

Глава 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Геология океанов и морей (или морская геология) – раздел геологии, изучающий строение, состав и геологическую историю земной коры, покрытой водами Мирового океана. В настоящее время она, как и геология суши, включает в себя обширный комплекс наук о Земле: геоморфологию, тектонику, геофизику, геохимию, литологию, петрологию, палеонтологию, стратиграфию, палеоокеанологию, учение о полезных ископаемых и др.

Геология океанов и морей сформировалась как самостоятельное научное направление во второй половине XX века. Именно в этот период результаты изучения дна океана привели к разработке и обоснованию глобальной геотектонической концепции – тектонике литосферных плит, давшей ключ к пониманию закономерностей формирования и развития не только крупнейших структур земной коры, но и Земли в целом.

Кратко рассмотрим основные этапы становления и развития этого научного направления.

1.1. Первопроходцы в исследовании дна океана

До середины XIX века о строении дна океана и даже о его глубинах не было известно практически ничего. Хотя к этому времени уже знали, что большая часть обнажающихся на суше осадочных горных пород образована в морских условиях. Существовали представления об океане как о бассейне со спокойной, извечно неизменной обстановкой непрерывного накопления сносимого с суши обломочного материала.

Первые исследования, которые можно отнести к работам по морской геологии, были выполнены во время кругосветного путешествия Чарльза Дарвина на корабле «Бигль» в 1831 – 1836 годах. Благодаря этому путешествию Чарльз Дарвин не только основал эволюционное учение, опубликовав в 1859 году свой труд «Происхождение видов путём естественного отбора», но и провел исследования на атоллах Тихого океана, дав объяснение их происхождению, которое практически не изменилось до настоящего времени.

Первые точные сведения о глубинах океанского дна были получены в 1818 г. британским исследователем Джоном Россом. В Баффиновом заливе западнее Гренландии он определил глубину 800 – 1000 м. В 1840 г. другой британский исследователь Джеймс Росс во время плавания к Антарктиде на судне «Эребус» достиг лотом дна на глубине 4425 м в одной из точек Атлантического океана, доказав тем самым значительную глубину океанских бассейнов.

В 50-е годы XIX в. начались работы по прокладке первых подводных телеграфных кабелей между Европой и Америкой. Эти работы сопровождалась измерением глубин, выполненных на судах военно-морских сил США и Великобритании. В 1854 г. Мэтью Мори, используя данные проведенного промера (180 точек глубоководных измерений), опубликовал первую в мире батиметрическую карту глубоководных областей северной части Атлантического океана.

В Тихоокеанском регионе первые достоверные сведения о глубинах были получены русским военным моряком Константином Старицким в 1866 г. на корвете «Варяг» в пределах Охотского моря и Курильской гряды.

К 60-м годам XIX в. был сформулирован целый ряд проблем, касающихся океанских глубин, и созрели условия для организации океанографических экспедиций. Одними из первых чисто океанографических экспедиций следует считать плавания шотландского натуралиста Чарльза Томсона на судах «Молния» и «Дикобраз» в 1868 – 1870 гг. у западных берегов Европы. Эти плавания позволили отработать способы и приемы глубоководных исследований и побудили Ч. Томсона организовать крупную океанографическую экспедицию по исследованию Мирового океана.

Лондонское Королевское общество согласилось субсидировать научный проект по исследованию глубоководного океана. Это была экспедиция на корвете «Челленджер», проходившая с декабря 1872 по апрель 1876 гг. под руководством Ч. Томсона.



Рис.1.1. Корвет «Челленджер» - первое океанографическое судно, совершившее экспедиционные исследования в Мировом океане в 1872 – 1876 гг.



Рис.1.2. Чарльз Томсон (1830 – 1882), научный руководитель экспедиции на «Челленджере».

Корвет «Челленджер» был военным судном и мало подходил для целей научной экспедиции. Чтобы выделить помещения для лабораторий, приборов и оборудования с корвета было снято практически все вооружение, в частности, убрали все, за исключением двух из восемнадцати, пушек, которыми был вооружен корвет. В числе оборудования были устройства для промеров глубины дна, взятия образцов донных грунтов и измерения температуры на разных глубинах; лебедки и небольшая вспомогательная паровая машина; 144 мили промерных канатов и 12.5 мили стальных проволочных промерных тросов; грузила, сети, драги, небольшая библиотека, сотни разнообразных научных приборов и спирт для консервирования добытых экземпляров организмов.

Экспедиция, самая продолжительная (3.5 года) до настоящего времени, прошла в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах почти 70000 морских миль, сделала около 500 глубоководных промеров с помощью лота, выполнила 133 драгировки и собрала разнообразные данные на 362 океанологических станциях, расположенных через каждые 200 миль.

Вскоре после возвращения на родину Ч.У. Томсон скончался. Научным руководителем стал его ближайший помощник, участник плавания Джон Меррей. На его плечи легла основная ответственность за публикацию многотомного отчета экспедиции на «Челленджере», который оставался главным источником знаний об океанском дне вплоть до 30-х гг. XX столетия. Обработка собранных материалов, продолжавшаяся 20 лет, велась силами 70 ученых различных специальностей. В итоге опубликовано 50 томов научных трудов и около 2300 карт. Джон Меррей провел обстоятельные исследования глубоководных биогенных илов. Им разработана концепция о роли планктонных организмов в формировании

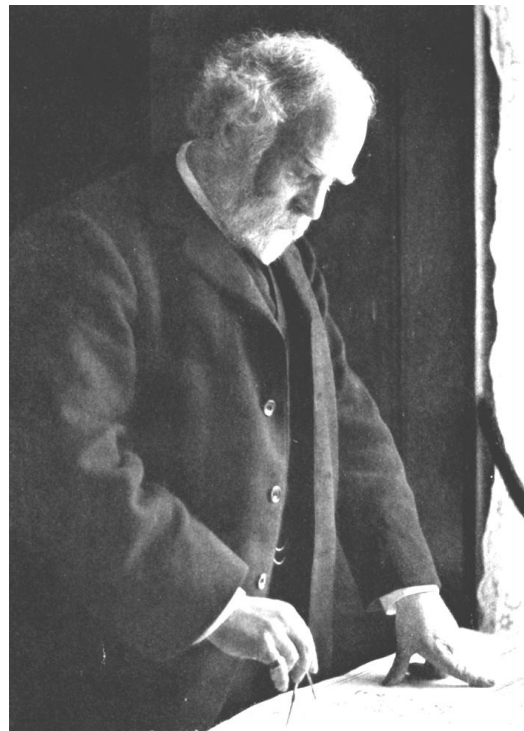


Рис.1.3. Джон Меррей (1841 – 1914) – участник экспедиции на «Челленджере», основатель морской геологии.

океанских осадков на разных глубинах. Он сумел также выделить ассоциации планктонных микроорганизмов разных широт, заложив тем самым основы биогеографии планктона в океане. Составленная Мерреем на основе материалов, собранных во всем мире, карта распространения донных осадков была лишь незначительно изменена в результате многочисленных дальнейших исследований. Благодаря своим разносторонним трудам Меррей получил общее признание как отец морской геологии. Его монография «Глубины океана», опубликованная в 1912 г., многие годы была одной из самых популярных книг по океанографии и морской геологии.

В конце XIX – начале XX веков был выполнен еще целый ряд экспедиций по изучению рельефа дна Мирового океана с применением лота, которые часто сопровождались отбором проб донного грунта. Эти исследования по-прежнему были связаны, в основном, с прокладкой подводных телеграфных кабелей по дну Атлантического, Тихого и Индийского океанов. Отметим наиболее значимые из них.

В 1874 - 1976 гг. состоялась экспедиция на немецком корвете «Газелле», научные работы возглавил океанограф Георг Неймайер. Экспедицией были получены данные о глубинах во многих точках Атлантического, Тихого и Индийского океанов.

Многочисленные промеры выполнены в 1898–1899 гг. в Атлантическом океане немецкой экспедицией океанолога Карла Хуна на судне «Вальдивия». Участник плавания океанограф Герхард Шотт, используя полученные экспедицией данные и материалы предшественников, составил батиметрическую карту всего Атлантического океана.

Для изучения рельефа дна с целью осуществления проекта прокладки подводного телеграфного кабеля между Северной Америкой и Азией в 1873 – 1874 гг. состоялась экспедиция под руководством Джорджа Белкнепа на американском паровом корвете «Тускарора», снабженного глубоководным лотом. В этой экспедиции по данным 135 промеров был получен первый широтный профиль дна Тихого океана между Северной Америкой и Японией. В этой же экспедиции впервые были измерены глубины в Японском, Курило-Камчатском и Алеутском глубоководных желобах, а также в Алеутской котловине Берингова моря и в пределах Алеутской гряды.

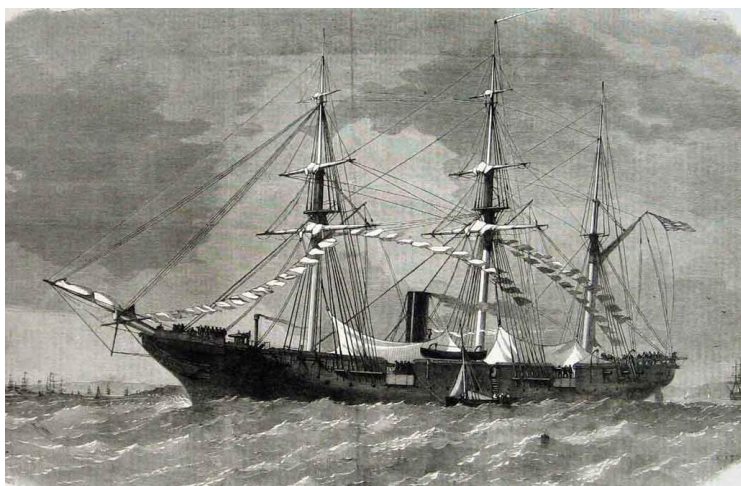


Рис.1.4. Корвет «Тускарора», с борта которого в 1874 г. был открыт Курильский желоб.

В 1883–1884 гг. итальянский корвет «Ветторе Пизани» пересек Тихий океан с промером глубин от берегов Южной Америки до о. Тайвань.

Береговая и геодезическая служба США в 1877 – 1880 и 1883 – 1886 гг. организовала ряд океанографических экспедиций в Атлантическом и Тихом океанах под руководством горного инженера Александра Агассиса. на судах «Блейк» и «Альбатрос». Агассис усовершенствовал глубоководный лот, заменив пеньковый канат на стальной трос, а для спуска и подъема приспособив соответственно фрикционную передачу и лебедку.

1.2. Исследования первой половины XX века

Океанографические работы на «Альбатросе» А. Агассис продолжил в 1904–1905 гг. в Тихом океане. Четырьмя гигантскими зигзагами он охватил с промерами экваториальную область океана до широты о. Пасхи (27° ю.ш.). Положение подавляющего большинства

самых значительных форм рельефа дна, нанесенным им, довольно хорошо согласуется с картами нашего времени.

В 1915 г. немецкий геофизик и метеоролог Альфред Вегенер опубликовал гипотезу, получившую название гипотезы дрейфа континентов. Он предположил, что континенты, разделенные в настоящее время Атлантическим и Индийским океанами, в геологическом прошлом были объединены в единый суперконтинент Пангея. Однако гипотеза Вегенера не могла объяснить механизм столь масштабных горизонтальных перемещений континентальных масс, и была отвергнута геологическим сообществом. Лишь спустя 50 лет геологи по достоинству оценили основные положения этой смелой гипотезы.

К 20-м годам XX столетия колоссальные просторы Мирового океана были охарактеризованы лишь неравномерно рассеянными одиночными промерами глубин, выполненными с помощью лота. Этот способ измерения океанских глубин был весьма трудоемок и малопроизводителен. Для отработки одной точки промера необходимо было затратить несколько часов. Поэтому имевшиеся в распоряжении океанографов материалы о глубинах океанского дна оставались весьма скудными и лишь иногда давали возможность выявить общие очертания наиболее крупных форм рельефа.

Ситуация с изучением рельефа дна Мирового океана коренным образом изменилась после изобретения в 1919 году эхолота. Заслуга создания этого гидроакустического прибора, удобного для практического применения, принадлежит немецкому инженеру А. Вэму.

В период с 1925 по 1927 гг. немецкое судно «Метеор», снабженное двумя эхолотами, в нескольких экспедициях под руководством А. Мерца, Ф. Шписа и Г. Вюста выполнило 13 субширотных пересечений Атлантического океана с промером глубин через каждые 5 км, выполнив всего более 33 тысяч измерений глубин. Впервые промер глубин сопровождался отбором проб грунта с использованием прямоточной ударной грунтовой трубки. Благодаря такому систематическому исследованию

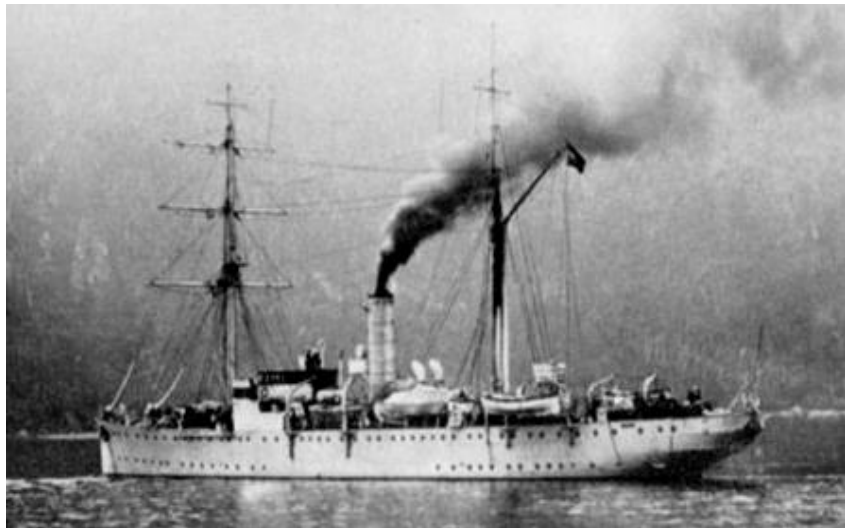


Рис. 1.5. Немецкое экспедиционное судно «Метеор» - первое судно, на котором были использованы эхолот и прямоточная ударная грунтовая трубка.

удалось составить ряд батиметрических карт и получить достаточно достоверное представление о морфологии дна, в частности о Срединно-Атлантическом хребте. Вопреки прежним взглядам об относительной простоте подводных форм рельефа, оказалось, что они имеют очень извилистые контуры и расчлененную поверхность. Ф. Шпис впервые описал Срединно-Атлантический хребет как единое гигантское горное сооружение, простирающееся по всей длине океана. Результаты плавания изложены в 16 томах научных трудов, не потерявших значения и в наши дни.

Систематические эхолотные промеры вдоль атлантических берегов США, предпринятые в конце 20-х гг. на разных судах, а затем в 30-х гг. XX в. на океанографической парусно-моторной шхуне «Атлантик», привели к открытию многочисленных подводных каньонов, рассекающих материковый склон на глубину 2–2,5 тыс. м.

В 1932 г. Британский научно-исследовательский пароход «Дискавери-II» под командой У. Кэри, проделал семь огромных зигзагов с постоянным эхолотным промером глубин в южной части Тихого океана от 42° ю.ш. до Южного полярного круга. В этой части океана У. Кэри выявил и изучил ряд крупных структур, в том числе Южно-Тихоокеанское поднятие.

В 1938 г. немецкое исследовательское судно «Алтаир», проводя изучение акватории Азорских о-вов, обнаружило первые подводные горы. Кроме того, в осевой части Срединно-Атлантического хребта была впервые обнаружена глубокая узкая щель, позднее получившая название рифтовой долины.

В начале XX века в практику океанографических исследований начинают внедряться геофизические методы, в том числе методы изучения магнитного поля Земли. Первые измерения элементов земного магнетизма в море были осуществлены институтом Карнеги (США) с 1905 по 1929 г. на деревянной бригантине «Галилей» и немагнитной яхте «Карнеги». Магнитные наблюдения проводились в отдельных точках со средним расстоянием между ними около 200 км по маршруту плавания. Измерялись склонение, наклонение и горизонтальная составляющая магнитного поля Земли в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах. К 1929 г. общее количество пунктов наблюдения по всем элементам достигло около 7 500. Из других методов отметим измерения силы тяжести маятниковыми гравиметрами с подводной лодки, осуществленные в 1923 – 1932 гг. голландским ученым Ф. Венинг-Мейнесом, а также первые попытки фотографирования морского дна, сделанные М. Юингом в 1940 г.

Большой объем промерных данных в Мировом океане был получен военно-морским флотом США во время Второй мировой войны. В это время на военном транспорте «Кейп-Джонсон» штурманом, а затем и капитаном служил геолог и геофизик Гарри Хесс. Корабль был снабжен эхолотом-самописцем, и Г. Хесс, в отличие от остальных, не выключал его, согласно инструкциям, над глубоководными районами Тихого океана. Такое «упущение» позволило ему открыть более сотни плосковершинных гор, названных им гайотами, и сделать верный вывод об их происхождении. Он также обнаружил ряд крупных линейных подводных структур, связанных с трансформными разломами океанского дна. Позднее, в 1960 г., Г. Хессом были разработаны основные положения тектоники литосферных плит, названные им «геопозитическим эссе».



Рис.1.6. Гарри Хесс (1906-1969) во время Второй мировой войны на военном транспорте «Кейп-Джонсон».

Вторая мировая война оказала большое влияние на развитие океанологии и морской геологии как ее отрасли. В связи с противолодочной обороной расширились исследования по распространению звука в воде и морских осадках, что способствовало разработке сейсмических методов зондирования океанского дна. Были также начаты многочисленные исследования свойств донных осадков, так как они влияли на распространение звука. С 1943 г. начались работы по составлению карт донных осадков. Правительства ряда стран, прежде всего США, СССР, Великобритании, Франции, Канады, Новой Зеландии, а несколько

позже ФРГ и Японии, стали поддерживать широкомасштабные исследования в области океанографии и морской геологии.

Первое крупное исследование Мирового океана после Второй мировой войны совершила шведская океанографическая экспедиция на судне «Альбатрос» в 1947–1948 гг. под руководством Ганса Петтерсона. Целью исследователей было изучение истории Мирового океана. Основной задачей экспедиции было изучение осадкообразования на больших глубинах океана, установление характера грунтов, а также измерение их радиоактивности. На «Альбатросе» впервые с успехом была применена длинная грунтовая поршневая трубка конструкции Кулленберга, служившая для отбора колонок донных отложений. Экспедиция провела несколько глубоководных тралений в океане на глубинах до 7600 м. Также был выполнен комплекс метеорологических и океанографических наблюдений в тропических и экваториальных широтах.

1.3. Исследования второй половины XX века

В послевоенные годы значительный вклад в изучение дна Тихого океана внес американский геолог и океанолог Генри Менард. Ему принадлежит честь открытия гигантских разломов в восточной части Тихого океана. В 1950–1959 гг., участвуя в промерных работах Центрально-Тихоокеанской экспедиции США, он открыл и описал 10 сравнительно узких полос сложно расчлененного рельефа дна и проследил их на значительном протяжении. Менард верно предположил, что отдельные зоны (Мендосино, Меррей, Клариян и Клиппертон) имеют протяженность в тысячи километров. В 1958 г. Г. Менард выполнил исследование Восточно-Тихоокеанского поднятия. Материалы предшественников по отдельным профилям и собственные данные непрерывного промера позволили ему достаточно четко охарактеризовать это подводное горное сооружение.

Послевоенные экспедиции отличаются гораздо большей оснащенностью техническими средствами. В различных экспедициях широко использовались геофизические методы. Непрерывное эхолотирование в сочетании с геофизическими методами и пробоотбором осадков и коренных пород позволили получить ценнейшую информацию о геологическом строении океанского дна.

Особенно следует отметить цикл морских геолого-геофизических исследований, проведенный под руководством Мориса Юинга сотрудниками Ламонской геологической обсерватории (США) на научно-исследовательской шхуне «Вима», и позднее на судне «Роберт Д. Конрад». К 1956 г. в результате планомерного сейсмического зондирования океанских глубин Морисом Юингом и его коллегами были получены определения мощности земной коры в нескольких сотнях пунктов и выявлено два основных типа земной коры – океанической и континентальной. Юинг и его коллеги разработали методику непрерывного сейсмического профилирования на отраженных волнах с применением невзрывных источников возбуждения упругих волн. Со временем метод отраженных сейсмических волн с невзрывными источниками стал обычным при работе большинства исследовательских судов. Полученные с его помощью данные легли в основу выявления закономерностей распределения осадков в океанских бассейнах



Рис.1.7. Геофизик и океанолог Морис Юинг (1906–1974).

и понимания процессов осадконакопления на больших глубинах. М. Юинг организовал систематический сбор разнообразных данных, включая также магнитные и гравиметрические материалы, фотографии дна и колонки осадков. В результате были получены огромные массивы первичных данных для текущих и будущих исследований.

Работы по батиметрическому картированию океанов завершились опубликованием батиметрических карт Тихого, Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов, изданных Национальным географическим обществом США под руководством Б. Хизена и М. Тарп. Эти карты были столь детальны и наглядны, что послужили для многих ученых стимулом к зарождению новых идей в интересующих их областях знаний.

Б. Хизен и М. Юинг сосредоточили свое внимание на изучении системы срединно-океанских хребтов, возвышающихся более чем на 3000 м над уровнем ложа океана и опоясывающих практически весь земной шар. Они первыми поняли значение этой опоясывающей Землю системы срединно-океанских хребтов. По мере сбора и систематизации данных об их строении и природе большинству геологов и геофизиков становится ясно, что эти структуры образуются и развиваются под действием процессов, происходящих в глубинах мантии Земли. Исследования конца 50-х - начала 60-х годов, особенно изучение магнитных аномалий на склонах срединно-океанских хребтов, выполненные Р. Мейсоном, А. Рафом, В. Вакье, Ф. Вайном и Д. Мэтьюзом, привели к рождению новой геотектонической концепции, которая на новом уровне возродила гипотезу Альфреда Вегенера. Благодаря усилиям геофизиков и геологов разных стран мира, и прежде всего Г. Хесса, Р. Дитца, Дж. Уилсона, В. Моргана, К. Ле Пишона, Дж. Дьюи и др., эта гипотеза к концу 60-х годов XX века переросла в современную стройную научную концепцию, получившую наименование теории тектоники литосферных плит.

Справедливости ради необходимо отметить, что первые идеи, соответствующие основным понятиям тектоники литосферных плит (таких как «спрединг» и «субдукция»), принадлежат английскому физик-Осмонду Фишеру, которые он изложил еще в 90-х годах XIX века в своей книге «Физика земной коры». Аналогично идеям Альфреда Вегенера, эти идеи не были восприняты геологическим сообществом того времени, и на несколько десятилетий были преданы забвению.

С 1953 г. начался новый этап изучения магнитного поля Земли в водах Мирового океана. После гибели «Карнеги» в 1929 г. морские магнитные исследования в океане больше не производились до ввода в строй в 1953 г. советской парусно-моторной немагнитной шхуны «Заря» (рис.1.8.). Во время плаваний «Зари» определялись четыре элемента магнитного поля Земли: склонение, наклонение, вертикальная составляющая и вектор индукции. Измерения производились на ходу судна непрерывно. В общей сложности «Заря» выполнила 25 экспедиционных рейсов во всех океанах и многих морях. Съемка была выполнена на галсах общей протяженностью более 350 тысяч морских миль. По материалам НИС «Заря» были существенно уточнены представления о глобальной пространственной структуре магнитного поля Земли в океанах, впервые выявлены особенности аномального магнитного поля в отдельных регионах и получены сведения о его вековых изменениях.



Рис.1.8. Немагнитная шхуна «Заря».

Исключительно важное место в изучении дна океана занимают исследования советских ученых на научно-исследовательском судне «Витязь». Исследования, выполненные на этом судне, – важнейшая веха не только в отечественной, но и в мировой океанологии. НИС «Витязь» начало свои работы в Тихом океане в 1949 г. Тогда это было самое совершенное по оборудованию научно-исследовательское судно. На НИС «Витязь» выполнено 65 научных рейсов в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах под руководством и при участии известных советских океанологов и морских геологов (П.Л. Безруков, Л.А. Зенкевич, Г.Б. Удинцев, В.Ф. Канаев, Н.Н. Сысоев, А.П. Лисицын, В.Г. Богоров, А.Д. Добровольский, Ю.П. Непрочнов и др.), во время которых в общей сложности пройдено 800 тысяч морских миль, выполнено около 8000 научных станций, собраны сотни проб донных осадков и коренных пород, образцов фауны, проб воды, открыты и изучены максимальные глубины океана.

С НИС «Витязь» связана целая эпоха изучения дна океана. Первые экспедиции 1949–1955 гг. были посвящены выяснению особенностей строения дна Охотского Японского и Берингова морей. В этот период были открыты и изучены подводный хребт Ширшова в Беринговом море, возвышенность Ямато в Японском море, открыта возвышенность Обручева и установлена ее связь с Императорским хребтом, изучен Курильский желоб, установлено его продолжение вдоль восточного побережья Камчатки и сочленение с Алеутским желобом.

В экспедициях 1957–1959 гг., «Витязь» провел изучение дна открытой части Тихого океана по программе Международного геофизического года (МГГ). В экспедициях этого периода удалось пересечь ряд крупных подводных поднятий, выяснить их очертания, определить или уточнить границы океанских котловин, выявить их топографические особенности. Оказалось, что в западной части Тихого океана практически отсутствуют крупные абиссальные равнины. Дно котловин имеет расчлененный холмистый характер с зонами относительно коротких разломов, почти лишено подводных гор. В центре Северо-Западной котловины Тихого океана исследована и контурена подводная возвышенность, названная в честь геолога Н.С. Шатского.

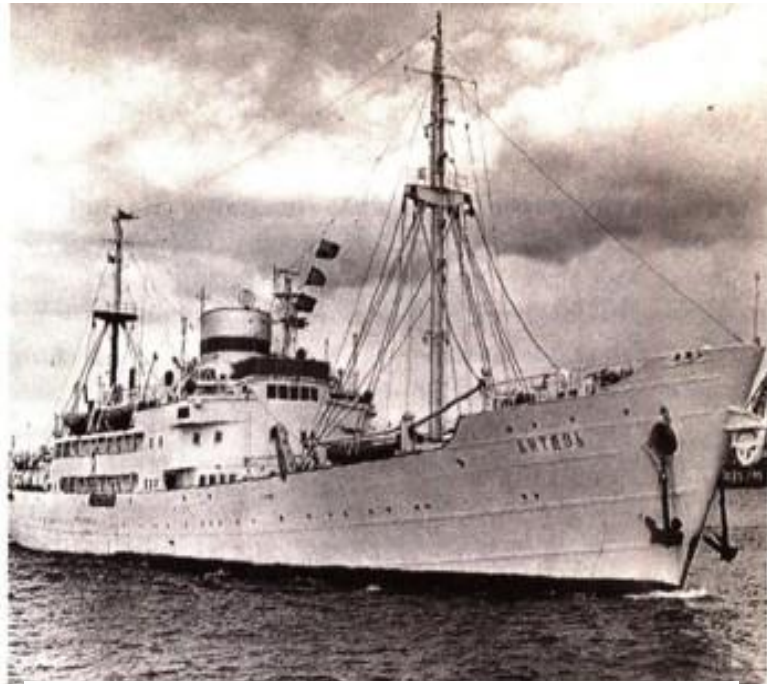


Рис.1.9. Научно-исследовательское судно «Витязь».

В экспедициях НИС «Витязь» изучена система желобов северо-западной, западной и юго-западной окраин Тихого океана – Японский, Идзу-Бонинский, Волкано, Марианский и ряд других. В 1958–1961 гг. открыты и исследованы два новых желоба: к востоку от о. Новая Каледония, получивший имя корабля, и вдоль северной окраины архипелага Бисмарка, у экватора, названный желобом Адмиралтейства; изучены крупные депрессии Тонга и Кермадек.

НИС «Витязь» поставило рекорд точности попадания в самые глубокие части обследованных им многочисленных депрессий. В 1957-1958 гг. советские океанологи выявили максимальные глубины в желобах Палау (8069 м), Ново-Британском (8320 м), Бугенвильском (9103 м), а в Марианском установили глубочайшую впадину Мирового океана –

11022 м. Были обнаружены максимальные глубины еще в двух желобах – Кермадек (10047 м) и Тонга (10882 м). Собранные материалы позволили сделать ряд существенных уточнений в представлении о простирании, глубинах и морфологических особенностях перечисленных желобов.

Кроме «Витязя», определенную роль в изучении Тихого океана сыграли другие советские исследовательские суда. Так, теплоход «Обь» по программе Международного геофизического года (МГГ) в 1957–1958 гг. обследовал восточную окраину Восточно-Тихоокеанского поднятия до широты о. Пасхи.

Следует также отметить выполненные по программе МГГ исследования на акваториях Курило-Камчатского региона.

В 1957-1959 гг. Институтом физики Земли АН СССР была отработана сеть профилей методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) вкост Курило-Камчатского и Алеутского желобов с выходом в Тихий океан. Работы выполнены под руководством Е.И. Гальперина, С.М. Зверева и И.П. Косминской. В результате впервые были получены сведения о структуре земной коры в пределах Охотского моря, Курильской и Алеутской островных дуг и прилегающих акваторий Тихого океана.

В этот же период и последующие годы в районе Курило-Камчатского желоба, в Охотском и Беринговом морях выполнены измерения силы тяжести маятниковыми гравиметрами на подводных лодках и набортными затушеванными гравиметрами под руководством В.А. Гладуна, А.Г. Гайнанова, Е.Н. Исаева, Е.А. Павлова, П.А. Строева.

В период 1956–1959 гг. аэромагнитной партией ВНИИГеофизика и Западным геофизическим трестом Министерства геологии СССР были выполнены первые аэромагнитные исследования аномального магнитного поля на акваториях Курило-Камчатского региона. Эти исследования, проведенные под руководством О.Н. Соловьева и Л.А. Ривоша, впервые позволили получить представления об основных чертах магнитного поля и о характеристиках региональных аномалий в Курило-Камчатском регионе, Охотском и Беринговом морях и прилегающих акваториях Тихого океана.

60-80 годы XX века были отмечены резким увеличением числа морских экспедиций по комплексному геолого-геофизическому изучению дна океана, проводимых развитыми странами, и вводом в строй большого числа новых научно-исследовательских судов, оборудованных новейшими приборами. В нашей стране эти годы также были отмечены бурным ростом научно-исследовательского флота и крупномасштабными исследованиями Мирового океана. Так, научно-исследовательский флот Академии наук СССР пополнился десятками новых судов, в том числе крупнотоннажными судами: «Академик Курчатов», «Дмитрий Менделеев», «Академик Мстислав Келдыш», «Академик Николай Страхов», «Профессор Штокман», «Академик Сергей Вавилов», «Академик Иоффе» и др. Научно-исследовательский флот Дальневосточного отделения АН СССР, проводивший комплексные геолого-геофизические, геохимические и биологические исследования в Тихом и Индийском океанах, также пополнился новыми судами: НИС «Академик Александр Виноградов», «Академик Александр Несмеянов», «Академик Лаврентьев», «Академик Опарин», «Профессор Богоров», «Пегас», «Каллисто», «Вулканолог», «Морской геофизик», «Профессор Гагаринский» и др. Широкое применение при морских исследованиях получили современные высокоточные геофизические приборы (гидролокаторы бокового обзора, узколучевые и многолучевые эхолоты, набортные гравиметры, протонные и квантовые магнитометры, одноканальные и многоканальные сейсморазведочные комплексы, приборы для измерения характеристик теплового потока и др.).

С конца 60-х годов прошлого столетия в рамках международных проектов проводится исследование океанского дна посредством глубоководного бурения. За прошедшие десятилетия на акваториях Мирового океана, окраинных и внутренних морей пробурено более 1000 скважин. В результате получен огромный фактический материал, сыгравший значи-

тельную роль в развитии не только морской геологии, но и смежных наук о Земле (палеоокеанологии, палеоклиматологии, палеоэкологии и др.).

Значительный прогресс в изучении современных геологических процессов на дне океана связан с внедрением в практику морских исследований подводных обитаемых аппаратов. Начало этих исследований можно отнести к 70-м годам прошлого века, когда с применением этих аппаратов был детально изучен обширный участок дна в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта по франко-американскому проекту «ФАМОУС» («FAMOUS» - French American Mid Ocean Undersea Study). В последующие годы подобные исследования стали проводиться многими развитыми странами. С конца 70-х годов прошлого века подводные обитаемые аппараты начали применяться при проведении отечественных морских экспедиций, прежде всего в осевых зонах срединно-океанских хребтов и в задуговых бассейнах, где основными объектами исследований стали современные гидротермальные системы и связанные с ними уникальные биологические сообщества.

В 80-х годов XX века были разработаны методы спутниковой альтиметрии, основанные на высокоточном измерении положения невозмущенной поверхности Мирового океана с помощью установленных на спутниках радиолокаторов. В настоящее время эти методы имеют большое значение не только для изучения формы геоида, но и для исследований аномалий гравитационного поля и рельефа дна Мирового океана.