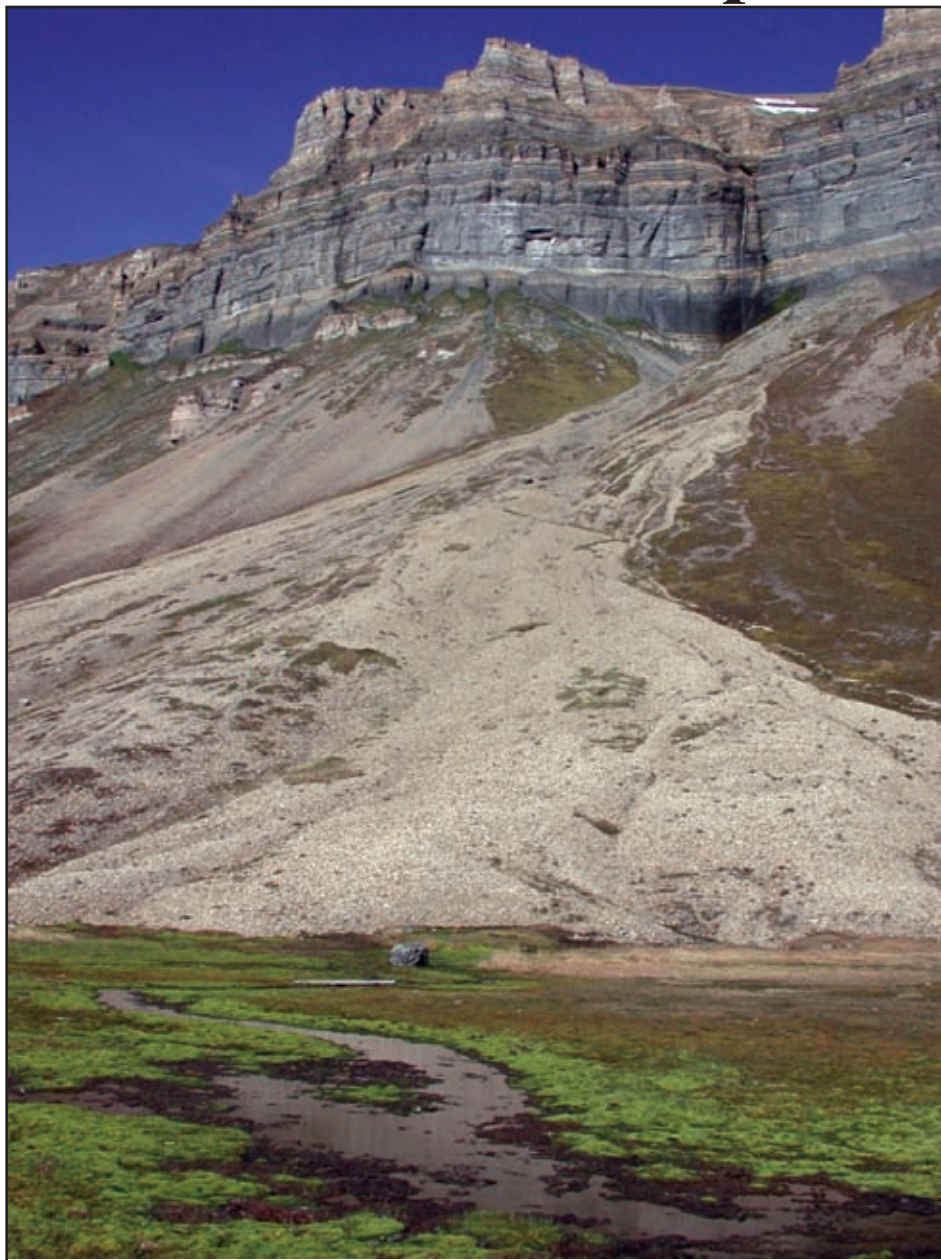


Геология Шпицбергена



Содержание

Что такое геология?.....	3
Геологическое разнообразие.....	6
Древнейшие породы.....	10
Осадочные породы.....	14
Тектоника плит.....	18
Горные пояса Шпицбергена.....	20
Ископаемые	22
Вулканы и термальные источники	24
Оледенения Шпицбергена	26
Рельеф	28
Каменный уголь	30
Нефть и природный газ.....	32
Геология и охрана окружающей среды	33
Условные обозначения	35
Геохронологическая шкала.....	36

Norsk Polarinstitutt
Polarmiljøsentret
NO-9296 Tromsø

www.npolar.no

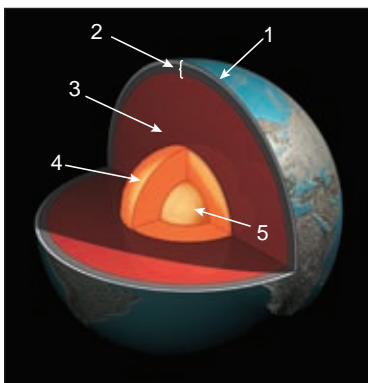
Tekst: Synnøve Elvevold, Winfried Dallmann, Dierk Blomeier.
Teknisk redaktør: Synnøve Elvevold
Grafisk design: Audun Igesund
Trykt: Grafisk Nord AS, januar 2007
ISBN: 978-82-7666-239-9

Что такое геология?

Наука о Земле

Геология изучает строение и состав земной коры и более глубоких сфер Земли, а также историю развития Земли от ее возникновения около 4,6 млрд. лет назад и до сегодняшнего дня. Геология также имеет дело с вулканами и землетрясениями, динозаврами и самоцветами. Иначе говоря, геология – это наука о твердых и рыхлых горных породах, минералах и ископаемых, объединившая в себе химию, физику и биологию для описания, объяснения и познания процессов, протекающих на поверхности и в недрах Земли.

В схематическом разрезе строение Земли представлено слоями различного состава. В центре находится земное ядро, состоящее из железа и никеля. Внутреннее ядро твердое, тогда как внешнее ядро предположительно жидкое. Ядро окружено вязким слоем мантии, а внешняя оболочка Земли представлена холодной по сравнению с глубинными



1. Земная кора
2. Литосфера
3. Мантия
4. Внешнее ядро
5. Внутреннее ядро

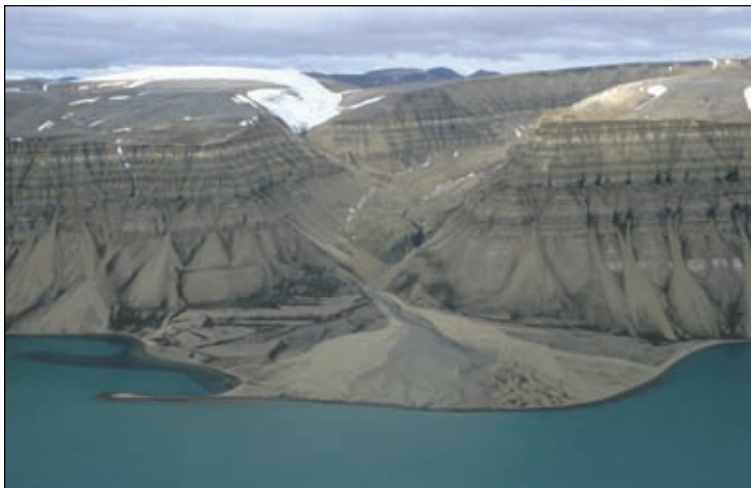
слоями, твердой земной корой, состоящей из горных пород. Земная кора подразделяется на континентальную и океаническую.



Отпечаток листа в третичном алевролите. Обломки горных пород с отпечатками листьев найдены среди моренных отложений у ледника Лонгйирбреен. (D. Blomeier)



Слоистые палеозойские осадочные породы (пермский период) в районе Билле-фьорда. (W. Dallmann)



Ледники и реки принимают активное участие в преобразовании ландшафтов Шпицбергена. Реки переносят гравий, песок и глинистые частицы, в результате отложения которых образуется веерообразная дельта. (D. Blomeier)

Геология и общество

Геология окружает нас повсюду, или, проще говоря, это то, на чем мы живем. В результате геологических процессов возникли твердые горные породы, образовались толщи рыхлых отложений, формировались и многократно видоизменялись ландшафты. Одни геологические процессы носят глобальный характер и протекают так медленно, что их невозможно наблюдать в течение человеческой жизни. Другие проявляются локально, и могут происходить внезапно и стремительно, приводя к катастрофическим последствиям. К ним относятся извержения вулканов, наводнения, землетрясения и оползни.

Изучение минеральных ресурсов также является важной задачей геологии. Человечество пользовалось этими ресурсами на протяжении всей своей истории. Каменный, бронзовый и железный века получили свои названия по тем материалам, которые человек использовал на определенных этапах своего развития. Умельцы каменного века применяли кремль для изготовления орудий, а в средневековье викинги открыли способ получения железа из таких минералов как гематит. Минеральные ресурсы составляют также саму основу современной цивилизации. Достижение столь высокого уровня развития страны и благосостояния населения в Норвегии связано с эксплуатацией рудных месторождений на суше и месторождений нефти на континентальном шельфе. На Шпицбергене появление и развитие поселений было обусловлено наличием здесь залежей каменного угля.

Геологические условия являются также важнейшим фактором существования и функционирования различных экосистем. Например, на Шпицбергене есть множество обрывов, представляющих собой уникальные экосистемы, где отвесные скалы являются местобитанием крупных колоний птиц. Наличие здесь многочисленных карнизов и уступов, используемых птицами для гнездования, обусловлено особенностями состава и строения горных пород, а также воздействием различных геологических процессов, сформировавших эти скалы. Туризм и другие виды активного отдыха являются важными составляющими экономики и развития бизнеса на Шпицбергене, а геология архипелага составляет неотъемлемую часть процесса постижения природы путешественниками.



Впечатляющие обрывы на южной оконечности о. Медвежий сложены доломитом и другими карбонатными породами, легко поддающимися эрозионному разрушению. В результате образуются уступы, служащие пристанищем для многочисленных колоний птиц. (H. Strøm)



Возникновение и история развития Лонгйира непосредственно связаны с особенностями геологии Адвент-дален. (I. L. Næss)

Минералы и горные породы

Горная порода состоит из одного или нескольких минералов. Такие минералы, как кварц, полевые шпаты и слюды распространены на Земле довольно широко, тогда как остальные встречаются в меньших количествах. По условиям образования горные породы можно разделить на три основных группы.

Осадочные породы

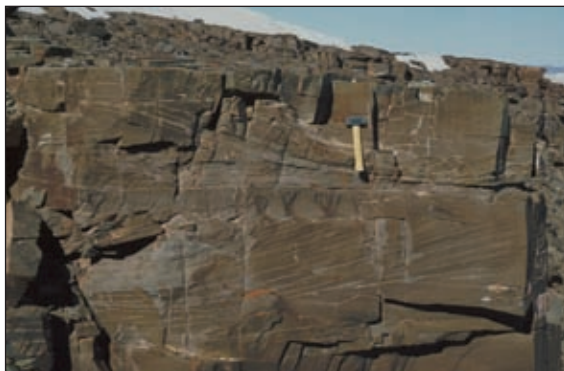
В результате механического, химического и биологического разрушения различных пород образуются глина, песок и галька, которые затем переносятся водными потоками, ветром, волнами или ледниками на различные расстояния, туда, где происходит их отложение. Впоследствии эти осадки подвергаются уплотнению и преобразуются из рыхлых в плотные осадочные породы. Примерами осадочных пород являются песчаник, сланец, известняк и конгломерат.

Магматические породы

Образование магматических пород связано с поднятием магмы из недр Земли к поверхности, где затем она остывает и затвердевает. Если застывание происходит на глубине, в толще земной коры, то образуются интрузивные породы, такие как гранит и габбро. Дайки и силлы представляют собой геологические тела, формирующиеся, когда магма внедряется, соответственно, по трещинам или вдоль поверхностей слоев осадочных пород. На Шпицбергене дайки и силлы, как правило, сложены долеритом. Эффузивные породы формируются в результате застывания и кристаллизации лавы на земной поверхности. Примером эффузивной породы является базальт.

Метаморфические породы

Метаморфические породы образуются в ходе преобразования осадочных или магматических пород под воздействием высокого давления и/или высоких температур. В результате происходит перекристаллизация, часто сопровождающаяся развитием сланцеватости. К метаморфическим породам относятся гнейсы, мрамора и сланцы.



Пример осадочной породы – песчаник. (D. Blomeier)



Пример магматической породы – гранит. (S. Elvevold)



Пример метаморфической породы – смятый в складки гнейс. (S. Elvevold)

Геологическое разнообразие



Характерной чертой Шпицбергена является исключительное геологическое разнообразие в пределах относительно небольшой территории. Несмотря на то, что значительная часть архипелага покрыта ледниками, Шпицберген – одно из немногих мест в мире, где имеется прекрасная возможность для изучения геологических разрезов, в которых зафиксирована большая часть истории Земли. Таким образом, Шпицберген является и естественным геологическим архивом, и лабораторией, в которой наглядно демонстрируются геологические процессы прошлого и настоящего. Другой геологической особенностью архипелага является наличие осадочных толщ, которые встречаются редко или вовсе отсутствуют в других районах северной Европы.

Остатки горных сооружений, сформировавшихся 400 млн. лет назад в каледонскую эпоху складчатости, представлены здесь целым рядом различных комплексов пород, каждый из которых имеет уникальную геологическую историю. После завершения каледонской горообразовательной эпохи Шпицберген на протяжении большей части своей истории находился ниже уровня моря. В этих условиях шло практически непрерывное накопление глин, песков, гравия, карбонатных илов и т.д., которые затем постепенно превратились в слоистые осадочные толщи. На Шпицбергене слабо развиты почвы, здесь также отсутствуют леса и сельскохозяйственные угодья, поэтому ничто, кроме ледников, не скрывает геологию архипелага. Пустынный ландшафт рассекает фьорды и долины, позволяя наблюдать горные породы в



Продукты эрозионного разрушения горных пород переносятся реками и формируют дельту, которая продолжается на дне фьорда. (W. Dallmann)



В результате тектонических движений и эрозионных процессов породы, когда-то находившиеся на большой глубине, могут оказаться на поверхности. На фотографии изображены смятые в складки гнейсы – остатки каледонской горной цепи. (W. Dallmann)



(M. Wisshack)

трех измерениях, и геологическая летопись раскрывается перед нами подобно книжке с картинками.

Граниты, гнейсы, сланцы, песчаники и базальты – названия, хорошо знакомые большинству из нас. Эти породы вместе со многими другими относятся к так называемым коренным породам, слагающим твердое основание, на котором затем сформировались рыхлые отложения. Возраст коренных пород зачастую исчисляется несколькими миллиардами лет. Так, древнейшим породам, обнаруженным на Шпицбергене, 3,3 млрд. лет. Для сравнения, возраст Земли составляет около 4,6 млрд. лет, а самым древним из известных на Земле пород 4,03 млрд. лет.

На коренных породах залегают значительно более молодые рыхлые отложения, такие как глина, песок и гравий. Их образование во многих случаях связано с разрушением коренных пород под воздействием ледников. Значительная



В результате разрушения горных пород формируется почва для разнообразной тундровой растительности. S. Elvevold.



Горизонтальнослоистые осадочные породы в районе Билле-фьорда. В нижней части крутых склонов и у подножья образовались осыпи – скопления обломков горных пород. (D. Blomeier)

часть продуктов разрушения горных пород выносятся потоками талых ледниковых вод в море. Преобразование рельефа на Шпицбергене, как и в других районах Арктики, в значительной степени происходит под воздействием ветра и низких температур.

В геологической летописи Шпицбергена можно выделить три основных «раздела»:

1. Фундамент, сложенный древнейшими породами и сформировавшийся в течение докембрия – силура. Это, главным образом, магматические и метаморфические породы, неоднократно подвергавшиеся складчатости и другим деформациям.
2. Недеформированные осадочные толщи, возникшие в позднем палеозое – кайнозое. На о. Западный Шпицберген они образуют желобообразную структуру, простирающуюся на юг от Ис-фьорда. Более молодые породы залегают на дне этой структуры, а более древние – по ее бортам.
3. Поверхностные (рыхлые) отложения четвертичного периода, сформировавшиеся, в основном, во время последнего оледенения и в последлениковую эпоху. Они представлены моренами, отложениями водных потоков и морских побережий, а также различными типами склоновых отложений.

В дальнейшем будут более подробно рассмотрены основные особенности строения фундамента, осадочных толщ, четвертичных отложений, а также форм рельефа. Упрощенная геологическая схема Шпицбергена приведена на внутренней стороне передней обложки. Два геологических профиля изображены на странице 21.



Экспедиционные работы на Шпицбергене. (Нижний левый снимок: S. Elvevold, остальные: W. Dallmann)

Факты

Как определяется возраст горных пород?

Для того, чтобы систематизировать все разнообразие проявлений геологической эволюции Земли, принято разделять горные породы по возрасту. Существует несколько способов определения возраста пород, однако, не все они подходят для каждого конкретного случая.

Определение относительного возраста:

Метод основан на определении возраста породы относительно окружающих ее пород. Например, нижележащие слои (при ненарушенной последовательности залегания) являются более древними, чем вышележащие; гранит, внедрившийся в толщу сланца, моложе, чем сланец.

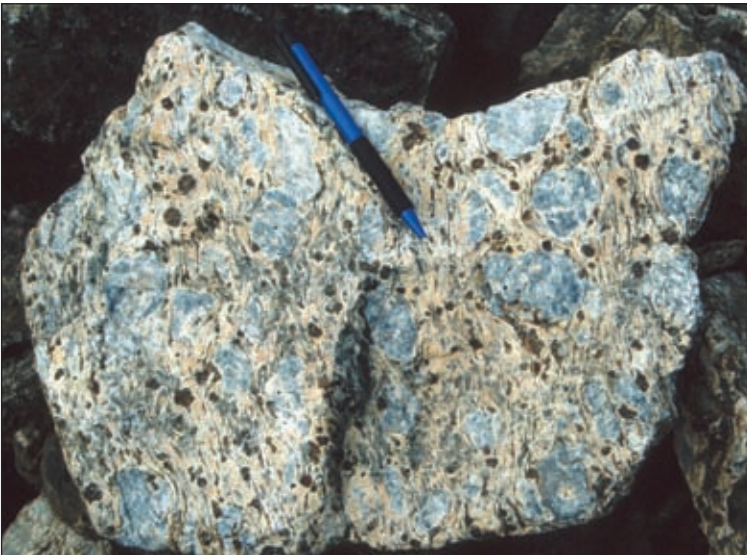
Определение возраста по ископаемым остаткам организмов:

Ископаемые остатки растений и животных, имевших широкое географическое распространение при кратковременном существовании, связанном с определенными этапами развития Земли, называются руководящими ископаемыми. Хорошо сохранившиеся остатки вымерших организмов встречаются в палеозойских и более молодых породах, поэтому метод руководящих ископаемых широко применяется для определения возраста этих пород.

Радиометрическое определение возраста:

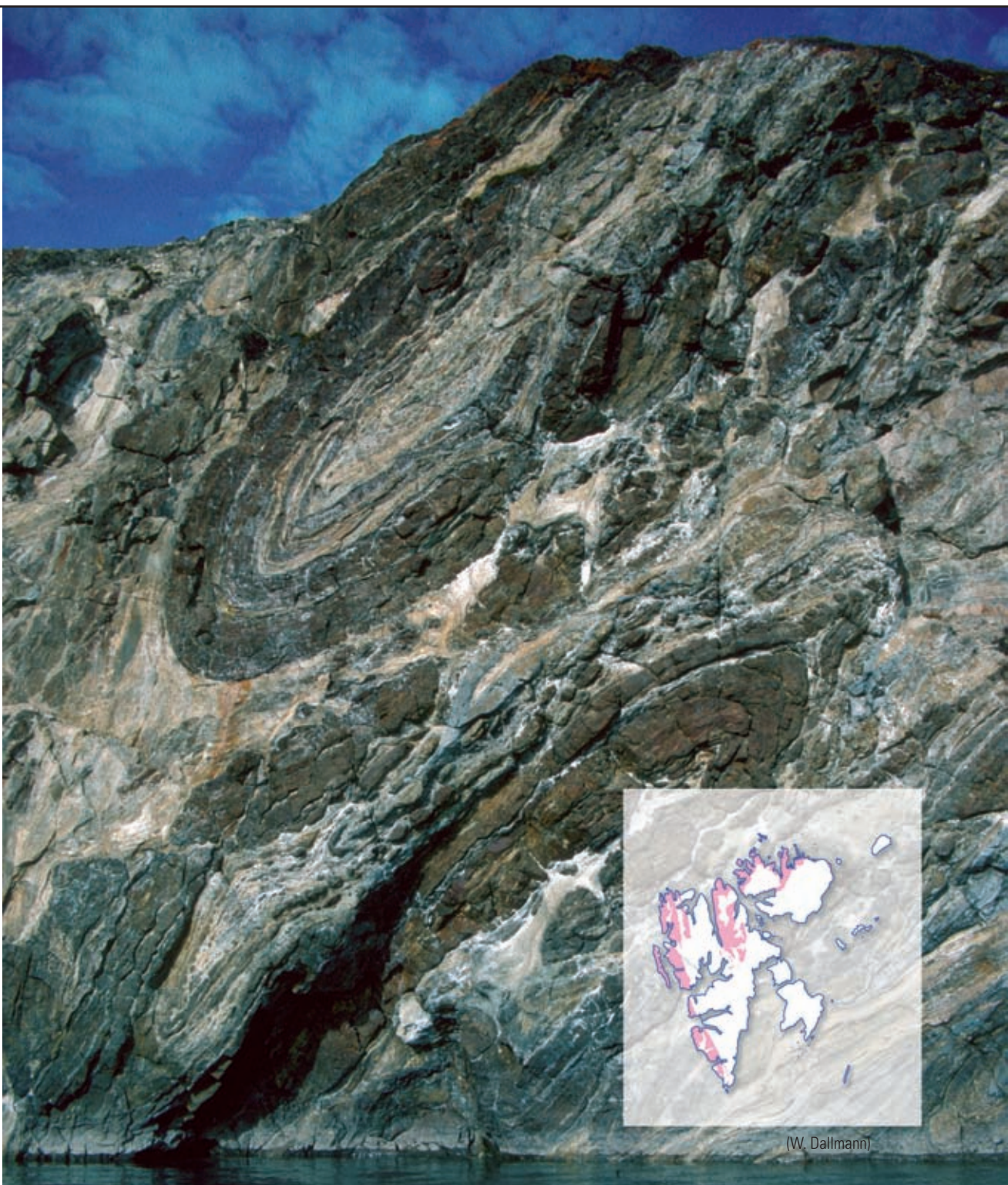
Радиометрический метод позволяет установить абсолютный возраст породы с помощью содержащихся в ней радиоактивных элементов, например, урана (U). Метод основан на том, что многие химические элементы имеют несколько изотопов – разновидностей, различающихся массами атомов. В процессе образования минерала в структуру кристалла входит определенное число химических элементов, включая незначительное количество радиоактивных изотопов. В ходе радиоактивного распада этих «родительских» изотопов образуются атомы устойчивых «дочерних» элементов. Например, в результате радиоактивного распада урана образуются различные изотопы свинца (Pb). Промежутком времени, в течение которого количество радиоактивных ядер уменьшается вдвое, называется периодом полураспада изотопа. Период полураспада двух изотопов урана составляет, соответственно, 4,486 млрд. лет и 703,8 млн. лет. Сочетание этих двух скоростей радиоактивного распада может быть использовано для определения возраста урансодержащих минералов, таких как циркон, монацит и сфен. Существует множество подобных радиометрических «часов», одни из них «показывают» время затвердевания магматических пород, другие – время кристаллизации минерала или протекания процессов метаморфизма и других изменений горной породы.

Факты



Гнейс с п-ова Бискайар. Датирование ураново-свинцовым методом показало, что возраст этой породы составляет 965 млн. лет. (S. Elvevold)

Древнейшие породы



(W. Dallmann)

Фундамент

Породы, возникшие на более ранних этапах развития Земли, часто называются фундаментом, так как они обычно являются той основой, на которой образовывались более молодые породы. Формирование пород, слагающих фундамент Шпицбергена, происходило в докембрии – силуре, то есть до начала и во время каледонской эпохи горообразования. На основе полученных датировок было установлено, что породы фундамента Шпицбергена пережили несколько этапов складчатости и метаморфизма. В результате выветривания (разрушения горных пород под воздействием атмосферных осадков, ветра, колебаний температуры воздуха и т.п.) и эрозии сегодня мы можем видеть на поверхности лишь остатки древнего складчатого и метаморфизованного фундамента. Последняя крупномасштабная эпоха складчатости и метаморфизма – каледонская – имела место в силуре, т.е. около 400 млн. лет назад.

Породы фундамента можно наблюдать вдоль западного и северного побережья о. Западный Шпицберген, на о. Земля Принца Карла, о. Северо-Восточная Земля, а также на небольшом участке о. Медвежий. Районы, где породы фундамента выходят на поверхность, нередко характеризуются альпийским типом рельефа с высокими, остроконечными, зубчатными горными вершинами. Недаром, увидев эту землю в 1596 году, Виллем Баренц назвал ее Шпицберген, что означает «Земля острых гор».

Южный Шпицберген

Между мысом Сёркапп и Ис-фьордом фундамент сложен филлитами, кварцитами, доломитами и конгломератами, реже – вулканическими породами. Помимо обычных конгломератов, состоящих из хорошо окатанных обломков горных пород, здесь встречаются и тиллиты. Они представляют собой древние морены, флювиогляциальные отложения (отложения потоков талых ледниковых вод), а также скопления обломков, вытаявших из айсбергов, образовавшиеся во время оледенения Шпицбергена около 600 млн. лет назад и впоследствии подвергшиеся уплотнению. Эти породы играют важную роль в установлении относительного возраста выше- и нижележащих толщ. Под тиллитами залегают известняки или доломиты со строматолитами. Последние представляют собой окаменевшие



Конгломерат, образовавшийся в протерозойское время. Порода претерпела сильные деформации, и зерна гальки, изначально имевшие округлую форму, оказались в результате растянутыми и смятыми в складки. (W. Dallmann)

колонии водорослей и являются одними из древнейших ископаемых организмов, найденных на Шпицбергене. На Земле Сёркапп встречаются породы кембрийского и ордовикского возраста с остатками трилобитов и брахиопод (см. главу об ископаемых организмах на с. 22-23). Такими породами сложена г. Хорнсунтинин, имеющая высоту 1431 м и являющаяся самой высокой точкой южного Шпицбергена.

Северо-западный Шпицберген

На о. Земля Принца Карла и на Земле Оскара II, так же как к югу от Ис-фьорда, породы фундамента представлены,

главным образом, сланцами, известняками, доломитами и тиллитами. Тектонические деформации, имевшие место в третичное время и сопровождавшиеся образованием складок и разломов, оставили свой след на западном побережье Шпицбергена.

К северу и северо-востоку от Конгсфьорда комплекс пород фундамента представлен гнейсами, мигматитами и гранитами, и, как правило, включает также сланцы, мрамора и кварциты. К востоку от Магдалена-фьорда располо-



Островеишинные горные хребты на заднем плане сложены метаморфизованными карбонатными породами фундамента, а наклонно залегающие породы на переднем плане представляют собой более молодые, девонские песчаники. Хорнсунн. (W. Dallmann)



Смятые в складки карбонатные породы. Хорнсунн, Земля Сёркапп. (W. Dallmann)

жена сложенная гранитом вершина Хорнеман-топпен с крутыми, обрывистыми склонами. Радиометрическое определение возраста показало, что этот гранит образовался около 411 млн. лет назад.

К югу от Сант-Йонс-фьорда фундамент состоит из глаукофановых сланцев и эклогита. Эти породы образовались на большой глубине в толще земной коры под воздействием крайне высокого давления. Через несколько миллионов лет вышележащие толщи были разрушены эрозийными процессами и породы фундамента оказались на поверхности.



Эклогит – удивительно красочная порода. Эклогиты в районе Сант-Йонс-фьорда образовались на огромной глубине (60-80 км) около 470 млн. лет назад. (S. Elvevold)

Нью-Фрисланд

Породы фундамента, наблюдаемые вдоль восточного побережья Вейде-фьорда, представлены сланцами, амфиболитами, гнейсами и гранитами. Они слагают пачку, образованную пятью так называемыми надвиговыми пластинами. Каждая пластина состоит из гранито-гнейсов возрастом около 1,75 млрд. лет, и перекрывающих их, более молодых сланцев. Надвиговая пачка образует крупную выпуклую складку – антиформу Атомфьелла, простирающуюся с севера на юг на 150 км в пределах Нью-Фрисланда.



Гранатово-сланцевой сланец с прослоями амфиболита из Нью-Фрисланда, образовавшийся и смятый в складки во время каледонской горообразовательной эпохи. (S. Elvevold)

В восточной части Нью-Фрисланда и на территории между Леди-Франклин-

фьордом и проливом Хинлопен, в северо-западной части о. Северо-Восточная Земля на поверхность выходят осадочные породы, имеющие поздне-докембрийский, кембрийский и ордовикский возраст. Эта осадочная толща сложена известняками, песчаниками, кварцитами и глинистыми сланцами, и образует небольшие складки, простирающиеся с севера на юг.

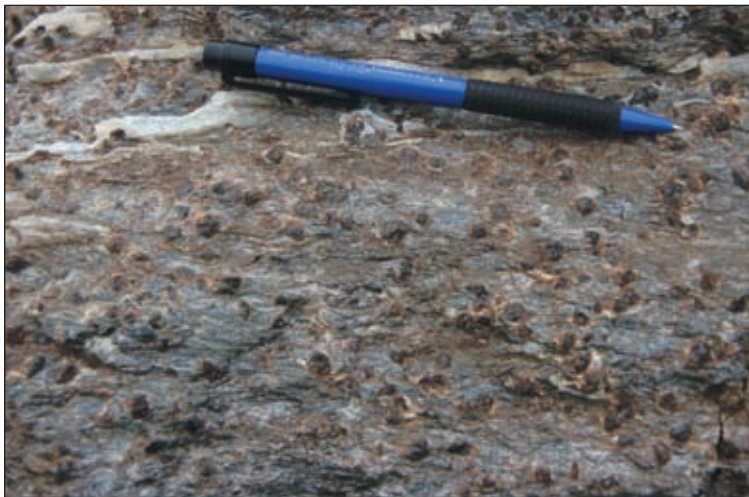
Гора Ньютон-топпен (1717 м) – высочайшая вершина Шпицбергена – сложена крупнозернистым гранитом. Радиометрическим методом датирования было установлено, что внедрение гранитной магмы произошло около 432 млн. лет назад.

Остров Северо-Восточная Земля
Породы фундамента о. Северо-Восточная Земля выходят на поверхность в прибрежных районах, а также между двумя ледниковыми щитами Аустфонна и Вестфонна. К востоку от Леди-Франклин-фьорда фундамент состоит из



Гранитная дайка, внедрившаяся в тонкозернистый метаморфизованный песчаник, Нью-Фрисланд. (S. Elvevold)

гранитов, очковых гнейсов, мигматитов и вулканических пород. На полуострове Ботния наблюдаются застывшие лавовые потоки, вулканические брекчии, дайки и силлы, образовавшиеся 800-900 млн. лет назад. Внедрения легко узнаваемых рейпфьордских гранитов отмечены на восточном и южном побережье Рейп-фьорда. В зоне контакта с внедрившимися гранитными телами коренные породы подверглись сильному нагреванию и метаморфизму.



Гранатово-слюдяной сланец, Нью-Фрисланд. (S. Elvevold)



Протерозойские смятые в складки гнейсы. Нью-Фрисланд. (W. Dallmann)

К востоку от Дуве-фьорда распространены, в основном, мигматиты, гнейсы и граниты. Большой интерес с геологической точки зрения представляет район Исис-пюнтен. Здесь можно наблюдать четыре «поколения» горных пород, древнейшей из которых является гнейс, прорезаемый амфиболитом, в который, в свою очередь, внедрились гранит и долерит. Наиболее молодые породы – розовые граниты, напоминающие граниты Рейп-фьорда – образуют здесь дайки.

Осадочные породы



Девонские песчаники придают характерный красноватый оттенок пейзажам района Вуд-фьорда. Тонкозернистый материал, образующийся в результате эрозионного разрушения этих пород, переносится реками во фьорд, в результате чего вода в нем приобретает красный цвет, что можно наблюдать во внутренних частях Вуд-фьорда. (W. Dallmann)

После завершения в девонском периоде каледонской эпохи горообразования началось разрушение сформировавшейся горной цепи под воздействием эрозионных процессов. Продукты разрушения – огромные массы песка–гравия и глины, накапливались на аллювиальных равнинах (равнинах, образовавшихся в результате накопления материала, переносимого реками) и на дне моря. В результате очередного этапа осадконакопления, в каменноугольном и пермском периодах, образовались известняковые толщи, а в мезозое и третичном периоде (примерно до 40 млн. лет назад) – толщи песчаников и сланцев. На о. Западный Шпицберген эти породы залегают в форме огромной, простирающейся на юг от Ис-фьорда, желобообразной структуры, с более молодыми породами в центральной части и более древними – по краям.

Девонский период



Огромные по площади выходы красноватых и зеленовато-серых девонских пород наблюдаются на Земле Андре, в северной части о. Западный Шпицберген. Эти породы известны под общим названием «древний красный песчаник» и представлены алевролитами, песчаниками и конгломератами, переслаивающимися с небольшими по мощности



Ископаемые остатки панцирной рыбы в девонском песчанике имеют характерный синевато-серый оттенок. (A. Freiwald)

толщами сланцев и карбонатных пород. Красноватая окраска девонских пород обусловлена высоким содержанием оксида железа (гематита), что говорит об осадконакоплении в условиях сухого климата, подобного климату современных пустынь. Эти отложения накапливались на дне пресноводных или солоноватых бассейнов, лагун или

широких, медленно текущих равнинных рек. Девонские осадочные толщи сформировались в результате накопления продуктов эрозийного разрушения горной системы, образовавшейся в эпоху каледонской складчатости.

Девонский период называют также «веком рыб». На Шпицбергене в огромных количествах встречаются ископаемые остатки древнейших рыб. В девоне появляются также первые наземные растения – споровые растения, произраставшие на речных равнинах и в мелководных озерах. Их ископаемые остатки также найдены на Шпицбергене.



В слоях гипса в районе Сканс-бухты в 20 веке дважды закладывались опытные шахты. (D. Blomeier)



Кораллы – типичные ископаемые в породах карбонового возраста. (W. Dallmann)

Карбон и пермь



Платообразные горы в районе Темпель-фьорда, Билле-фьорда и многих других районах северо-восточного Шпицбергена состоят из пород карбонового и пермского возраста. К нижней части толщи карбоновых песчаников приурочены угленосные пласты. Горизонтально-слоистые карбоновые и пермские отложения включают насыщенные ископаемыми остатками организмов известняковые и доломитовые слои с белыми прослоями гипса и ангидрита. Гипс и ангидрит осаждались в ходе испарения насыщенной сульфатами морской воды в условиях теплого и сухого климата.

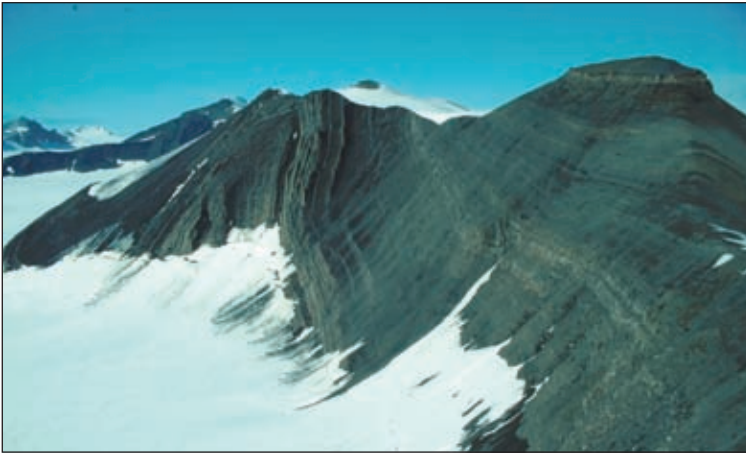


Гора Темплет во внутренней части Ис-фьорда сложена горизонтально слоистыми породами пермского возраста. (W. Dallmann)

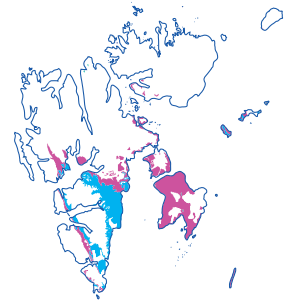
К концу пермского периода Шпицберген и Баренцево море на несколько миллионов лет стали сушей. Они по-прежнему оставались частью гигантского континента, включавшего в себя северную Европу, Гренландию и Северную Америку.



На российской шахте Пирамида осуществлялась добыча угля из песчаников карбонового возраста. Закрыта в 1998 г. (С. Brodersen)



Триасовые осадочные породы. Хорнсунн. (W. Dallmann)



Триасовые породы обозначены красным, а породы юрского и мелового возраста – синим цветом.

Триас, юра и мел

Характер мезозойских отложений свидетельствует о том, что они формировались в условиях умеренного и влажного климата. Шпицберген в основном продолжал оставаться под водой, однако, из-за происходивших тогда неоднократных поднятий, морские условия осадконакопления чередовались с периодами, когда накопление осадков шло на суше. Породы, сформировавшиеся в мезозое, представлены в основном сланцами, алевролитами и песчаниками, реже известняками. Они выходят на поверхность в центральной и южной частях о. Западный Шпицберген и на восточных островах архипелага.

Растительный и животный мир мезозоя были очень богат и разнообразен, при этом преобладающую роль в фауне позвоночных играли рептилии, за что мезозой часто называют «веком рептилий». В морях юрского периода обитали морские рептилии, такие как длинношейный плезиозавр, а на суше жили динозавры. В мезозойских породах также встречаются ископаемые остатки аммонитов, двусторчатых моллюсков и различных растений. Отложения триаса и юры содержат прослои богатых органическим веществом сланцев, являющихся нефтематеринскими породами, однако, никаких экономически рентабельных месторождений нефти на Шпицбергене

обнаружено не было.

В начале мелового периода стабильные условия на Шпицбергене сменились эпохой тектонических дислокаций, сопровождавшихся вулканической активностью и образованием разломов. Магма внедрялась в трещины в горных породах, проникала вдоль поверхностей слоев и кристаллизовалась в виде жил и даек долерита. На Земле Короля Карла магма проложила себе путь на поверхность и, излившись в виде темной базальтовой лавы, затвердела. К концу мезозоя Шпицберген снова стал сушей.



Долерит (темный слой) образует бронирующий пласт на карбонатных породах пермского возраста, тем самым защищая их от эрозийного разрушения. Паландер-бухта, о. Северо-Восточная Земля. (W. Dallmann)



Коренные породы по обоим берегам Адвент-фьорда представлены песчаниками мелового и третичного возраста. Эти осадочные породы залегают здесь в основном горизонтально. (S. Elvevold)

Третичный период



Движение плит (крупных блоков земной коры), начавшееся в конце мезозоя, достигло своей кульминации в начале третичного периода. В результате вдоль западного побережья Шпицбергена сформировалась новая горная цепь, которая, однако, значительно уступала по размерам более древней, каледонской. Породы всех возрастов оказались смяты в складки. Кроме того, массы горных пород были сдвинуты в восточном направлении, образовав так называемые надвиговые пластины. Сегодня их можно наблюдать на склонах многих гор Земли Ведыля Ярлсберга и Земли Оскара II. Образование надвигов, возможно, явилось следствием поворота Гренландской континентальной плиты в сторону Шпицбергена, когда Шпицберген, в свою очередь, двигался мимо северной части Гренландии. Это произошло тогда же, когда в результате раздвижения (спрединга) океанического

дна возникли северная часть Атлантического океана и Северный Ледовитый океан.

К востоку от нового горного хребта, южнее Ис-фьорда, суша испытала погружение, что привело к образованию огромного, ориентированного с севера на юг, залива. Здесь накапливались отложения, из которых впоследствии сформировались песчаники и сланцы, местами включающие ископаемые остатки растений. Сейчас в этом районе, иначе называемом Центральным Третичным бассейном, сосредоточена большая часть угольных залежей Шпицбергена, разработка которых ведется в Лонгйире, Свеагруве и Баренцбурге.

В середине третичного периода новая фаза вулканической активности имела место в северной части Атлантики. На Шпицбергене лавовые потоки, излившиеся в тот период, сохранились на Земле Андре. Здесь базальтовая лава сформировала твердые бронирующие пласты на некоторых наиболее высоких вершинах.

Четвертичный период

К концу третичного периода произошло похолодание климата. Начался очередной ледниковый период, и огромные пространства Северной Америки, севера Европы, Южной Америки и Антарктиды надолго покрылись ледниковыми щитами, кое-где достигавшими километровой мощности. Шпицберген также оказался под громадным ледниковым щитом. Ледниковые эпохи

чередовались с периодами потепления продолжительностью от 10 000 до 20 000 лет, во время которых климат Шпицбергена был умеренно-арктическим, а растительность – примерно такой же, как и сегодня. В течение последних 2-3 млн. лет геологи насчитывают до 20-30 ледниковых периодов, разделяемых более теплыми межледниковьями.

На Шпицбергене сохранились свидетельства о нескольких ледниковых эпохах, а большая часть образовавшихся во время них отложений, а также другие их следы были уничтожены в ходе последнего оледенения. Оледенение Шпицбергена продолжается и до сих пор, поскольку 60% площади архипелага покрыто ледниками.

Тектоника плит

Дрейф континентов

Земная кора не является сплошной оболочкой, в которую заключены недра Земли. Она разделена на семь крупных и множество более мелких жестких блоков – плит, движущихся друг относительно друга. Эти плиты, включающие не только материи, но и соседние и с ними участки океанического дна, «плавают» по вязкому, частично расплавленному слою верхней части мантии. Движение плит обусловлено восходящими (конвекционными) течениями мантийного вещества, а теория, описывающая это движение, называется тектоникой плит.

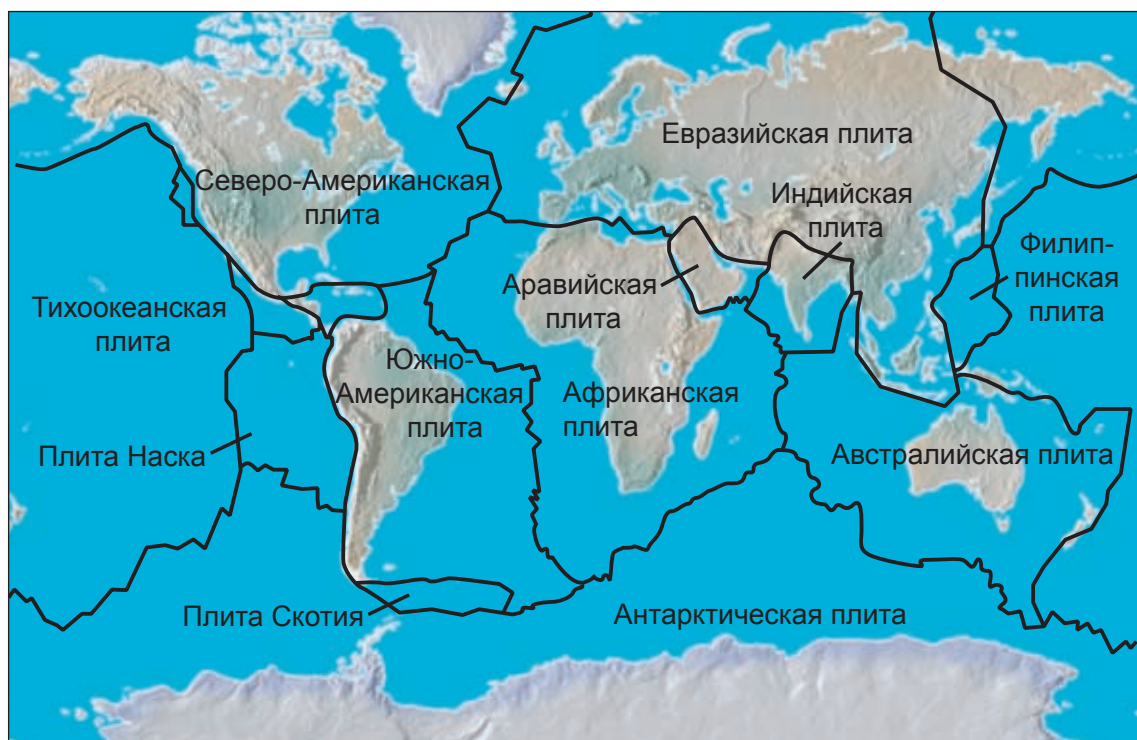
Начало современной тектонике плит было положено немецким метеорологом Альфредом Вегенером, предложившим в 1915 г. теорию дрейфа континентов. Основываясь на сходстве очертаний западного берега Африки и

восточного берега Южной Америки, Вегенер предположил, что когда-то эти материи, в настоящее время разделенные Атлантическим океаном, составляли единое целое. Впоследствии они отделились друг от друга и дрейфовали в противоположные стороны, пока не заняли своего современного положения. Однако Вегенеру не удалось найти убедительного объяснения движущим силам и динамике этого процесса. Поэтому его гипотеза была воспринята скептически, а затем и вовсе отвергнута подавляющим большинством ученых того времени.

Горы рождаются и умирают

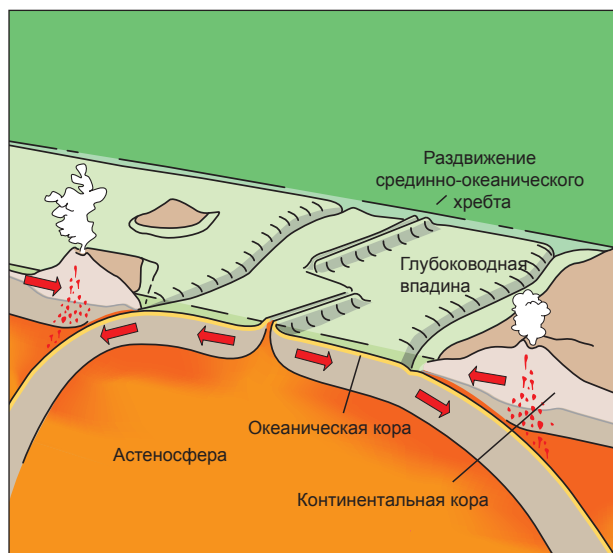
Только в 1960-е гг. появились первые данные, подтверждающие и объясняющие предположения Вегенера. В ходе исследований дна Мирового океана была открыта глобальная система срединно-океанических хребтов. Более

того, было установлено, что именно со срединно-океаническими хребтами связано образование новой океанической земной коры и наращивание краев плит. При раздвижении плит вдоль оси срединно-океанического хребта образуются глубокие разломы, через которые происходит излияние расплавленного мантийного вещества (магмы). Постепенно магма остывает и затвердевает, образуя новые полосы земной коры. Этот процесс носит название спрединга (растяжения) океанического дна. Срединно-Атлантический хребет простирается с севера на юг по дну Атлантического океана. В северной части Атлантики вдоль него происходит раздвижение Евразийской и Северо-Американской плит. Скорость спрединга составляет здесь 3-5 см в год. Вдоль срединно-океанических хребтов происходят частые, хотя и относительно слабые землетрясения, наблюдаются проявления вулканической активности.



Земная кора состоит из нескольких крупных и мелких плит. На границе плит часто происходят вулканические извержения и землетрясения. (A. Igesund)

В глубинных разломах, простирающихся вдоль оси срединно-океанического хребта, постоянно образуется новая океаническая земная кора. Так как объем и общая площадь поверхности нашей планеты остаются неизменными, на границе двух плит происходит разрушение более древних участков земной коры. При столкновении океанической плиты с материковой, океаническая плита, имеющая большую плотность, поддвигается под более лёгкую материковую и погружается в мантию. Такие зоны характеризуются частыми, мощными землетрясениями. В мантии происходит плавление погружающейся океанической плиты, поэтому извержения вулканов также весьма типичны для этих областей. Зона повышенной сейсмической и вулканической активности, опоясывающая Тихий океан, известна как «Тихоокеанское огненное кольцо». В ходе дрейфа могут также происходить столкновения материковых плит, сопровождающиеся сильными землетрясениями. При столкновении материковых плит их края изгибаются, сминаются в складки, вызывая метаморфизацию горных пород. Здесь возникают огромные



Земная кора с зонами спрединга (срединно-океанические хребты) и зонами погружения одной плиты под другую. (A. Igesund)

горные хребты. Иллюстрацией тому являются Гималаи, возвышающиеся на границе столкнувшихся некогда Евразийской и Индийской плит.

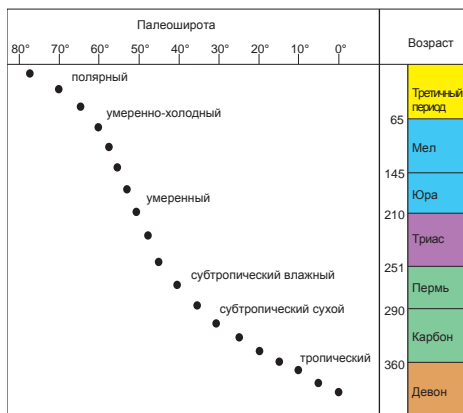


Наблюдаемая на склоне горы сложная геологическая структура сформировалась в результате процессов складчатости и разломообразования. Мидтер-хокен. (W. Dallmann)

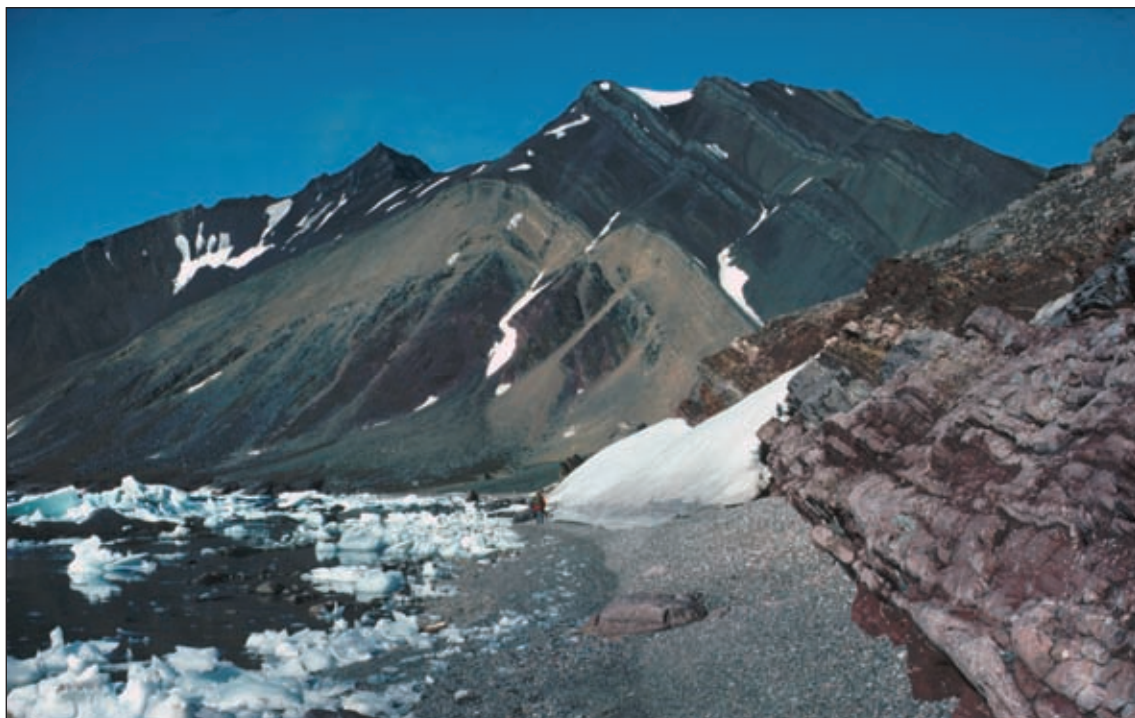
Горные пояса Шпицбергена

Шпицберген расположен на северо-западной окраине Евразийской плиты. С запада его омывают воды Атлантического океана, по дну которого проходит Срединно-Атлантический хребет, разделяющий Шпицберген и Гренландию.

В течение длительного этапа геологической истории (с девона до мела) Шпицберген являлся частью громадного материка Лавразии, так называемого Древнего красного континента, включавшего в себя также Северную Америку, Гренландию и Евразию. Северо-восточная часть Гренландии находилась в нескольких сотнях километров от Шпицбергена, и долгое время, также как и Шпицберген, была затоплена водами мелководного моря. На границе мелового и третичного периодов Северо-Американская и Евразийская плиты начали отдаляться



Породы девонского–третичного периодов представляют свидетельства “путешествия” Шпицбергена через все климатические пояса. На рубеже девона и карбона (около 360 млн. лет назад) климат Шпицбергена был тропическим. Осадочные толщи позднего карбона–перми формировались в засушливых субтропических условиях, а породы мезозоя–в зоне умеренного климата. Такие изменения климатических условий связаны с перемещением Шпицбергена, расположенного на северо-западной окраине Евразийской плиты, из южного полушария через экватор и далее на север, до своего современного положения в арктических широтах. (S. Elvevold)



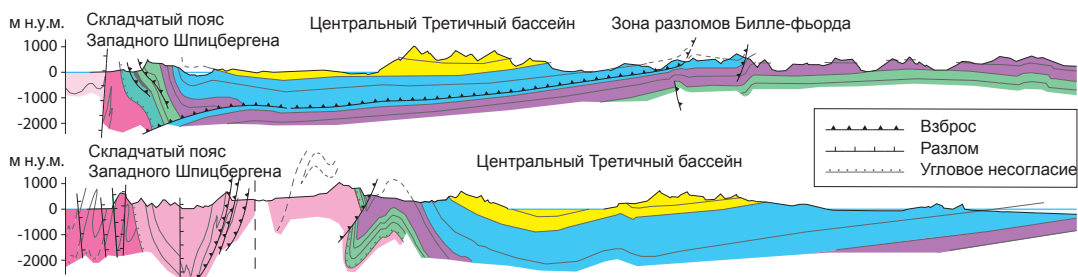
Смятые в складки осадочные породы карбонового, пермского и триасового возраста в районе залива Хорнсунн. Складкообразование явилось следствием тектонических деформаций, имевших место в третичное время. (W. Dallmann)

друг от друга. В первую фазу раздвижения, когда Шпицберген и Баренцево-морский шельф скользили мимо друг друга, Гренландская континентальная плита под острым углом была прижата к Шпицбергену. В результате в этой зоне интенсивно проявились процессы складчатости и образования надвигов, и вдоль западного побережья Шпицбергена возник горный хребет с остро-конечными, зубчатыми вершинами. Этот хребет, являющийся частью так называемого третичного складчато-надвигового пояса, является самой молодой горной цепью Шпицбергена.

Более древний, каледонский горный хребет образовался 470-400 млн. лет назад, когда Северо-Американская плита (Лаврентия) столкнулась с Северо-Европейской плитой (Балтика). При этом по обе стороны от зоны столкновения плит континентальная кора была сдавлена и смята в складки, и огромные пласты горных пород надвинуты друг на друга. В самой зоне столкновения произошло утолщение коры, и некоторые породы были погребены на большой глубине, где под воздействием высокого давления и температур они подверглись метаморфизации. Остатки каледонского горного хребта сегодня сохранились на Шпицбергене, в Норвегии, Шотландии и восточной Гренландии.



Складки в триасовых песчаниках и сланцах в пределах третичного складчатого пояса в западной части Шпицбергена. Мидтер-хюкен. (J.R. Eide)



Схематические геологические разрезы (ориентированы с запада на восток): Вверху: разрез, расположенный непосредственно к югу от Ис-фьорда. Внизу: разрез от Дундер-бухты до Вальвоген. Цветовые обозначения те же, что и на геологической карте, приведенной на странице 34. Разрезы показывают, что западное побережье Шпицбергена сложено древними кристаллическими породами фундамента и осадочными породами карбонового, пермского, триасового, юрского и мелового возраста, смятыми в складки и надвинутыми друг на друга в виде пластин. В пределах складчатого пояса эти породы круто погружаются. Горизонтальнослоистые третичные породы Центрального бассейна залегают к востоку от складчатого пояса. (W. Dallmann)

Ископаемые



Отпечатки листьев в породе. Удивительные "ископаемые" листья древних деревьев часто встречаются в третичных песчаниках по берегам Ис-фьорда. Растения третичного периода больше напоминают современные растения, чем растения мелового периода или еще более древних эпох. (D. Blomeier)



На Шпицбергене были найдены остатки тропических растений возрастом 300-400 млн. лет. С помощью ископаемых ученые смогли частично реконструировать ход эволюции жизни на Земле, по крайней мере, за последние 3 млрд. лет. Большая часть ископаемых имеет кембрийский и более молодой возраст, то есть моложе 570 млн. лет.

Ископаемые организмы дают исследователям важную информацию об изменениях климата и условий обитания в прошлом. Они также помогают устанавливать возраст слоев, в которых они содержатся. Известно, например, что динозавры достигли расцвета в мезозое, т.е. в триасовом, юрском и меловом периодах. Поэтому, если в породе найдены ископаемые остатки динозавра, то эта порода имеет мезозойский возраст. Другие виды являются характерными для других геологических эпох. Остатки организмов, имевших широкое географическое распространение при относительно коротком времени существования, называются руководящими ископаемыми.

На Шпицбергене и в толщах осадочных пород на дне Северного, Норвежского и Баренцева морей встречаются ископаемые остатки организмов всех геологических эпох, с кембрия до наших дней.

Древнейшими ископаемыми организмами, найденными на Шпицбергене, являются строматолиты, представляющие собой окаменевшие колонии водорослей. Строматолиты встречаются в доломитах начиная с докембрия.

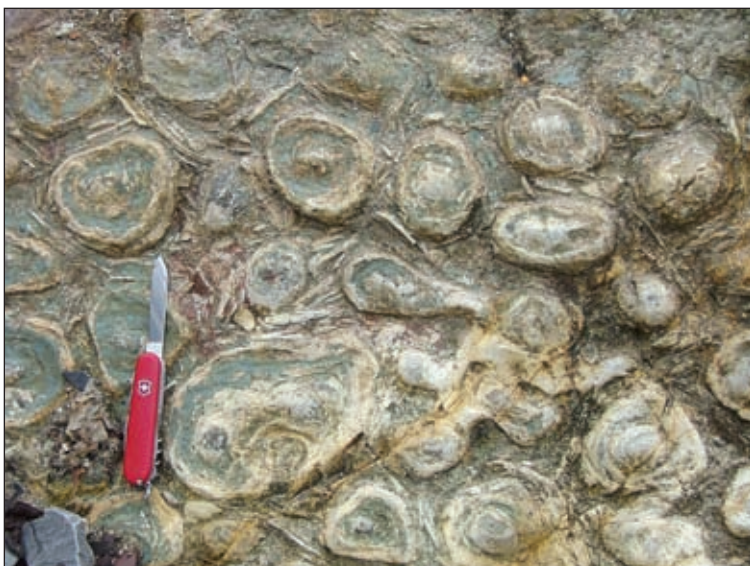
Трилобиты (*Trilobita*) были особенно

многочисленны в кембрии и ордовике. Это класс вымерших членистоногих, обитавших в основном на морском дне. Многие виды трилобитов являются важными руководящими ископаемыми. В кембрийских и ордовикских отложениях встречаются также остатки граптолитов (*Graptoloidea*), живших колониями на дне моря. Граптолиты также относятся к руководящим ископаемым.

Девон называют «веком рыб». На Шпицбергене найдены ископаемые остатки представителей обеих основных групп древних рыб – бесчелюстных (*Agnatha*), вымерших к концу девонского периода, и челюстных (*Gnathostomata*), давших начало поз-

воночным животным. Группа челюстных рыб включает хрящевых рыб, к которым относятся современные акулы и скаты, панцирных рыб (*Placoderms*) и костистых рыб. Костистые рыбы являются предками большинства современных рыб, а также кистеперых рыб, от которых, возможно, произошли наземные позвоночные. В девонских породах встречаются также отпечатки примитивных растений. Что касается рыб, то их кости и зубы в большом количестве находят и в породах других геологических эпох, например, в осадочных толщах триаса.

Растения быстро эволюционировали в девонском и карбоновом периодах. На Шпицбергене, который в те времена являлся частью континента, включавшего в себя также Европу и Северную Америку, произрастали леса, состоявшие из споровых растений (предков современных папоротников, плаунов и хвощей) и достигавших огромной высоты. Из остатков этих растений и сформировались впоследствии некоторые месторождения угля на Шпицбергене. В ископаемом состоянии часто находят стволы высокого, похожего на дерево растения сигиллярия (*Sigillaria*).



Строматолиты (карбонатные образования, возникшие в результате жизнедеятельности водорослей) – самые древние ископаемые организмы на Шпицбергене. (W. Dallmann)

Факты

Что такое ископаемые?

Ископаемыми (или окаменелостями) называются остатки древних организмов и различные следы их жизнедеятельности, сохранившиеся в более древних плотных осадочных породах или более молодых рыхлых отложениях. К ним относятся раковины моллюсков, кости животных, растительные остатки, а также отпечатки конечностей, ходы червей и экскременты. Растения редко сохраняются целиком, обычно встречаются их отпечатки и углефицированные остатки листьев и стеблей.

Факты

Обнаруженные трехпалые отпечатки имели длину около 75 см и были оставлены неизвестным видом рептилии, близким родственником динозавра игуанодона.

Последней важной группой ископаемых являются двусторчатые моллюски (*Bivalvia* или *Lamellibranchia*), которые встречаются в осадочных толщах на протяжении всей более молодой геологической истории. Особый интерес для ученых представляют раковины этих моллюсков, содержащиеся в отложениях ледникового периода и послеледниковой эпохи, т.к. они являются показателями определенных климатических условий.

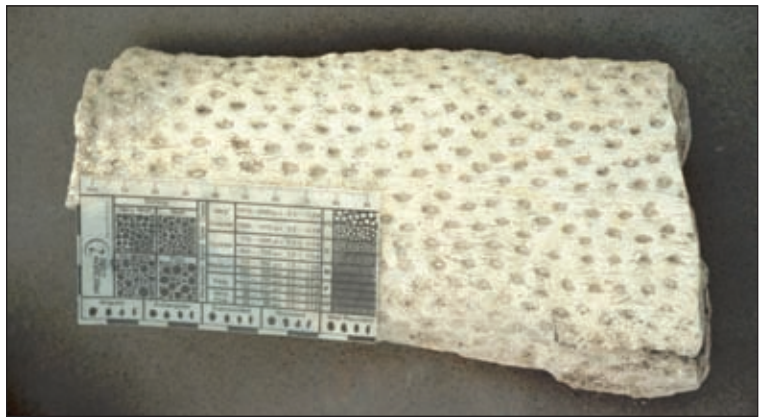


Брахиоподы (*Brachiopoda*). (B. Frantzen)

Брахиоподы (*Brachiopoda*), или плеченогие, представляют собой морских беспозвоночных животных, тело которых покрыто раковиной, напоминающей раковину двусторчатых моллюсков. Брахиоподы являются характерными ископаемыми для всего палеозоя, однако, особенно представительные экземпляры можно встретить на Шпицбергене в породах карбонового и пермского возраста. Верхнепермские слои содержат также хорошо сохранившиеся остатки кремневых губок (*Silicispongiae*) и мшанок (*Bryozoa*).

Мезозой стал эпохой расцвета моллюсков (*Mollusca*). Так, аммониты (*Ammonoidea*) были особенно многочисленны в юрском и меловом периодах. Их раковины обычно имеют форму плоской спирали. Аммониты являются прекрасными руководящими ископаемыми, и во многих случаях дают возможность очень точно «привязать» время формирования слоя, в котором были найдены их остатки, к определенному подразделению геохронологической шкалы.

Мезозой также называют «веком динозавров». Некоторые из этих рептилий достигали гигантских размеров. Динозавры, в основном, обитали на суше, но некоторые из них научились летать, а некоторые приспособились к жизни в морской среде. На Шпицбергене, помимо отпечатков следов других видов, были найдены скелеты длинношеих рептилий – плезиозавров (*Plesiosaurus*) и рыбоподобных рептилий – ихтиозавров (*Ichtyosaurus*). В 1960 г. отпечатки следов динозавра были найдены на берегу Грэн-фьорда (район Ис-фьорда).



Окаменевший ствол сигиллярии, древовидного растения из пород карбонового возраста, район Билле-фьорда. (D. Blomeier)



Ископаемые остатки морской рептилии длиной около 10 метров были недавно найдены в триасовых отложениях на северном берегу Ис-фьорда. (J. Ziegler)

Вулканы и термальные источники



Вершина Халвданпигген является останцом жерла вулкана. Вулканические породы окружены красноцветными девонскими песчаниками. (W. Dallmann)

За свою историю Шпицберген пережил несколько этапов вулканической активности. Застывшая метаморфизованная лава и другие вулканические породы встречаются среди докембрийских пород фундамента. Подвергшиеся различного рода деформациям остатки вулканических комплексов можно наблюдать между заливом Хорнсунн и ледником Торелльбреен (о. Западный Шпицберген) и на полуострове Ботния (о. Северо-Восточная Земля). Но для того, чтобы уметь распознавать более древние метаморфизованные, деформированные и эродированные

вулканические породы нужен большой опыт. Однако на Шпицбергене есть и более молодые породы вулканического происхождения, узнать которые значительно легче.

Массивные силлы

В осадочных толщах Шпицбергена, особенно во внутренних районах Исфьорда, вокруг Стур-фьорда и пролива Хинлопен, часто можно наблюдать темные массивные слои, вклинивающиеся между слоями осадочных пород, мощностью от нескольких дециметров до нескольких десятков

метров. Большой частью они залегают параллельно слоям осадочных пород, но иногда они могут вертикально прорезать слои вмещающих толщ, а также разветвляться. Эта порода называется долеритом. Долерит представляет собой разновидность базальта, однако, его отличие от последнего состоит в том, что образование базальта связано с застыванием лавы на земной поверхности, тогда как долерит образуется из магмы, проникающей по трещинам в породах и застывающей на относительно небольшой глубине.



Темные пласты представляют собой силлы, сложенные долеритом, внедрившимся между слоями известняка. Лом-фьорд. (D. Blomeier)



Застывшая третичная лава, перекрывающая девонские осадочные породы. Вуд-фьорд. (W. Dallmann)



Столбчатая структура базальтов. Земля Короля Карла. (G.B. Larssen)

На островах Земля Короля Карла магма проложила себе путь на земную поверхность и, излившись, застыла, образовав базальтовые покровы. Они распространены на вершинах гор, и их структура часто имеет вид скопления вертикально стоящих шестигранных столбов. Подобная столбчатая структура весьма типична для базальтов и формируется благодаря возникновению трещин сжатия при охлаждении и застывании лавы. Описанные выше породы образовались в юрском и меловом периодах, когда в районе Шпицбергена происходило растяжение и раздвижение земной коры, в результате которых возник Атлантический океан (см. главу «Тектоника плит»).

Вулканизм на Земле Андре

Огромные массивы красновато-коричневых песчаников наблюдаются на севере Шпицбергена, на территории, расположенной между Диксон-фьордом, Вуд-фьордом и Вейде-фьордом. Здесь на нескольких вершинах наблюдаются лавовые покровы мощностью до 400 м. Они образовались 10-25 млн. лет назад, когда лава разливалась по огромной территории, заполняя все существовавшие здесь долины и понижения рельефа. Позднее территория испытала поднятие и приобрела уклон, возникли новые долины. Остатки базальтовых покровов образовали твердые бронирующие пласты на некоторых самых высоких вершинах. Всего здесь насчитывается около двадцати застывших лавовых потоков, для некоторых из них характерна отчетливая столбчатая структура.

Остатки вулканов в районе Бокк-фьорда

Последний этап вулканической активности на Шпицбергене имел место в эпоху четвертичных оледенений, вероятнее всего в интервале от 1 млн. до 100 000 лет назад. Тогда вулканизм проявился на северо-западе Шпицбергена, на территории, прилегающей к Бокк-фьорду. Активизация вулканических процессов в четвертичное время, а также третичный вулканизм, связаны с так называемой «горячей точкой», находящейся к северу от Шпицбергена. Гора Сверрефельлет (506 м), расположенная к юго-западу от Бокк-фьорда, представляет собой останец четвертичного вулкана. Несмотря на разрушающее воздействие четвертичных оледенений ее коническая форма по-прежнему напоминает форму современных вулканов. Здесь можно увидеть застывшую лаву, вулканический пепел и остатки жерла вулкана. Неподалеку от Сверрефельлет расположено несколько термальных источников, температура воды в которых достигает + 24° С. В районе термальных источников Троллькьелдане, к югу от Бокк-фьорда, наблюдаются отчетливо выраженные террасы, сложенные известковым туфом.

Вершина Халвданпигген, расположенная между Бокк-фьордом и Вуд-фьордом, является останцом жерла вулкана. В настоящее время она дает пристанище колониям морских птиц.



Гора Сверрефельлет в районе Бокк-фьорда представляет собой останец вулкана, образовавшегося в четвертичном периоде. (W. Dallmann)



Термальные источники. Троллькьелдане. (S. Elvevold)



Террасы в районе Троллькьелдане сложены известковым туфом, образовавшимся в результате осаждения карбоната кальция из термальных источников. (W. Dallmann)

Оледенения Шпицбергена

Рельеф Шпицбергена в том виде, каким он предстает перед нами сегодня, сформировался в основном в четвертичном периоде – последнем геологическом периоде, продолжающемся поныне. В начале четвертичного периода Шпицберген и дно Баренцева моря были приподняты на несколько сот метров по сравнению со своим современным положением. Тогда вся территория от Шпицбергена до Норвегии и севера России представляла собой сушу. В течение всего четвертичного периода Шпицберген оставался в полярных широтах, и потому несколько раз подвергался оледенению. Рыхлые отложения, сформировавшиеся во время и после завершения последнего оледенения, представлены моренами, отложениями водных потоков, прибрежными и склоновыми отложениями, и скоплениями каменных глыб – так называемыми каменными морями.

Поднятие территории и изменение положения береговой линии

За исключением нескольких горных вершин, весь Шпицберген, по крайней мере, однажды в течение четвертичного периода покрывался огромным ледниковым щитом. Наибольшей мощности ледниковый щит достигал в восточной части архипелага, в районе Земли Короля Карла. Как на Скандинавском полуострове, так и на Шпицбергене под давлением ледниковой массы произошло прогибание земной коры. Прогибание было более значительным в районах, где мощность ледникового покрова была наибольшей. Когда в результате потепления климата ледник растаял и нагрузка была снята, территория начала подниматься. Например, Земля Короля Карла за последние 10 000 лет после таяния ледника поднялась примерно на 130 м относительно уровня моря. В ходе поднятия сформировались серии поднятых над уровнем моря береговых линий и пляжей. Береговые линии фиксируют стабильное положение уровня моря, при котором под воздействием волн происходит преобразование берега. Наиболее типичными формами

На аэрофотоснимке района Гипсвика видны древние береговые линии, в настоящее время поднятые над уровнем моря. В цветовом фильтре участки, покрытые растительностью, показаны оранжевым цветом.

рельефа, образующимися в зоне волновой активности, являются террасы и береговые валы. В отложениях некоторых террас встречаются раковины мидий. Эти морские моллюски относительно теплолюбивы и в настоящее время не обитают в водах Шпицбергена. Поэтому их находки свидетельствуют о том, что во время формирования этих террас климат был более теплым. Результаты изучения пыльцы из послеледниковых отложений также показали, что после завершения оледенения в определенные периоды климат на Шпицбергене был теплее и мягче, чем сегодня.

Вечная мерзлота

В районах, не занятых ледниками, распространены постоянно промерзшие грунты, и мощность слоя вечной мерзлоты меняется от нуля у побережий до 500 м на возвышенностях. В большинстве мест только самый верхний слой грунта оттаивает летом на глубину от 1 до 1,5 м. Вечная мерзлота оказывает существенное влияние на процессы, протекающие на поверхности. Наличие на некоторой глубине постоянно промерзшей толщи препятствует дренированию и приводит к тому, что талая вода



Кронебреен (O. Brandt)



скапливается в тонком приповерхностном слое грунта, оттаивающем летом. Такое обводнение грунтов способствует развитию грязевых потоков и оползневых процессов.

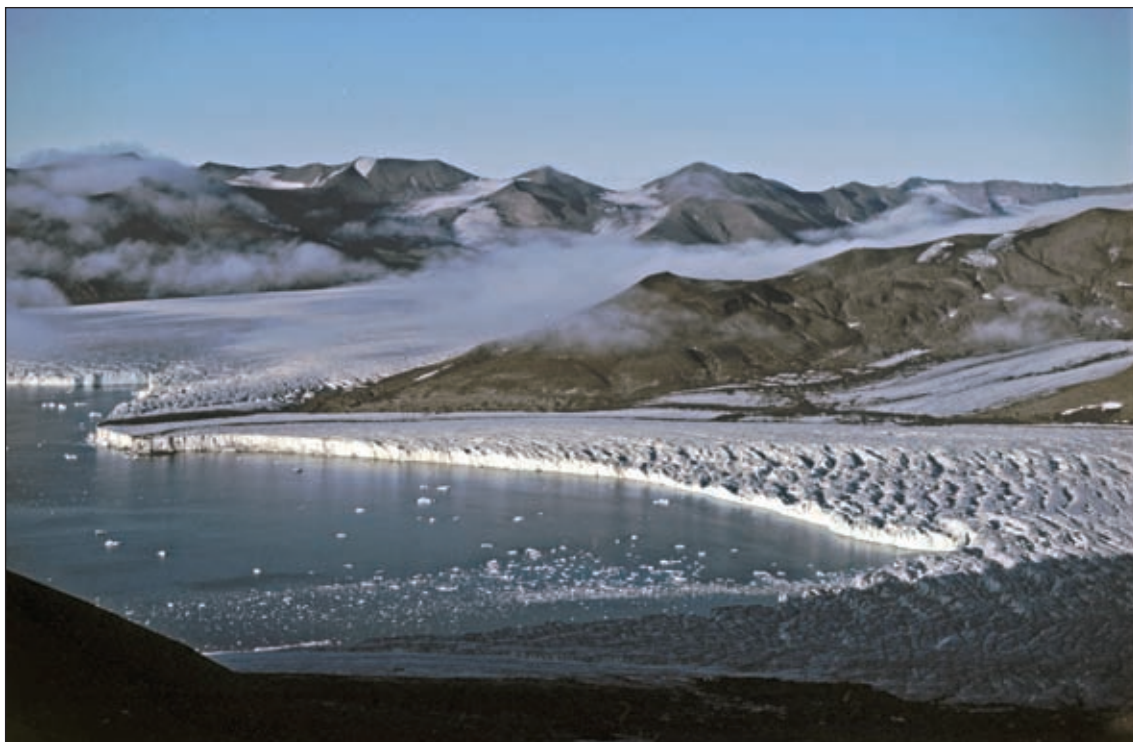
Ледники

Ледники покрывают около 60% территории Шпицбергена. Наиболее распространены они на северо-востоке архипелага, где крупнейшим является ледник Аустфонна на о. Северо-Восточная Земля. В западной части, где сказывается влияние теплого течения Гольфстрим, а также проникающих сюда южных воздушных масс, оледенение практически отсутствует.

Большинство ледников на Шпицбергене отступили в течение последнего столетия. Однако некоторые ледники, наоборот, испытали значительные подвижки, причем со скоростью, в несколько раз превышающей нормальную скорость движения ледника. В результате край ледника мог продвинуться вперед на несколько километров всего за 1-3 года. Такой тип резких подвижек ледника называется сёрджем. На Шпицбергене отмечено несколько ледников «сёрджевого» типа.



(D. Blomeier)



Оледенение Шпицбергена продолжается и сегодня: 60 % территории архипелага покрыто ледниками. Бреполлен (Хорнсунн) окружен несколькими широкими оканчивающимися в море ледниками, от которых откалываются многочисленные айсберги. (W. Dallmann)

Рельеф



Образование тех или иных форм рельефа во многом обусловлено составом и строением коренных пород. Альпийский тип рельефа с крутыми склонами гор и острыми пиками характерен для западного и северо-западного побережья о. Западный Шпицберген, где на поверхность выходят более устойчивые к разрушению, твердые кристаллические породы фундамента, такие как гнейсы и граниты. Горы, сложенные горизонтальнослоистыми осадочными породами часто имеют плоские вершины, как, например, гора Темплет в районе Ис-фьорда, а также горные плато в центральной части острова. При интенсивных эрозионных процессах могут образовываться вершины пирамидальной формы, такие как Тре-Крунер к востоку от Нью-Олесунна. Формирование пологих склонов обычно связано с рыхлыми породами, тогда как твердые, устойчивые к разрушению породы образуют крутые обрывы. Горные плато часто рассечены широкими долинами с плоским дном, образовавшимися под разрушающим воздействием двигавшихся ледников. Менее крупные долины, имеющие V-образный поперечный профиль, в свою очередь, были сформированы быстро текущими водотоками.

Ледниковые формы рельефа

Ледники активно участвовали в формировании рельефа Шпицбергена, и результаты их воздействия видны повсюду. Ледник способен переносить обломки пород на огромные расстояния.

Валуны горных пород, не встречающихся в данной местности называются эрратическими (от латинского *erraticus* — блуждающий). Содержащиеся в теле ледника обломки могут оставлять на поверхности пород, по которым движется ледник, длинные царапины и борозды — ледниковую штриховку. Обломочный материал, захваченный, перенесенный и отложенный ледником, называют мореной. Морены подразделяются на срединные, боковые, конечные и морены напора. Потоки талых вод, текущих по поверхности ледника, внутри или под ним, также могут переносить алеврит, песок и гравий. Перед краем тающего ледника образуются зандры — пологоволнистые равнины, сложенные, в основном, галькой, гравием и песком. Если талые воды стекают в озеро или море, то здесь формируется дельта.

Формы рельефа, связанные с вечной мерзлотой

Пинго представляют собой холмы округлой или конической формы, высотой до 50 м, сложенные рыхлыми грунтами с ледяным ядром внутри. Они образуются, когда подземные воды, находящиеся под напором в толще промерзших грунтов, прорываются к поверхности через разрывы и трещины и замерзают на небольшой глубине, в результате чего происходит «вспучивание» вышележащего слоя грунта. На Шпицбергене насчитывается около 80 пинго, в основном расположенных в крупных долинах центральной части о.

(S. Elvevold)



Вид на Тре-Крунер из Нью-Олесунна. Пологие склоны сложены красноцветными девонскими песчаниками, а пирамидальные вершины — более светлыми карбонными известняками. (W. Dallmann)



Срединная морена образуется при слиянии двух ледниковых языков. (W. Dallmann)



Ледниковые отложения. Мотала-фьелла. (S. Elvevold)

Западный. Шпицберген (Адвент-дален, Рейн-дален, Хьелльстрём-дален).

Там, где отсутствуют ледники, широко распространены полигональные грунты, представляющие собой «кузоры» (полигоны) на поверхности почвы, на песках или гравии, в виде более или менее непрерывных рядов колец, образованных обломочным материалом или заполненными льдом трещинами. Кольца имеют неправильную округлую форму, реже – форму правильных шестиугольников.

В суровом климате Шпицбергена разрушение горных пород происходит также при замерзании воды в трещинах породы. На склонах гор образовавшиеся обломки слагают осыпи, при смыкании которых возникают шлейфы осыпей, а на пологих поверхностях или на плоских вершинах – каменные моря. Продуктами разрушения твердых пород являются остроугольные глыбы, а более мягкие сланцы разрушаются до мелких минеральных частиц.

Широко распространенные на Шпицбергене каменные глетчеры состоят из обломков пород и льда, движущихся вниз по склону под действием силы тяжести и из-за чередования процессов замерзания и оттаивания.



Эрратические валуны – обломки горных пород, перенесенные ледником на значительное расстояние от того места, где эти породы выходят на поверхность. (W. Dallmann)



Пинго в долине Рейн-дален. (W. Dallmann)



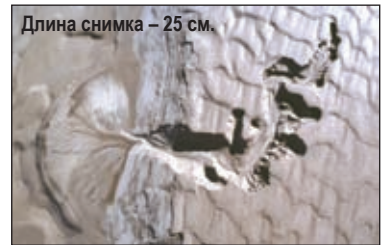
Полигональные грунты: каменные кольца. (O. Salvigsen)



Морские террасы. Темпел-фьорд. (D. Blomeier)



Конечная морена образуется перед краем ледника. (W. Dallmann)



Длина снимка – 25 см.

В результате мелкомасштабных геологических процессов могут возникать структуры, напоминающие формы рельефа в миниатюре. На фотографии изображен микро-каньон (справа), образовавшийся в результате эрозионных процессов, и микро-дельта, сформировавшаяся из вынесенного материала (слева). (D. Blomeier)

Каменный уголь



Для транспортировки угля в Лонгйире использовалась подвесная система канатной дороги.

В 1800 г. шкипер промыслового судна Сёрен Цахариассен, вернувшись из плавания, привез с собой около 6 м³ качественного угля из района Ис-фьорда. В последующие годы люди осознали, что на Шпицбергене должны находиться огромные запасы каменного угля, и интерес к угольным и минеральным запасам архипелага начал возрастать. С 1906 г. в Лонгйире существовало множество действующих шахт; первые угледобывающие компании были

собственностью Америки, но с 1916 г. добычу угля возглавляет норвежская компания «Store Norske Spitsbergen Kulkompani».

Уголь, образовавшийся из остатков папоротниковых лесов

На границе девонского и карбонового периодов, около 360 млн. лет назад, блок земной коры, впоследствии ставший Шпицбергеном и дном Баренцева моря, находился в тропической зоне к северу от экватора. В начале карбонового периода здесь произошло опускание суши и затопление ее морем.

На затопленных участках суши образовались мелководные бассейны, обширные низины, заливавшиеся во время приливов, и речные равнины, по которым текли разветвляющиеся потоки. Постепенно на этих равнинах возникли густые заросли влаголюбивой болотной растительности. Так как речь идет о карбоновом периоде, то господствовали здесь споровые растения, предки современных папоротников, плаунов и хвощей, однако, в то время они были намного крупнее, достигая 10-30 м в высоту.

Эти заболоченные низины, подобно современным мангровым зарослям, периодически затоплялись, при этом под водой оказывались огромные территории. Остатки произраставших здесь растений перекрывались мощными толщами ила и песка, и из частично разложившегося органического вещества сформировались затем угленосные пласты.

На Шпицбергене промышленные месторождения угля карбонового возраста находятся в северной части Билле-фьорда. В начале 1900-х гг шотландской экспедицией была также предпринята попытка добычи угля в Брисбюэне. Однако лишь российская шахта Пирамида оставалась продуктивной в течение длительного времени, несмотря на то, что она расположена в очень сложном с геологической точки зрения районе. На этой шахте, заброшенной в 1998 г., после Второй Мировой Войны было добыто около 9 млн. тонн угля.



Шахта Свеагрува расположена во внутренней части Ван-Мейен-фьорда. (S. Gerland)



Современные способы добыча угля на шахте Свеагрува. (А. Taurisano)

Уголь, образовавшийся из остатков лиственных лесов

В начале третичного периода, около 65 млн. лет назад, природные условия Шпицбергена сильно отличались от карбоновых. В это время он находился уже около 60-го градуса северной широты, хотя климат Земли был в целом теплее. В растительном мире господство перешло к лиственным растениям, и леса той эпохи напоминали современные леса центральной Европы.

Как уже было сказано (см. главу «Осадочные породы»), в начале третичного периода к югу от современного Исфафорда возник Центральный Третичный Бассейн. Здесь же образовались периодически затопляемые низменные равнины с лесами, болотами и реками.

Остатки болотной растительности были погребены под толщами наносов, приносимых реками из горных местностей с юга и запада. Из этого органического материала и сформировались пласты угля, которые разрабатываются или разрабатывались в прошлом в Лонгйире, Груманте, Баренцбурге, Свеагруве и Нью-Олесунне.

На 2006 г. добыча угля на Шпицбергене осуществляется в Баренцбурге (Россия), Лонгйире и Свеагруве (Норвегия). В Баренцбурге, основанном в 1932 г., ежегодно добывается до 250 000 тонн, однако в последние годы отмечается снижение прибыльности. С 1906 г. несколько шахт работают в Лонгйире и за его пределами. Общий объем добытого угля на этой территории составляет около 22 млн. тонн. Сегодня (2006 г.) продолжает работать только шахта №7. Разработка месторождений осуществляется параллельно угольным пластам, которые залегают под уклоном в 1-2 градуса. Шахта Свеа Норд расположена в Центральном месторождении, самом крупном месторождении угля на Шпицбергене. По оценкам угледобывающей

Некоторые факты, касающиеся угля

Уголь – это богатая углеродом горная порода, образующаяся из торфа и других растительных остатков и являющаяся горючим полезным ископаемым. По содержанию углерода и горючим свойствам выделяются следующие виды угля: бурый, битуминозный и антрацит. Содержание углерода в угле должно быть не менее 55%. Уголь, добываемый на Шпицбергене, относится к битуминозным и содержит 75-90% углерода.

Залежи угля могут иметь вид линз, «гнезд» или слоев в осадочных породах. Мощность слоев, иначе называемых угольными пластами, иногда достигает нескольких метров.

Для того, чтобы быть рентабельными, угольные пласты должны иметь такую протяженность, мощность и условия залегания, при которых их разработка и добыча были бы выгодными с точки зрения инфраструктуры и стоимости угля.

Уголь образуется из торфа и другого частично разложившегося растительного материала. Постепенный процесс углефикации занимает миллионы лет, в течение которых растительная масса, оказавшись погребенной под толщами более молодых пород, уплотняется и, погрузившись на некоторую глубину, испытывает небольшой нагрев в условиях отсутствия кислорода.



Заброшенные шахты в Лонгйире. (D. Blomeier)

компании «Store Norske» в районе Свеа Норд имеются экономически рентабельные запасы угля объемом в 32 млн. тонн, тогда как месторождение в целом, по оценкам специалистов, содержит 72,5 млн. тонн угля. Угольные пласты в Центральном Бассейне имеют мощность 3-5,5 м, что означает высокую эффективность добычи угля.

Нефть и природный газ



Российская буровая установка в Билле-фьорде. В ходе разведочного бурения в 1991 г. здесь были отмечены выбросы газа и выход на поверхность небольшого количества нефти. (W. Dallmann)

Нефть и природный газ относятся к полезным ископаемым органического происхождения, образовавшимся из остатков живых организмов, обитавших в водной среде. Осадочные породы, содержащие большое количество органического вещества такого типа, например, аргиллит и сланец, называются нефтематеринскими. Основные нефтематеринские породы на Норвежском континентальном шельфе – богатые органическим веществом юрские сланцы. На Шпицбергене некоторые слои в пермских и мезозойских породах также содержат большое количество органики, потенциально являясь нефтематеринскими. Особенности геологического строения Шпицбергена позволяют предполагать наличие здесь множества нефтяных ловушек – геологических структур, в которых сосредотачиваются углеводороды, формируя таким образом месторождения. Однако месторождений нефти или газа, представляющих практический интерес, на Шпицбергене пока открыто не было.

Разведка нефти и газа на Шпицбергене началась с 1960-х гг. Первая скважина глубиной 972 м была пробурена норвежской компанией «Norsk Polar Navigasjon AS» в районе Грэн-фьорда. Затем эта же компания провела разведочное бурение в Берцелиус-дален, недалеко от Ван-Мейен-фьорда. Впоследствии подобные разведочные работы проводили многие другие компании, в том числе «Caltex Group», «Fina Group», «Nordisk Polarinvest», российский горнодобывающий трест «Арктикуголь», «Store Norske Grubekompani» и «Norsk Hydro». Всего было пробурено 16 скважин, в основном на Земле Норденшельда (центральная часть о. Западный Шпицберген), а также на берегу пролива Форландсунн, на островах Эдж и Надежды. Самая глубокая скважина, расположенная в Искётга, в районе Ван-Мейен-фьорда, уходит в глубину на 3300 м. Последняя скважина была пробурена в 1994 г. на мысе Капп-Лайла в Колес-бухте.

Результаты бурения показали, что потенциальные нефтематеринские породы имеют слишком высокую степень зрелости органического вещества, т.е. не содержат нефти, а породы-коллекторы – слишком низкую пористость. Любые находки «подвижной» нефти приурочены к относительно незначительным системам трещин.

В 1991 г. в ходе бурения по разведке угля, проводимого трестом «Арктикуголь» в бухте Петунья, Билле-фьорд, был вскрыт нефтеносный слой на глубине 630 м. В двух скважинах были отмечены выбросы газа и выход на поверхность небольшого количества нефти. Однако планы по систематической разведке нефти пока не были реализованы (данные 2006 г.).

Геология и охрана окружающей среды

Охране окружающей среды на Шпицбергене уделяется огромное внимание. Уже в 1973 г. была создана сеть национальных парков, природных заповедников и птичьих заповедников, занимающих огромные пространства архипелага за пределами центральной части о. Западный Шпицберген. Еще несколько охраняемых территорий было создано в 2002-2005 гг., и на сегодняшний день примерно 65% территории Шпицбергена имеет статус той или иной охраняемой территории. Тем не менее, в большинстве мест разрешено передвижение на легком, немоторизованном транспорте, а также активный отдых. Исключения составляют острова Земля Короля Карла, посещение которых вообще находится под запретом, так как они являются уникальным местом размножения белых медведей. В определенные месяцы запрещено также посещение птичьих заповедников и о. Моффен.

На южном берегу Ис-фьорда в 2003 г. была создана охраняемая территория Геотоп Фестнинген. Целью создания стало сохранение ценных геологических памятников, представляющих особый научный интерес. В этом районе расположен детально изученный опорный геологический разрез Фестнинген, в котором зафиксирована значительная часть геологической истории Шпицбергена. Здесь также отмечены уникальные формы рельефа, связанные с вечной



мерзлотой, и найдены ископаемые отпечатки следов динозавра. Важные геологические памятники расположены и в пределах многих других охраняемых территорий.

В 2002 г. вступил в силу Закон об охране окружающей среды Шпицбергена, ограничивающий все виды существенных воздействий на ландшафты архипелага. На Шпицбергене разрешено собирать образцы горных породы и минералов, как в качестве сувениров, так и для научных исследований. Запрещается собирать окаменелости в пределах территорий, объявленных охраняемыми в 1973 г., а также на территории природных заповедников о. Надежды и о. Медвежий. Туристы должны информировать губернатора Шпицбергена или Норвежский Полярный Институт о находках, представляющих особую научную ценность.

Некоторые важные правила

Любые передвижения на Шпицбергене должны осуществляться так, чтобы не наносить ущерб природной или культурной среде, не вести к ее загрязнению или нарушению, а также не причинять излишнего беспокойства людям и животным.

Туристы, не являющиеся жителями Шпицбергена и желающие путешествовать индивидуально, покидая пределы административной территории № 10 (район от Ван-Мейен-фьорда до Ис-фьорда в центральной части Шпицбергена) должны сообщать о предполагаемых перемещениях. Необходимо также информировать власти Шпицбергена о планируемых путешествиях по суше в радиусе более 20 км от Нью-Олесунна или водных маршрутах за пределами Конгс-фьорда.

Путешественники должны быть уверены, что их действия осуществляются в соответствии с требованиями и положениями существующего законодательства, принятого для районов, которые они собираются посетить. Это также относится к правилам охоты и рыболовства. Посещение охраняемых территорий подразумевает, что путе-

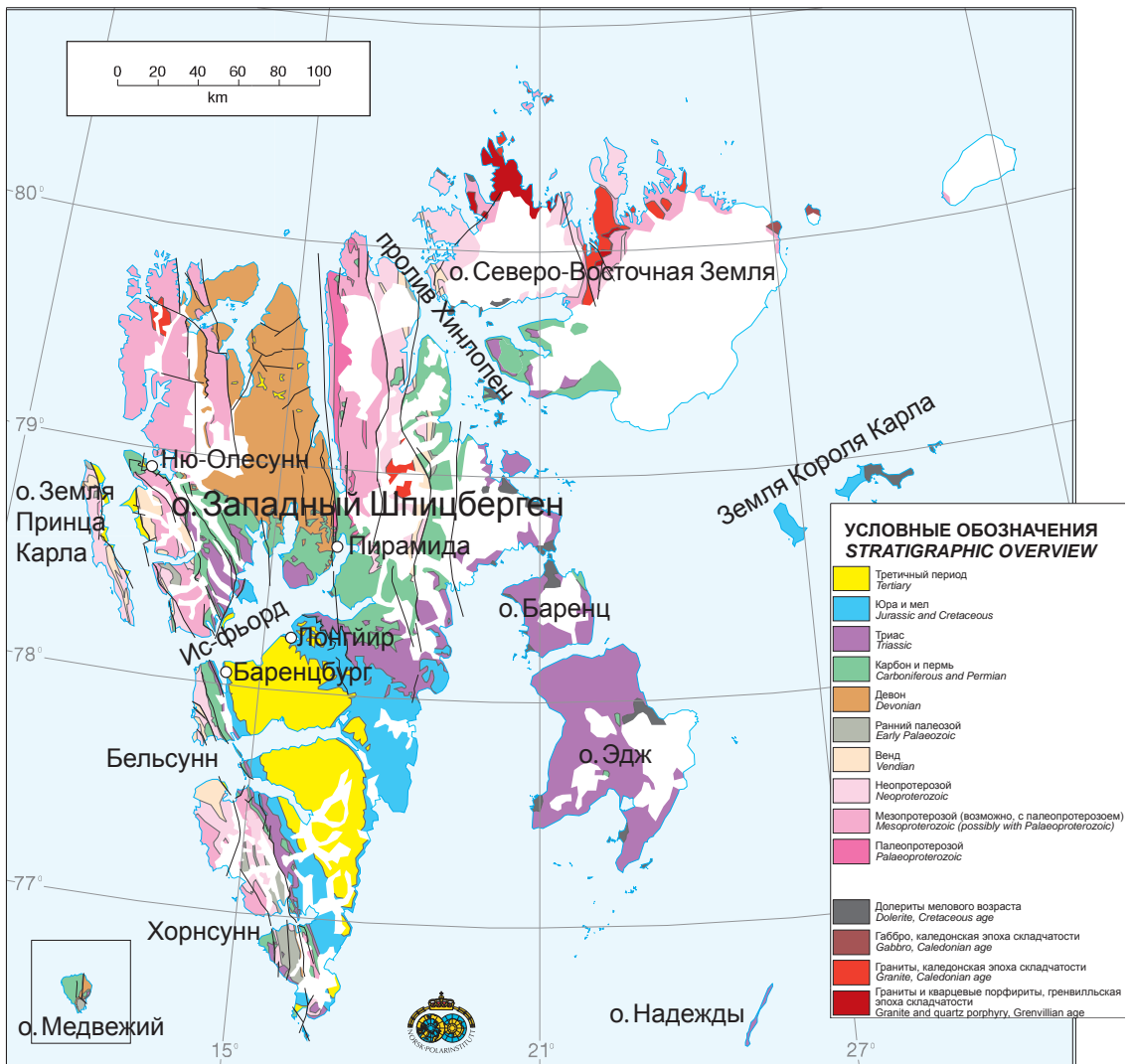
шественник знаком с соответствующими природоохранными правилами.

Передвижение по суше на любом моторизованном транспорте требует получения специального разрешения, за исключением поездок на снегоходах, регулируемых Правилами моторизованного транспорта. Это также относится к посадкам вертолетов за пределами установленных посадочных площадок. Такие разрешения выдаются, в основном, для исследовательских целей. Необходимо помнить о том, что правила, касающиеся жителей и гостей Шпицбергена различаются.

Покидая населенные пункты, все путешественники должны иметь при себе оружие, подходящее для защиты от белых медведей. Никогда не приближайтесь к медведям и не преследуйте их! Белые медведи находятся под охраной, поэтому убить медведя можно только в целях самозащиты, когда это является единственной альтернативой. Информацию о белых медведях и правилах безопасности можно получить у Губернатора Шпицбергена или в Норвежском Полярном Институте.

Все объекты, созданные человеком на Шпицбергене до 1945 г. включительно автоматически подпадают под защиту как объекты культурного наследия. Это относится как к различного рода сооружениям, так и к отдельным находкам. Сооружения, возникшие после 1945 г. также могут находиться под охраной в соответствии с особым распоряжением. Не разрешается устраивать лагерь или хранить оборудование на расстоянии менее чем 100 м от любого охраняемого, относящегося к культурному наследию, сооружения. О планируемой организации лагеря сроком на неделю и более необходимо заранее сообщить Губернатору Шпицбергена.

(D. Blomeier)

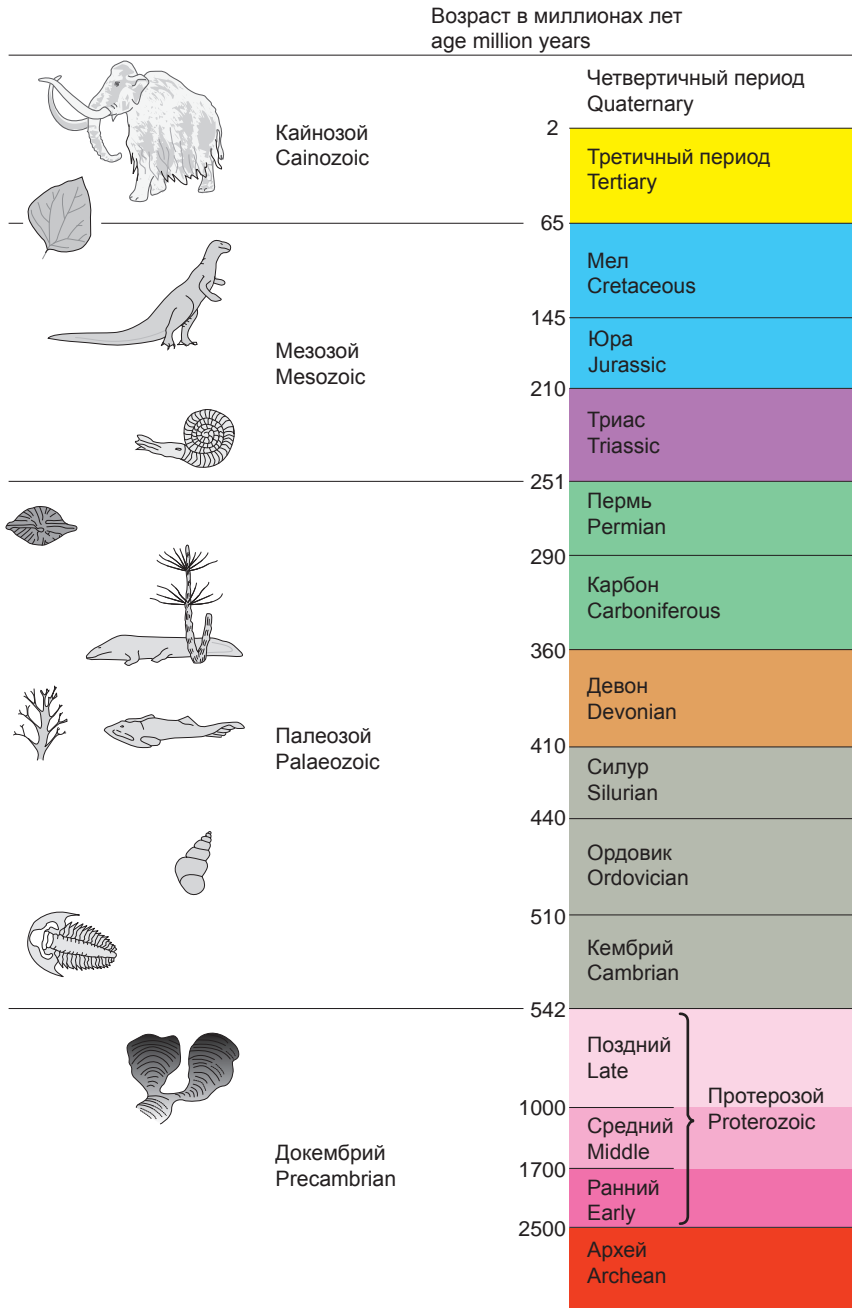


Геологическое летоисчисление – хронологические рамки геологии

Геохронологическая шкала подразделяется на несколько временных интервалов. В основе этого деления – наличие или отсутствие в толщах горных пород остатков жизненных форм, а также их видовой состав, который является специфическим для каждой из выделяемых эпох. Геологи всего мира пользуются единой стандартной системой названий подразделений геохронологической шкалы. Древнейший этап в истории

Земли – докембрий – охватывает временной интервал от возникновения Земли до 570 млн. лет назад. За ним следует палеозойская эра, охватывающая промежуток времени с 570 до 245 млн. лет назад, а за ней – мезозойская, закончившаяся 65 млн. лет назад. Кайнозойская эра началась 65 млн. лет назад и продолжается по сей день. Последние 2 миллиона лет в истории Земли называют четвертичным периодом.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА • GEOLOGICAL TIME SCALE



Увлекательная геология

Вот уже более ста лет Шпицберген привлекает путешественников. Многие из побывавших здесь были по-настоящему очарованы его ледяной красотой, пустынностью и остроконечными пиками. Геология архипелага чрезвычайно разнообразна, благодаря чему здесь можно наблюдать множество непохожих друг на друга ландшафтов. Зазубренные гребни горных хребтов окружают залив Хорнсунн, юго-восточное побережье о. Западный Шпицберген примечательно своими платообразными нунатаками – изолированными вершинами, возвышающимися над ледниками, а для района Вуд-фьорда характерны более пологие склоны и специфические красноватые тона. Во всей северной Европе нет ни одного места, где можно было бы встретить такое разнообразие геологических формаций, и где в виде выходов горных пород на поверхность были бы представлены практически все геологические эпохи, начиная с древнейших. Кроме того, значительная часть территории архипелага практически лишена почв и растительности, что позволяет проследить выходы горных пород непрерывно на больших расстояниях. Все это делает Шпицберген уникальным местом для изучения геологических процессов, или для того, чтобы просто наслаждаться красотой этого уголка нашей планеты.