметрия и предсказанная топография (predicted topography).** В последние годы было установлено, что изучение океана возможно не только с судов, но и спутников. Систематическое измерение высоты поверхности (альтиметрия) воды Мирового океана спутниковым радаром (ERS altimeter) на высоте порядка 800 км с точностью до нескольких метров, показало, что она зависит от рельефа дна океана и плотности пород. Иными словами положительные формы рельефа притягивают воду, увеличивая высоту ее поверхности и наоборот. Образное понятие <уровень Мирового океана> не является постоянным и отличия в высоте поверхности воды могут составлять более сотни метров. Анализ альтиметрических данных позволил с высокой степенью достоверности создать математическую модель рельефа всего Мирового океана т.н. предсказанная топография (от англ. predicted topography). Спутниковые данные были сопоставлены с реальным эхолотным промером и экстраполированы на неизученные регионы. Точность предсказанной топографии позволяет планировать проведение экспедиционных работ (выбирать районы, закладывать галсы, даже в отдельных случаях проводить драгирование) и делать крупные теоретические обобщения. Однако необходимо подчеркнуть, что она не может полностью заменить эхолотный промер.

**Принципы современной съемки океанского дна.** Основными особенностями изучения дна в последние годы стали комплексные геолого-геофизические съемки и детальность работ. В течение десятилетий изучение строения дна океана велось по ходу судна методом маршрутного промера. Большие расстояния между галсами не позволяли коррелировать данные с высокой степенью надежности. Вместе с тем, в результате этих работ были установлены все типы океанических морфоструктур. Были открыты как крупные формы подводного рельефа (срединно-океанические хребты, поднятия, плато, желоба, разломные зоны и т. д.), так и более мелкие - отдельные горы, подводные каналы и пр. Детальность изучения существенно улучшилась после организации работ на **полигонах** - ограниченных по площади участках, в пределах которых параллельные галсы стали располагаться на расстояниях 2-5 миль. Применение многолучевых эхолотов привело к полному (или почти полному) покрытию съемкой изучаемой территории. Исследование дна на современном уровне должно включать комплекс такого оборудования как многолучевой эхолот, профилограф 3.5 кГц, магнитометр, гравиметр, сонар бокового обзора, непрерывное сейсмическое профилирование. Навигационная привязка осуществляется системой GPS. Исследования на полигонах, как правило, сопровождаются станционными работами (сбором различных геофизических данных или спробованием дна на ключевых точках).



**Геолого-геофизический мониторинг океана.** Судя по доступным данным, важнейшим направлением морских работ в океане становится создание долговременных мониторинговых систем - долгоживущих подводных комплексов оборудования различного назначения, соединенных едиными кабельными коммуникациями, со спутниковым контролем навигации и наземными системами базирования. Схемы этих систем могут быть гибкими - акустическое оборудование, высокочастотные радары, сонары бокового обзора, сейсмологическая аппаратура, приборы для измерения высоты волн, измерение профилей солёности морской воды и т.д. В США подобные комплексы уже развернуты в районе хребта Хуан-де-Фука, где проводится непрерывное изучение крупного вулкана.



# Карта дна Мирового океана

