**Введение**

Изучение строения зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану представляет несомненный интерес, так как здесь в настоящее время происходят интенсивные геологические процессы, поверхностным проявлением которых являются высокая сейсмичность и современный вулканизм. Основы современной геологии и вулканологии закладывались в первые десятилетия XIX в. Отечественная вулканологическая школа сформировалась в первой трети XX в. Ее основателями были выдающиеся ученые – академики Ф.Ю. Левинсон-Лессинг и А.Н. Заварицкий.

Актуальность данной теме придаёт проблема связи вулканизма с климатом, включая изучение природных моделей «ядерной зимы».

Исследования в космосе, в Мировом океане принесли новые открытия и поставили перед вулканологами новые задачи. Обнаружены следы мощной вулканической деятельности на Луне, Марсе, Меркурии, Венере, действующие вулканы – на спутнике Юпитера Ио, выявлена подводная вулканическая деятельность в рифтах срединных океанических хребтов, в несколько раз превосходящая по своим масштабам вулканическую деятельность на суше, и связанные с ней сульфидные месторождения. Вулканологи приступили к изучению магматических очагов и питающих каналов вулканов, а также процессов, происходящих в очагах, и механизма вулканических извержений.

Объектом исследования являются вулканы Тихоокеанского складчатого пояса в пределах Камчатско-Курильской гряды.

Изучаемая территория включает в себя Охотское море, полуостров Камчатка и Курильские острова. Курило – Камчатский регион, являясь регионом активного хозяйственного освоения естественных ресурсов, в то же время, может быть отнесен к зонам повышенной чувствительности природных условий к изменениям климатического режима.

Предмет исследования – природные условия, поствулканическая деятельность и её влияние на экологическое состояние Курило – Камчатского региона.

Целью настоящей работы является обобщение и систематизация сведений о вулканах Тихоокеанского складчатого пояса в пределах Камчатско-Курильской гряды и влияние их на жизнедеятельность населения, а так же экологическое состояние данного региона. Для достижения результата были поставлены следующие задачи:

1) Изучение литературных источников и образовательных ресурсов по данной теме.

2) Анализ монографической, статистической и периодической литературы по изучаемому вопросу.

3) Анализ собранного материала и выявление особенностей данного региона.

Для реализации поставленных задач использовались следующие методы: картографический, статистический, эмпирический.

В работе акцентируется внимание на позднекайнозойских подводных вулканах северной части Курильской островной дуги – подводной вулканической группе «Парамуширская».

Материал выпускной квалификационной работы может быть использован в школьном курсе географии.

**1. Природные особенности Камчатско-Курильской гряды**

**1.1 Общие сведения о северо-западной части Тихого океана**

вулкан геологический камчатский океан

Тихий океан (Великий океан), расположен между материками Евразией и Австралией на западе, Северной и Южной Америкой на востоке и Антарктидой на Юге. Площадь с морями 178,6 млн. км2, объем 710 млн. км3, максимальная глубина 11 022 м. Моря расположены главным образом по его северным и западным окраинам. Тихий океан как крупная структура имеет очень древнее заложение.

Активизация геологических процессов в западной части Тихоокеанской впадины происходили синхронно с формированием окраины Азиатского континента, начиная с палеозоя. Однако, наиболее древние отложения, вскрытые до настоящего времени скважинами глубоководного бурения в Западной Пацифике, датируются поздней юрой. Вероятно, к этому или несколько более раннему времени относится заложение таких вулканических структур ложа океана как поднятия Шатского, Хесса, краевых валов Зенкевича-Хоккайдо, Бонинского, Волкано, внутриокеанических поднятий Эаурипик и Капингамаранги.

В позднем мелу в Западной Пацифике начинается формирование Императорского хребта, продолжавшееся до середины палеогена. Но в кайнозое, в период наиболее интенсивного проявления вулканизма в приокеанических островных дугах – Алеутской, Курило-Камчатской, Японской, Идзу-Бонинской, Марианской, Вануату вулканическая деятельность в Западной части Тихоокеанской котловины прекращается и перемещается на юг и восток.

Для периферических частей характерны сейсмичность, активный вулканизм и глубоководные желоба с глубиной 8000–10 000 м и более [14]. Побережье Тихого океана обрамлено кольцом уснувших или время от времени действующих вулканов, известных как «Огненное кольцо».

Каждая цепочка вулканов (красные звёздочки) следует рядом с глубоководным желобом (синяя линия с зубцами), где океанское дно пододвигается под край соседней литосферной плиты с разместившимися на нём вулканами. Срединно-океанические хребты (двойные розовые линии), где литосферные плиты расходятся, а океаническое дно разрастается. Стрелки-векторы скорости движения литосферных плит, максимальная скорость 10 см/год. Обозначения литосферных плит: К – Кокос, Н – Наска, ЕА – Евразийская, СА – Северо-Американская, ЮА – Южно-Американская, Ан – Антарктическая, Ав – Австралийская (Ломизе М.Г).

Большая часть берегов образована высокими горами, так что абсолютные отметки поверхности резко меняются на близком расстоянии от берега. Все это свидетельствует о наличии по периферии Тихого океана тектонически нестабильной зоны, малейшие подвижки в пределах которой являются причиной сильных землетрясений. Западный берег окаймлен огромным количеством островов разного размера, часто гористых и вулканических. К числу этих островов относятся Алеутские, Командорские, Курильские, Японские, Рюкю, Тайвань, Филиппинские. Все эти острова имеют горный рельеф и входят в состав Огненного кольца, опоясывающего Тихий океан. На западном обрамлении океана вулканы образуют цепочки островов (так называемые островные дуги), которые отделяют окраинные моря: Берингово, Охотское, Японское. со стороны океана рядом с каждой вулканической грядой прослеживается узкий глубоководный желоб, например Марианский или Чилийско-Перуанский. Таковы соотношении между размещением вулканов Тихоокеанского кольца и крупными формами рельефа.

**1.2 Геологическое строение и история тектонического развития Камчатско-Курильской гряды**

Каждое вулканическое извержение представляет собой как бы отголосок тех мощных геологических процессов в недрах Земли, которые сопровождаются образованием очагов магмы. Время от времени магма находит путь к поверхности, поднимается и несет с собой информацию об этих глубинных процессах. О них судят по разнообразным признакам: характеру вулканических извержений, температуре изливающейся лавы, кристаллическим выделениям минералов и химическому составу, обломкам горных пород, захваченных магмой на путях ее подъема. В Тихом океане находится несколько зон спрединга (разрастания) океанической литосферы, главная из которых Восточно-Тихоокеанская. По периферии океана происходит субдукция этой литосферы под обрамляющие континенты. Над каждой зоной субдукции протянулась цепочка вулканов, все вместе они и образуют Тихоокеанское кольцо [16]. Соотношения между вулканами и уходящей под них зоной субдукции рассмотрим на примере Камчатки: ее геологическое строение подробно изучено, а действующие вулканы находятся под постоянным наблюдением сотрудников Института вулканологии РАН в Петропавловске-Камчатском. Этот отрезок вулканического кольца приурочен к активной границе двух крупных литосферных плит: Тихоокеанская плита, которая движется здесь на северо-запад со скоростью 8–9 см/год, пододвигается под почти неподвижный континентальный край Евразийской плиты. Согласно некоторым расчетам, этот край, возможно, тоже перемещается на северо-запад, но очень медленно (со скоростью менее 1 см/год). Таким образом, скорость относительного схождения литосферных плит близка здесь к 8 см/год, что определяет и скорость субдукции. В рельефе морского дна линия соприкосновения двух литосферных плит выражена узким и глубоководным (до 8 км) Камчатским желобом. На рис. 2 приведен геологический разрез, пересекающий Камчатскую зону субдукции. Видно, как Тихоокеанская плита сначала полого пододвигается под камчатскую континентальную окраину, затем перегибается и уходит на глубину под углом около 55º.

Это сравнительно древняя (мелового возраста), мощная (толщиной около 70 км), холодная и упругая океаническая литосфера. Поэтому она хорошо различима и ниже, где погружается в разогретый и размягченный материал астеносферы. В отличие от многих других зон субдукции здесь литосфера пересекает границу верхней и нижней мантии Земли (в 670 км от поверхности), достигая глубин более 1000 км. При этом, погружаясь наклонно, Тихоокеанская плита проходит под всей Камчаткой, а далее под Охотское море.

Субдукция под Камчатку сопровождается образованием очагов землетрясений. Евразийское побережье Тихого океана отличается исключительной расчлененностью и обилием островов. Группируясь в субмеридионально вытянутые гирлянды, острова и полуострова отделяют от океана систему соединенных друг с другом окраинных морей: полуостров Камчатка и Курильские острова обособляют Охотское море. Окраинная часть Тихого океана имеет сложную структуру с материковой корой и переходной корой, центральная состоит из впадин океанского типа с глубинами более 5000 м. Граница между ними определяется так называемой андезитовой линией, отделяющей зону излияния андезитовых лав от районов распространения базальтов. Для западно-тихоокеанского пояса характерен сложный рельеф дна: широкие полосы материковой отмели сочетаются с впадинами и системой глубоководных желобов, вытянутых вдоль островных дуг и подводных хребтов. С желобами связаны самые глубокие участки дна Тихого океана: глубина Курило-Камчатского желоба 9717 м [Приложение 1]. После распада Поднятия Дарвина на Камчатке и в Японии события развивались следующим образом (рис. 3) В течение первой стадии, сразу после образования зоны растяжения наверх снизу начало поступать выплавленное из астеносферы базальтовое вещество и накапливаться на поверхности литосферы – геосинклинальный инициальный вулканизм, сформировавший верхнемеловую ирунейскую серию Восточной Камчатки и ее возрастные аналоги в других местах. Мощность геосинклинальных кремнисто-вулканогенных толщ оценивается в 4–8 км (Авдейко, 1977).

Под действием дополнительной нагрузки ослабленные блоки литосферы стали погружаться. Причем относительно маловязкий магматический расплав, внедрившийся по глубинным расколам, служил «смазкой», уменьшавшей трение между опускавшимися блоками и участками ненарушенной литосферы. Опусканию могло способствовать также и то, что плотность астеносферы непосредственно под подошвой литосферы, по-видимому, несколько уменьшалась в результате частичного плавления здесь ее материала. Во вторую стадию совместное действие опускания и сопутствующих ему явлений, а также бокового давления со стороны океанической плиты Тихого океана в связи с активизацией зоны субдукции после исчезновения Поднятия Дарвина привело к отрыву утяжеленных нижних фрагментов литосферы. Они стали погружаться в астеносферу, вращаясь вокруг вертикальной оси, а облегченные фрагменты – подниматься наверх. Непосредственно под земной корой оказалось разуплотненное астеносферное вещество, имеющее, по И.П. Кузину, сейчас плотность 3.2 г./см3. А поднятые блоки литосферы сформировали асимметричный хребет. Когда в результате поднятия облегченных блоков и вулканической аккумуляции хребет достиг своей предполагаемой максимальной абсолютной высоты порядка 7–9 км, а его относительное превышение под дном океана составило 12–14 км, могли, по-видимому, создаться предпосылки для разрушения хребта. Помимо больших абсолютных и относительных высот морфоструктуры для этого было еще три благоприятных фактора. Во-первых, значительный общий прогрев на глубине слагавших ее пород, обеспечивший снижение порога пластичности. Одна из возможных причин нагрева – магматическое вещество, вторая – опускание в предыдущую стадию на глубину, в условия более высоких температур. Во-вторых, наличие непосредственно под «всплывшей» корой относительно маловязкого пластичного базальтового материала, из сильно нагретого и высоко поднятого астеносферного вещества, которое заместило здесь погрузившиеся утяжеленные мантийные компоненты литосферы. Этот пластичный материал мог сыграть роль своеобразной «смазки», уменьшившей трение между выше и нижележащими слоями. Наконец, таким благоприятным фактором служит процесс накопления материала на больших гипсометрических отметках в ходе роста морфоструктуры. Он способствовал увеличению давления выше расположенных участков на участки, находящиеся ниже. Рост давления и температуры мог вызвать у некоторых разновидностей пород и в слагаемых ими горизонтах свойство сверхпластичности – способности удлиняться во много раз без образования пережимов и разрывов при одновременном сильном уменьшении мощности пластов. Подобная комбинация условий привела, вероятно, к тому, что в какой-то критический момент произошло резкое изменение реологических свойств части вещества морфоструктуры и увеличение скорости сдвига в нем до предела длительной текучести. В результате материал, слагавший хребет, быстро переместился на большое расстояние к востоку, в сторону океана, образовав некоторое подобие гигантского коро-мантийного «суперпотока». При этом сам хребет снизился и растрескался. А у его подножия и на поверхности сопредельного с ним участка океанической плиты, находившегося до этого в состоянии изостатического равновесия, внезапно оказалась многокилометровой мощности толща пород, принесенных сюда «суперпотоком» и заместивших менее плотную воду. Большая дополнительная литостатическая и динамическая нагрузка на эти участки вызвала их раздробление и опускание. По периметру «суперпотока» заложился узкий ров – первичный глубоководный желоб. Разрушение морфоструктуры помимо перераспределения слагавшей ее массы пород явилось причиной формирования здесь глубоких прогибов и крупных зон растяжения, к которым был приурочен мощный подводный и надводный базальтовый вулканизм. Судя по возрасту этих образований, к которым можно отнести Восточно-Камчатский прогиб Северной и Восточной Камчатки с интенсивным подводным базальтовым вулканизмом, козловскую и кинкильскую свиты, одна из первых подвижек «суперпотока» имела место еще в палеогене. Удаление материала из центральной части морфоструктуры дало толчок к новому этапу «всплывания» коры и интенсификации вулканической деятельности и, как следствие этого, – новому этапу роста в высоту морфоструктуры, очередной подвижке «суперпотока», увеличению его протяженности, дальнейшему смещению в восточном направлении положения более молодого глубоководного желоба, опусканию прилегающих к нему участков. Такой механизм удовлетворительно объясняет, в частности, погружение на 3.5–4 км мел-палеогеновой суши, бывшей на месте подводного поднятия Обручева, наличие которой предполагается А.Е. Шанцером по перерыву в осадконакоплении с маастрихта по средний миоцен, установленного по данным глубоководного бурения. Самая молодая к настоящему времени общерегиональная подвижка «суперпотока», по-видимому, имела место в плиоцене около 3.5–2.5 млн. лет назад. Тогда же у фронта «суперпотока» сформировался и ныне существующий глубоководный Курило-Камчатский желоб. Перед этой подвижкой морфоструктура Курило-Камчатского хребта еще раз достигла максимальной высоты, а начальная ее фаза сопровождалась колоссальным по мощности пароксизмом кислого эксплозивного вулканизма, более поздняя фаза, когда произошло разрушение хребта – массовыми базальтовыми излияниями. Эпизодический характер активизации «суперпотока» скорее всего связан с релаксационным типом механизма его подвижек, предопределенным закономерным изменением свойств вещества морфоструктуры. А сами подвижки, по-видимому, следует рассматривать как релаксационные автоколебания этой своеобразной системы, которые начались десятки миллионов лет назад и будут продолжаться в дальнейшем, поскольку вызвавшие их процессы действуют до сих пор. Хотя, вероятно, характеристики этих процессов станут иными, чем раньше. Однако последнее должно сказаться лишь на изменении масштабов и периодичности подвижек. Сходным образом в целом развивались события, по-видимому, и на участках, где зона растяжения заложилась на океанической коре периферии Тихого океана. Хотя некоторые аспекты геологической эволюции камчатского и курильского регионов и сопредельных с ними территорий заметно отличались. Так, одно из отличий состоит в том, что на месте отчлененного, но сохранившего свое первичное строение блока океанической литосферы всегда возникает глубоководная впадина: Курильская котловина Охотского моря, Командорская и Алеутская котловины Берингова моря и др. По классификации И.П. Косминской (Косминская и др., 1963), кора Курильской котловины относится к «субокеаническому» типу, т.е. является, по сути дела, обычной океанической корой, но нагруженной более мощным (3–6 км) осадочным чехлом. Поскольку частично заместившие водную оболочку осадочные толщи имеют бóльшую плотность, чем вода, подошва коры здесь несколько (на 1–2 км) опущена особенно вблизи западного подножия островного склона Большой Курильской гряды и продолжает погружаться по мере накопления осадочных отложений и вулканогенных толщ. Наличие последних обусловлено мощным вулканизмом, связанным с тем, что вдоль подножия склона проходит разбитая многочисленными нарушениями 20–30-километровая полоса контрастных тектонических движений на границе двух литосферных блоков, западный из которых постоянно опускается, а восточный с редуцированной литосферой имеет тенденцию к подъему. Интенсивность вулканизма здесь, вероятно, каждый раз резко увеличивается, когда происходит общее растрескивание морфоструктуры после очередных быстрых пульсаций суперпотока.

Существенные отличия имеет и вулканизм. В Курильском регионе меньше были, в частности, масштаб кислого вулканизма в целом, а также разовые объемы выбросов ювенильной пирокластики, площади пирокластических покровов, размеры кальдер обрушения; отсутствуют наиболее кислые разности пород: липарито-дациты, липариты (Эрлих, 1973; Мелекесцев и др., 1974). По-видимому, это объясняется отсутствием блоков континентальной литосферы – вероятных главных потенциальных источников кислого материала. А погруженные в мантию в результате дополнительной нагрузки или субдукции блоки океанической литосферы (даже вместе с их осадочным чехлом и базальтовым слоем коры) не могут дать значительных объемов небазальтового материала.

Причем последний в течение миоцена-антропогена выплавлялся преимущественно под островами Главной Курильской гряды. Дальше на запад его количество быстро уменьшалось, о чем свидетельствует быстрое поосновнение среднего состава пород антропогенового возраста в этом направлении.

На Курилах при пульсациях «суперпотока» происходило сдвигание к востоку вулканических образований, сформированных над зоной глубинного растяжения, которая, как и на Камчатке, возникла еще в верхнем мелу и продолжает функционировать до настоящего времени, оставаясь на одном месте. Она, по-видимому, находится с охотской стороны Большой Курильской гряды на границе глубоководной впадины и западного подножия островного склона гряды, трассируясь интенсивным базальтовым вулканизмом.

Первоначально над этой зоной растяжения выросли вулканические формы, участвующие теперь в строении подводного хребта Витязя и его надводного продолжения – Малой Курильской гряды. Вполне вероятно, что в то время (60–70 млн. лет назад) здесь была одиночная островная дуга, близкая по облику к современной Большой Курильской гряде, но сложенная преимущественно основными по составу породами: базальтами, их туфами и туфобрекчиями, а также продуктами переработки этих пород – вулканогенно-осадочными толщами. Скорее всего она тоже состояла из слившихся между собой и обособленных сложных вулканоидов (Мелекесцев, 1980), как и Большая гряда. Впоследствии в результате нескольких подвижек «суперпотока» древняя (меловая) островная дуга сместилась отсюда на 100–120 км в сторону океана до своего теперешнего местонахождения.

А над по-прежнему активной зоной растяжения сформировалась более молодая Большая Курильская гряда. Однако и она, вероятно, сейчас несколько отодвинута к востоку от места своего первоначального формирования. В пользу такого предположения свидетельствуют: 1) резкое уменьшение интенсивности в антропогене на островной суше и шельфе гряды вулканизма; 2) установленное, по геофизическим данным (Гайнанов, 1964; Гайнанов и др., 1965), отсутствие уходящих в мантию корней вулканов; 3) мощный антропогеновый базальтовый вулканизм в тыловой части гряды, особенно у подножия западного островного склона гряды и на прилежащих участках глубоководной котловины. Морфоструктурной основой (или эндоморфоструктурой) для Камчатки и Курил является существующий с конца мела-начала палеогена пульсирующий коромантийный «суперпоток», активный до настоящего времени (рис. 4). Следовательно, в масштабе времени 106–108 лет Камчатку и другие родственные ей структуры переходных зон возможно представить в виде гигантских очень вязких потоков коромантийного вещества, медленно расползающихся от глубинных разломов на стыке океанических и материковых плит. Их подводящие каналы – зоны разуплотнения в мантии. Направление движения, в соответствии с общим наклоном подстилающей поверхности: от более высоких материковых плит на более низкие океанические (средний перепад высот не менее 5–6 км). Перед фронтом потока под действием его нагрузки имеет место неупругая деформация океанической плиты, результатом чего является появление глубоководного желоба.

Предполагаемая модель современной переходной зоны континент океан в районе Авачинской группы вулканов на Камчатке.

Цепь Курильских островов – это верхняя часть вулканической гряды, выступающей из воды на 1–2 км. и уходящей в глубины Тихого океана более чем на 10 км.

Рассмотренные материалы позволяют трактовать историю тектонического развития Курило-Камчатского региона как развитие разновозрастных островодужных систем, дискретно смещающихся и последовательно омолаживающихся в сторону Тихого океана. В палеогене на Западной Камчатке, по-видимому, существовала система вулканических дуг, от которой к настоящему времени сохранились лишь отдельные выходы покровов вулканитов (палеоценовая черепановская толща и эоценовая кинкильская свита) и субвулканические тела Пояс положительных гравитационных аномалий, по всей видимости, маркирует фронтальную невулканическую дугу этой системы. Слабый характер аномалии, очевидно, обусловлен восстановлением изостатического равновесия.

Начиная с конца олигоцена, в пределах Камчатки и Курил существовала система из двух дуг – Срединно-Камчатской и Южно-Камчатско-Курильской (рис. 7). К югу от стыка с Алеутской дугой формирование системы было обусловлено субдукцией Тихоокеанской плиты, а к северу – молодой Командорской плиты. Эти дуги в современной структуре маркируются соответствующими формационными комплексами вулканических пород и гравитационными аномалиями фронтальной дуги.

В плиоцене, в результате причленения полуостровов, а, вероятно, и некоторых других структур Восточной Камчатки, зона субдукции Тихоокеанской плиты на участке между Шипунским п-овом и сочленением с Алеутской дугой оказалась заблокированной. Вследствие этого произошел перескок зоны субдукции на современное положение и Курило-Камчатская островодужная система сформировалась в современном виде. Концептуальная модель развития сегмента Курило-Камчатской островодужной системы между ее сочленением с Алеутской островной дугой и Малко-Петропавловской зоной поперечных дислокаций показана на рис. 8.

**1.3 Природные условия Курило-Камчатчкого региона**

Полуостров Камчатка – северное звено Курило-Камчатской островной дуги, длина которой составляет 2000 км. В Курило-Камчатском вулканическом поясе насчитывается 68 действующих вулканов, или 12% от общего числа действующих наземных вулканов.

Самые крупные и мощные вулканы Курило-Камчатского пояса расположены на Камчатке. Здесь сосредоточено 29 действующих вулканов. На Камчатке находится крупнейший действующий вулкан Евразии, один из крупнейших вулканов мира – Ключевской, высота которого меняется от 4700 до 4800 м в зависимости от заполнения вершинного кратера. Ключевской вулкан поставляет на поверхность Земли в среднем 60 млн тонн базальтов в год, что составляет 2,5% от вулканических пород, извергаемых всеми 850 действующими наземными вулканами планеты.

Продуктивность Ключевского вулкана в 35 раз больше средней для вулканов суши.

Действующие вулканы, окаймляющие акваторию Тихого океана, образуют замкнутый круг. Их в общей сложности в этом районе Земли 526, в том числе 44 подводных. Обычно вулканы появляются и сосредоточены в местах нарушений в земной коре (разломов, трещин, перемещения блоков). Причиной разломов по периметру Тихого океана являются напряжения, возникающие на стыке 2-х зон – зоны континентальной и зоны океанической земной коры. Первая достигает толщины до 70 км, а кора океанического дна 4–7 км. Именно здесь происходит глубинные разломы. Пример тому – Курило-Камчатская впадина, глубина которой достигает 10 км. Разлом уходит под материковую кору на сотню километров, нарушает давление, которое не позволяет раскаленному веществу Земли разжижаться. Оно находится в пластичном состоянии. С появлением разлома давление исчезает, происходит расплав вещества Земли, оно насыщается газами, парами и по трещинам устремляется на поверхность Земли, увлекая по пути породы, слагающие земную кору. Так рождаются вулканы.

Вулканы имеют огромное влияние на формирование почвенного покрова на Камчатке. Отличительной особенностью камчатский почв является частое их изменение после извержения вулканов. Иногда пепла и вулканического песка выпадает так много, что под ним вообще погребается почва. Пример тому, извержения Новых Толбачинских вулканов, когда при извержениях 1975–76 гг. были засыпаны рыхлыми вулканическими продуктами. В отличие от песка, который выпадает в окрестностях, пепел очень долго держится в воздухе и поднимаясь над жерлом на высоту до 12 км, распространяется на 1000 км и оседают на громадных пространствах. При извержении определенного типа, который прогнозируется, происходит полное уничтожение растительного и животного мира. Вскипают и испаряются сотни озер, ручьев, сгорают лесные массивы, прилегающие к району извержения. К счастью, пеплы, содержащие фосфор и известь, способствуют развитию микробной деятельности, тонкий слой его удобряет почву. После извержения вулканов Ключевской группы в сельских хозяйствах, расположенных на пограничных территориях, повышается урожай сельскохозяйственных культур.

КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА (рис. 5) – цепь вулканических островов между п-овом Камчатка (Россия) и о. Хоккайдо (Япония); отделяет Охотское море от Тихого океана. Входят в состав Сахалинской области (Российская Федерация). Длина около 1200 км. Площадь около 15,6 тыс. км2. Состоят из двух параллельных гряд островов – Большой Курильской и Малой Курильской (Шикотан, Хабомаи и др.). Большая Курильская гряда делится на 3 группы: южная (Кунашир, Итуруп, Уруп, и др.), средняя (Симушир, Кетой, Ушишир и др.) и северная (Ловушки, Шиашкотан, Онекотан, Парамушир и др.). Большая часть островов гориста (высота 2339 м). Около 40 действующих вулканов; горячие минеральные источники. Высокая сейсмичность. На южных островах – леса; северные покрыты тундровой растительностью. Промысел рыбы (кета и др.) и морского зверя (нерпа, сивуч и др.).

Термин «Курильские острова» – русско-айнского происхождения. Он связан со словом «кур», что значит – «человек». В самом конце XVII века камчатские казаки впервые назвали жителей юга

Камчатки (айнов) и неведомых тогда южных островов «курильцами».

Петру I стало известно в 1701–1707 гг. о существовании «Курильских островов», а в 1719 «Земля Курильская» впервые отчетливо была нанесена на карту Семена Ремезова. Всякие предположения о том, что имя архипелагу дали «курящиеся» вулканы, относятся к области легенд. Сами айны окрестили каждый остров в отдельности. Это слова айнского языка: Парамушир – широкий остров, Онекотан – старое поселение, Ушишир – земля заливов, Чирипой – птички, Уруп – лосось, Итуруп – большой лосось, Кунашир – черный остров, Шикотан – лучшее место.

**Климат**

Погода на Камчатке довольно холодная и влажная. Зимой морозы -10 – -15 °С (бывают и до -25, но редко), летом +10 – +15 (бывает и до +31, но редко).

Летом часто случаются туманы, зимой метели и штормы. Наибольшее количество солнечных дней осенью, но осенью же характерны наиболее сильные тайфуны со штормами и ураганными ветрами.

Наиболее крупные острова гряды изрезаны многочисленными бурными реками и ручьями. Много озер, в том числе в кратерах потухших вулканов. В прибрежной зоне встречаются озера лагунного происхождения. Берега островов большей частью обрывистые или террасированные. Потоки воды, ниспадая по глубоким расщелинам, образуют довольно красивые водопады. Острова славятся и своими многочисленными горячими источниками, а также запасами минеральных вод (нарзан). Всего на Курильских островах насчитывается 39 действующих вулканов.

**Полезные ископаемые**

Курильские острова весьма богаты различными полезными ископаемыми.

**2. Вулканы Тихоокеанского складчатого пояса в пределах Камчатско-Курильской гряды**

**2.1 Вулканы Камчатки**

Полуостров Камчатка – часть сложной Камчатско – Курильской вулканической островной дуги, на которой образовано два главных вулканических пояса – Срединный и Восточный. Всего на Камчатке выделяются 29 действующих вулканов, с большой мощностью вулканических процессов. Средняя абсолютная высота действующего вулкана полуострова 2450 м. Кроме действующих, на Камчатке широко представлены многочисленные в разной степени разрушенные, потухшие вулканы, которые формировались в четвертичное время, в течение последних 700–800 тыс. лет. Это относительно крупные вулканы их насчитывается около 270. Наряду с относительно крупными вулканами в последние 10 тысяч лет здесь сформировались более 2600 мелких вулканических образований – шлаковых и лавовых конусов. Таким образом, общее число всех вулканических образований на Камчатке около 3000.

**Срединный вулканический пояс**

Срединный вулканический пояс наиболее древний. Занимает срединную часть Камчатки. Здесь представлены вулканы: Алней, Большой, Большая и Малая Кетерана, Кебекей, Тигильский, Уксичан, Хангар и многие другие. Всего их насчитывается около 120. Большие площади здесь занимают вулканические образования, это невысокие шлаковые и лавовые конусы и лавовые потоки различной формы. Всего их насчитывается более 1000. Особое место занимает вулкан Ичинский – самый высокий и единственный действующий в Срединном хребте.

**Восточный вулканический пояс**

Восточный вулканический пояс со Срединным вулканическим поясом разделяется Центральной Камчатской низменностью и прослеживается от района бухты Авачинской на юге и до уровня вулкана Шивелуча на севере. Всего действующих вулканов здесь 28, потухших – около 150. Расположены они группами и рядами различной протяжённости.

Высота Ключевского вулкана (относительная высота) составляет 3000 м. – это меньше, чем и у Корякского (3300 м.), и у Кроноцкого вулканов (3100 м.). Форма конуса вулкана – геометрически правильный, ребристый конус, покрытый ледником. На полуострове их больше трехсот, и 29 продолжают действовать (Приложение 3).

**Кальдера Узон** – кальдера (этим термином обозначают кольцеобразный провал) вулкана Узон образовалась около 40 тысяч лет назад на месте громадного вулкана, разрушенного серией взрывных извержений. Последний катаклизм внутри кальдеры (8500 лет назад) оставил след в виде взрывной воронки около километра в диаметре. За последовавшие столетия активной гидротермальной деятельности на Узоне сформировался уникальный симбиоз вулканизма и дикой природы. Находясь на территории Кроноцкого заповедника, Узон отнесен к особо охраняемым природным объектам.

Диаметр кальдеры около 10 км., и в ней, за обрывистыми стенками, словно в музее, «собрано» почти все, чем знаменита Камчатка: горячие источники и холодные реки, ядовитые грязевые котлы и чистые озера, полные рыбы, ягодная тундра и березовый лес, горы и болота, звери и птицы. Геологи и ботаники, геохимики и микробиологи, зоологи и вулканологи – ученые разных специальностей стремятся попасть на Узон. Здесь в горячих источниках, словно в лабораторных ретортах, рождаются природные минералы; в обжигающем растворе живут невероятные водоросли и бактерии, для которых ядовитый кипяток – самая желанная среда; громадные медведи, окутанные паром, бродят по горячей узонской глине; на теплых озерцах перекликаются лебеди: Вряд ли есть на Земле место, где бы осенняя красота была столь же яркой, сколь и короткой. Осенний Узон незабываем: яростно алеет тундра, сверкают золотом каменные березы, столбы пара, словно дым жертвенных костров, вертикально поднимаются в голубое небо. По утрам в березовых рощах звучит тихая музыка: это опадают, звеня, заиндевевшие листья. Но с первыми же шквалами осенних штормов облетает листва, блекнет под заморозками тундра, и только грязевые котлы варят и варят разноцветную глину.

**Вулкан Ключевской –** крупнейший действующий вулкан Евразии. Высота – 4750 м. над уровнем моря. Имеет почти идеальный, необычайно красивый конус. Входит в Ключевскую группу вулканов вместе с Камнем, Безымянным, Плоским Толбачиком и другими. Возраст вулкана – около 8000 лет. Первое извержение Ключевского вулкана зафиксировал в 1697 году во время своего знаменитого похода Владимир Атласов, покоритель Камчатки. В среднем извержения вулкана происходили раз в пять лет, в отдельные периоды – ежегодно, иногда непрерывно на протяжении нескольких лет. Однако серьезной опасности для города Ключи, что в 30 км. от вулкана, они никогда не представляли. Извержения сопровождаются взрывами, газо-пепловыми выбросами и пеплопадами. Наиболее сильные извержения Ключевского вулкана, как, например, в 1944–45 годах, происходили из главного, центрального кратера, но для деятельности вулкана характерны также «паразитные» кратеры, высотой от 60 до 200 м. и удаленные от главного на расстояние от 8 до 25 км.

**Вулкан Карымский** – это сравнительно невысокий (1486 м.) и сравнительно молодой (6100 лет) вулкан – самый активный вулкан Камчатки. Только в XX веке произошло 23 извержения, последнее началось в 1996 году и, постепенно затухая, продолжалось больше двух лет. Извержения Карымского сопровождаются взрывами, выбросами пепла, и бомб из центрального кратера. Как правило, лавы Карымского вулкана настолько вязкие, что огненные потоки не всегда достигают подножия вулкана. Последнее извержение Карымского отличалось тем, что одновременно с ним началось подводное извержение в Карымском озере, которое находится в 6 км. от вулкана. За те 18–20 часов, что длилось извержение, произошло более 100 подводных взрывов, сопровождавшихся волнами «цунами» высотой до 15 м. Озеро в буквальном смысле кипело: его температура резко повысилась, а содержание солей и кислот быстро достигло такой концентрации, что погибла вся озерная жизнь, в том числе и стадо «кокани» – озерной нерки, специально расселенной в Карымском озере ихтиологами. В результате этого извержения Карымское озеро из ультрапресного водоема превратилось в самый большой в мире естественный резервуар с кислой водой.

**Вулкан Малый Семячик –** это вулканический хребет длиной около 3 км., на гребне которого имеются три кратера. В южном (кратер Троицкого) на глубине 170 м. находится необычное кислое озеро. Температура этого непрозрачного озера колеблется от +27\*С до +42\*С, а уровень минерализации соответствует раствору серной и соляной кислот средней концентрации. Поражают размеры озера: ширина около полукилометра, а глубина – до 140 м.

Существуют предположения, что кислотное озеро возникло сравнительно недавно в результате извержения, произошедшего незаметно для людей. Сегодня Малый Семячик – одно из чудес камчатской природы, и тот, кто сумел достичь его подножия, просто обязан подняться на кромку кратера. Зрелище, которое открывается глазам, незабываемо: двухсотметровый провал кратера, дымящееся зеленое озеро, буйство красок на внутренних стенках. В ясную ветреную погоду можно спуститься в кратер. Можно постоять на аспидно-черном пляже, любуясь изумрудным, ядовитым прибоем и смерчеподобными «джиннами», поднимающимися над поверхностью озера. Но береговой «бриз», вызывающий кашель, заставит вас вскоре покинуть эту обитель подземных «духов».

**Вулкан Горелый** – представляет собой цепочку из 11 кратеров, наложенных друг на друга, с озерами, фумаролами, а также с множеством (около 40) побочных шлаковых конусов с лавовыми потоками; в обнажениях бортов его древней постройки удается наглядно изучать процессы преобразования вулканических продуктов, в частности, преобразования пирокластических материалов (рыхлых пемз) до спекшихся туфов и игнимбритов. Вулкан Горелый – выдающийся геологический объект.

**Вулкан Авачинский** – действующий, сложно построенный красивый вулкан типа Сомма-Везувий, с совершенным правильным конусом высотой 2751 над уровнем моря. На вершине конуса был кратер диаметром 350 м и глубиной 220 м, но в 1991 году в процессе извержения кратерная воронка заполнилась лавой, в разных участках которой теперь действуют фумаролы, отлагающие серу.

**Вулкан Корякский** – стратовулкан с правильным ребристым конусом высотой 3456 м над уровнем моря. Из мощного цирка на вершине и по барранкосам вулкана в разных местах спускаются ледники. В предвершинной части вдоль трещин парят фумаролы, а в кратере расположены прогретые площадки. Породы в этих местах метаморфизированы до опалов, алунитов, разноцветных глин с обильным отложением серы, гипса, нашатыря и т.д.

**Дзензурский вулкан** – разрушенный вулканический массив с кратером в виде ледникового кара. В юго-восточной части вулкана расположен фумарольный котел размером 5 на 20 м и заполненный талой водой. По берегам и на дне котла активно действуют фумаролы, благодаря которым температура воды достигает 85–90`С. Около 40% объема воды состоит из взвеси. Стенки котла сложены разноцветными глинами.

**Вулкан Вилючинский** расположен к юго-западу от г. Петропавловска-Камчатского, сразу же за Авачинской бухтой. Вулкан относится к потухшим, представлен правильным конусом высотой 2175 м над уровнем моря. Вершина его срезана к западу и выглядит в виде крупных останцов пород, разделенных скоплением льда и фирна. Лава и пирокластика, слагающие останцы, с поверхности изменены до пестроцветного облика, возможно, за счет воздействия фумарол в недалеком прошлом. Склоны вулкана прорезаны радиально расходящимися от вершины глубокими барранкосами, причем некоторые из них берут свое начало со средины склона. Полости верхних на северо-западном склоне заполнены льдом и фирном. Сложен вулкан лавой и пирокластикой андезито-базальтового состава. В основании вулкана отмечаются и более кислые разности пород, а в юго-восточной части находятся горячие источники.

**Вулкан Острый Толбачик** представлен стратовулканом, имеет острую, обледенелую вершину. Высота его 3682 м. Юго-восточная часть вершины представлена крупным открытым цирком обрушения. Нижняя часть его перекрыта мощным покровом льда и фирна, который распространился и на западную часть вулкана Плоский Толбачик. Из цирка берет свое начало четко выраженный в рельефе ледник Шмидта, спускающийся на южные склоны вулкана. На этих же склонах хорошо видны глубокие барранкосы. Западные склоны вулкана сильно разрушены и прорезаны многочисленными радиальными и концентрическими дайками базальтового состава. Дайки четко выражены в рельефе и предстают взору в виде протяженных зубчатых стен, причудливых замков, иглообразных штоков и т.д. Высота их меняется от 3 до 20–30 м. Они интересны как для ученых, так и для туристов, альпинистов. Вулкан потухший. Возможно, действовал он в голоцене, параллельно с вулканом Плоский Толбачик.

**Вулкан Ксудач** представляет собой усеченный конус с основанием размером 18 на 22 км и с кальдерами, заполненными кратерными озерами. Высота постройки 1000 м над уровнем моря.

Древний вулкан ксудач сформировался на рубеже раннего и среднего плейстоцена и достигал высоты 2000 м. Его деятельность ритмично несколько раз возобновлялась, в результате чего образовалось несколько кальдер разного возраста и вулканические конусы.

На экструзиях Парящий Утес и Парящий гребень сосредоточены мофетты – парогазовые струи с температурой 80–90`С с высоким содержанием углекислого газа. Термальные источники расположены по берегам озер Ключевое и Штюбеля. Штюбелевские источники образуют Горячий пляж – прогретый песчанопемзовый берег озера на протяжении 200 м. Температура воды 30–70`С. На поверхности озера разноцветными островками плавают колонии термофильных водорослей.

Заросли ольхового стланика, луга и тундры, зарастающие растительностью шлаковые склоны, оголенные экструзии в сочетании с озерами, кратерными воронками создают природному комплексу неповторимый колорит. Речка Теплая, вытекающая из кальдеры, образуют водопад.

Ксудач – один из самых экзотических объектов на Камчатке – объявлен Памятником природы ландшафтно-геологического характера.

**Вулкан Мутновский**, сложный вулканический массив высотой 2323 м над уровнем моря, с мощными фумарольными полями, на которых можно наблюдать все разнообразные формы современной газогидротермальной деятельности, с причудливыми постройками из вулканической серы высотой до 2,5 м и диаметром до 5 м, с образованием редких минералов (в том числе марказита и метациннабарита), с ледниками и озерами. Недалеко от активных кратеров расположены термальные источники, самые примечательные из которых – Северо-Мутновские и Дачные с парогазовыми струями, кипящими котлами, теплыми озерами и прогретыми болотами. Река Вулканная, выходя из кратера, образует водопад высотой 80 м и формирует в рыхлых отложениях глубокий каньон «Опасный». Сочетание этих особенностей придает Мутновскому уникальность и позволяет рассматривать его в одном ряду с самыми выдающимися термопроявлениями мира. Извержение заканчивается, и все, что исторглось из кратера вулкана, – и вязкая, малоподвижная лава, и тончайший, словно мука, пепел – остаются на поверхности земли. Собственно, это и есть новая земля, рожденная в огненных муках. Внешний вид и свойства вулканических пород зависят от химического состава магмы и условий ее выхода на поверхность. Лавы, содержащие относительно малое количество кремнезема, – более текучие. Застывая, они образуют базальты – породы, наиболее растпространенные на Камчатке. Вязкие, тягучие лавы содержат больше кремнезема, при их остывании образуются андезиты и дациты. При очень большой концентрации кремнезема лава может застыть в виде вулканического стекла – обсидиана.

Молодой лавовый поток часто представляет собой почти непреодолимое нагромождение аспидно-черных глыб. Издали он напоминает дракона, припавшего к земле. По мере приближения гнетущее впечатление усиливается: черная, бесконечная стена, глыбы, громоздящиеся на высоту нескольких этажей, лишь кое-где на поверхности камня – миниатюрные бляшки лишайника. Этот неприхотливый, малозаметный лишайник – первая метка всепобеждающей жизни. Пройдут столетия, ветры и дожди сравняют острые грани, пеплы новых извержений скроют угловатые камни, и страшное «чудовище» превратится в еще одну длинную пологую гряду. Выжженную извержениями землю осваивают сначала мхи и лишайники, потом робкая травка, карликовая ива, ягодники. Когда пепел исчезает под зеленым покровом тундры, возвращаются и животные. В старых лавовых потоках поселяются черношапочные сурки. Эти забавные существа, которых остается все меньше на Камчатке, любят вылезать на высокие глыбы-останцы и нежиться на солнце. На Камчатке обнаружены многометровые толщи пемзы. Пемзовые обнажения – свидетельство мощных, катастрофических извержений в прошлом. Наиболее впечатляющие пемзовые скалы расположены на юге Камчатки, в районе Курильского озера. Здесь, на берегу реки Озерной, находятся знаменитые «Кутхины Баты» – пемзовые «обелиски», напоминающие вертикально поставленные гигантские лодки. После извержения многие вулканы замолкают на долгие годы, переходя в стадию фумарольной деятельности. Фумарола – это струя газа с очень высокой температурой: 300–500\*С и даже 800\*С. Выходы паров и газов с более низкой температурой называют сольфатарами. Большинство действующих вулканов Камчатки находится в фумарольной и сольфатарной фазе активности. Фумаролы, содержащие, кроме водяного пара, сероводород, сернистый и углекислый газы, изменяют горные породы до неузнаваемости. По земле текут кислородные реки, обогащенные железом и алюминием, на камнях вблизи фумарол кристаллизуется сера, в некоторых местах образуются рудные месторождения цинка, свинца, мышьяка, ртути. Вулкан – словно гигантская колба, в которой по таинственным законам природы смешиваются, подогреваются и вступают в реакцию химические вещества.

Грязевые котлы и грязевые вулканчики – маленькие чудеса Камчатки. Они встречаются в разных районах, но больше всего – в кальдере Узон и Долине Гейзеров. Только осматривать их следует с большой осторожностью. Попасть в кипящую глину куда страшнее, чем просто ошпариться: глина не кипяток, остывает медленно, и сразу ее не смоешь. Можно только восхищаться и завидовать медведям, глядя, как лихо пересекают они дымящиеся термальные площадки. Грязевые вулканчики действуют почти как настоящие: и дымят, и «извергаются», только активизация их «вулканической деятельности» наступает после дождя, а в сухую, жаркую погоду вулканчики «засыпают».

**2.2 Вулканы Курильских островов**

Вулканическая деятельность наблюдается исключительно в Большой Курильской гряде, острова которой в основном имеют вулканическое происхождение и только самые северные и самые южные сложены осадочными породами неогенового возраста. Эти породы служат здесь фундаментом, на котором возникли вулканические сооружения.

Вулканы Курильских островов приурочены к глубоким разломам в земной коре являющимся продолжением разломов Камчатки. Вместе с последней они образуют одну вулканическую и тектоническую Курило-Камчатскую дугу, выпуклую в сторону Тихого океана. На Курильских островах насчитывается 25 действующих вулканов (из них 4 подводных), 13 затухающих и более 60 потухших. Вулканы Курильских островов изучены еще очень мало. Из них выделяются повышенной активностью вулканы Алаид, пик Сарычева Фусс, Сноу и Мильиа. Вулкан Алаид находится на первом северном острове (о. Атласова) и из всех курильских вулканов наиболее активен. Он является самым высоким (2239 м) и красиво поднимается в виде правильного конуса непосредственно от поверхности моря. На вершине конуса в небольшой впадине расположен центральный кратер вулкана. Пo характеру извержений вулкан Алаид относится к этно-везувианскому виду. 3а последние 180 лет известно восемь извержений этого вулкана и два извержения ив побочного конуса Такетоми, образовавшегося во время. извержения Алаида в 1934 г. Вулканическая деятельность на курильских островах сопровождается многочисленными горячими источниками с температурой от 36 до 100 С. Источники разнообразны по форме проявления и солевому составу и еще менее изучены, чем вулканы.

**2.3 Подводная вулканическая группа «Парамуширская»**

В пределах этой вулканической группы изучены подводный вулкан Григорьева, подводный вулкан, расположенный к западу от о. Парамушир и подводные лавовые конусы у о. Парамушир.

Подводный вулкан Григорьева. Плосковершинный подводный вулкан Григорьева, названный в честь выдающегося отечественного геолога [8], находится в 5,5 км к северо-западу от о. Атласова (вулкана Алаид) (рис. 17).

Он поднимается с глубин 800–850 м, и его основание срослось с основанием вулкана Алаид. Вулкан Григорьева располагается на генеральной линии северо-северо-западного направления расположения побочных конусов вулкана Алаид.

Размеры основания вулкана по изобате 500 м 11,5 8,5 км, а объем постройки около 40 км3. Крутизна склонов достигает 10о-15о.

Вершина подводного вулкана Григорьева срезана абразией и снивелирована до уровня 120–140 м (рис. 18), что практически соответствует уровню моря в позднем плейстоцене. В южной части вершины отмечены скальные выступы, поднимающиеся до глубины 55 м. По всей видимости, эти скальные выступы представляют собой отпрепарированный некк.

Судя по записям непрерывного сейсмического профилирования, вулканическая постройка сложена, в основном, плотными вулканическими породами.

К подводному вулкану Григорьева приурочена интенсивная аномалия магнитного поля с размахом более 1000 нТл (см. рис. 18). Все скальные выступы, отмеченные в южной части плоской вершины, отчетливо фиксируются в магнитном поле наличием локальных аномалий. Вулканическая постройка намагничена по направлению современного магнитного поля.

При драгировании подводного вулкана были подняты базальты, варьирующие по своему составу от весьма низкокремниземных до высококремниземных разностей [1,24]. Остаточная намагниченность этих базальтов изменяется в диапазоне 7,3–28,5 А/м, а отношение Кенигсбергера – в интервале 8,4–26,5.

Данные эхолотного промера, непрерывного сейсмического профилирования, гидромагнитной съемки и измерения магнитных свойств драгированных образцов позволяют предположить, что вся постройка подводного вулкана Григорьева сложена плотными базальтами.

Наличие доголоценовой 120–140 метровой террасы и намагниченность вулканической постройки по направлению современного магнитного поля позволяет оценить возраст образования вулкана в интервале 700 – 10 тысяч лет назад.

Подводный вулкан к западу от о. Парамушир. В 1989 г. в 34 и 35 рейсах НИС «Вулканолог» в тыловой части Курильской дуги, в 80 км к западу от о. Парамушир был открыт и детально исследован неизвестный ранее подводный вулкан.

Этот подводный вулкан находится на пересечении прогиба Атласова с продолжением поперечной структуры 4-го Курильского прогиба. Также как и подводные вулканы Белянкина и Эдельштейна, он расположен далеко в тылу Курильской островной дуги и удален от оси Курило-Камчатского желоба на 280 км.

Вулкан находится на пологом склоне прогиба, возвышаясь над окружающим дном Охотского моря на 650–700 м (рис. 19). Основание его слегка вытянуто в северо-западном направлении и имеет размеры ~ 6,5 7 км. Вершина горы осложнена рядом пиков. Отрицательная форма рельефа почти замкнутым кольцом опоясывает основание вулкана.

В окрестностях вулкана в осадочном разрезе отсутствуют протяженные рассеивающие горизонты. Лишь у самого основания иногда выделяется непротяженный «акустически мутный» клин, обусловленный, по-видимому, скоплением обломочного материала и оползших осадков [10]. Положение в разрезе этого «акустически мутного» клина соответствует предполагаемому времени образования вулкана, которое по данным НСП, составляет 400–700 тыс. лет [10].

Особенности строения осадочного чехла указывают на то, что прорыв магмы к поверхности дна здесь не сопровождался крупномасштабным процессом накопления вулканогенно-осадочного материала, и, вероятнее всего, завершился образованием одной или серии вулканических экструзий. Скорее всего, вся постройка сложена вулканическими породами.

На удалении 5–10 км от вулкана по данным НСП выделены три небольших (по-видимому, магматических) тела, не достигших поверхности дна. Перекрывающие их осадки смяты в антиклинальные складки.

Аномальное поле (Т) а в районе подводного вулкана характеризуется положительными значениями. Лишь в северо-западной части района исследований отмечаются отрицательные значения поля интенсивностью до -200 нТл. Области положительных и отрицательных значений магнитного поля разделены линейной зоной высоких градиентов, имеющей северо-западное простирание [10]. Горизонтальный градиент поля в этой зоне достигает 80–100 нТл/км. Непосредственно к вулканической постройке приурочена положительная аномалия магнитного поля интенсивностью до 400–500 нТл. Вблизи привершинной части постройки отмечен локальный максимум интенсивностью до 700 нТл. Максимум аномалии смещен к югу от вершины вулкана. Отмеченные магматические тела, не достигшие поверхности дна, в аномальном магнитном поле не выражены самостоятельными аномалиями.

Наблюдаемая картина аномального магнитного поля свидетельствует о прямой намагниченности подводной вулканической постройки.

По всей видимости, возраст образования вулкана не древнее 700 тыс. лет, что хорошо согласуется с данными НСП.

При драгировании привершинной части горы были подняты, в основном, амфиболовые андезиты, с подчиненным количеством пироксеновых андезито-базальтов и плагиобазальтов [10,24,15]. В малых количествах присутствуют обломки гранитоидов, андезитовых пемз, шлаки, галька осадочных пород, железо-марганцевые образования и донная биота.

Данные эхолотного промера, НСП, ГМС и геологического опробования позволяют предположить, что основная масса вулканической постройки сложена породами андезито-базальтового состава.

Подводные лавовые конусы у о. Парамушир. В ряде рейсов НИС «Вулканолог» и в рейсе 11-А НИС «Академик Мстислав Келдыш» было проведено изучение подводной газогидротермальной активности на северо-западном склоне о. Парамушир. В рейсе 11-А НИС «Академик Мстислав Келдыш» в исследуемом районе было выполнено то ли 11 погружений подводных обитаемых аппаратов (ПОА) «Пайсис VII» и «Пайсис XI», то ли 13.

Сигналом к столь пристальному изучению этого района послужила радиограмма, отправленная 20 марта 1982 г. капитаном рыболовного судна «Пограничник Змеев» в газету «Камчатская правда» о том, что вблизи о. Парамушир «обнаружен действующий подводный вулкан на глубине 820 м, экстремальная высота выброса 290 м…». В апреле того же года в 13-ом рейсе НИС «Вулканолог» в указанной точке были обнаружены акустические помехи, четко проявляющийся на записях эхолота. Аналогичные записи неоднократно фиксировались при проведении исследований с борта научно-исследовательских судов в районе активных вулканов и связывались с действием подводных фумарол. По свой форме выявленные помехи напоминали факел. В дальнейшем при проведении исследований в указанной точке акустические помехи на записях различных эхолотов, установленных на борту НИС «Вулканолог», отмечались вплоть до 1991 г., когда был выполнен последний специализированный рейс №40 этого судна в пределах КОД.

До начала проведения исследований в районе «факела» не были известны какие-либо признаки проявления вулканической активности. Для установления природы «факела» аномальной воды и были выполнены столь многочисленные исследования. Они позволили установить, что «факел» образован подводным газогидротермальнымы выходами (ПГТВ), аналогичными подводной фумароле, но непосредственно не связанными с каким либо вулканическим центром. Поэтому применение к нему термина «подводная фумарола» было бы неправильно.

ПГТВ расположен на запад-северо-западном склоне о. Парамушир в тыловой части ККОС, приблизительно посредине между вулканами Алаид и Анциферова. Его координаты – 50o30,8'с.ш. и 155o18,45'в.д. Он приурочен к слабо проявленной поперечной вулканической зоне, представленной почти полностью погребенными экструзивными куполами или небольшими вулканическими конусами, протягивающимися от вулкана Чикурачки в запад-северо-западном направлении [3,24]. На записях НСП эти структуры аналогичны побочным шлаковым конусам вулкана Алаид, которые также имеют поперечную по отношению к КОД ориентацию. Большинство погребенных структур имеют размеры 0,5–3 км по основанию и 50–400 м по высоте. Учитывая, что эти размеры меньше межгалсового расстояния, исключая небольшой участок вокруг самого ПГТВ, можно предположить, что число погребенных структур в описываемом районе несколько больше [3]. Необходимо отметить, что погребенные структуры в районе КОД при проведении вулканологических экспедиций с борта НИС «Вулканолог» обнаружены только в двух местах: в районе ПГТВ и у подводного вулкана к западу от о. Парамушир [10,15].

Судя по данным ГМС, не все вулканические погребенные структуры имеют одинаковое строение. Одни из них никак не выражены в магнитном поле, а только фиксируются на лентах НСП, к другим приурочены отчетливые положительные или отрицательные аномалии магнитного поля, и они являются, по всей видимости, лавовыми куполами или конусами, застывшими, в основном, в толще осадков [3,14]. Немагнитные конусовидные постройки могут быть сложены шлаковыми конусами либо кислыми породами.

Самый крупный лавовый конус расположен в северо-восточном окончании участка детальных исследований. Он почти целиком находится внутри осадочной толщи, имеющей здесь мощность более 1500 м. Лишь его привершинная часть возвышается над поверхностью дна, образуя холм высотой 100–120 м. Зафиксированная глубина над вершиной равна 580 м. Размеры этой структуры в ее нижней части на глубине 800–1000 м от поверхности дна достигают 5–6 км. Размер постройки по погребенному основанию – 7,5 11 км, площадь ~ 65 км2, полная высота 1600 м [3,44]. Крутизна склонов постройки составляет 5o-8o. С юго-юго-запада к ней примыкает более мелкий конус с размером основания ~ 3 км [3]. Обе эти постройки являются магнитными и образуют аномалию, в пределах которой отмечены два экстремума интенсивностью 370 и 440 нТл (рис. 4). Постройки намагничены по направлению современного магнитного поля, и возраст их образования не древне 700 тыс. лет.

Выполненное двухмерное моделирование показало, что эффективная намагниченность северного конуса составляет 1,56 А/м, а южного – 3,7 А/м. Исходя из средних значений эффективной намагниченности для подводных вулканов [19,22], можно предположить, что северный конус сложен андезитами, а южный – андезито-базальтами.

При проведении погружений ПОА на северном конусе были опробованы плагиоклаз-роговообманковые андезиты [22] и преобладающие однородные базальты [14].

Сопоставление результатов геомагнитного моделирования с данными геологического опробования позволяет предположить, что верхняя часть этого конуса сложена базальтами, а более глубокие части – андезитами.

Оценки возраста северного конуса, приведенные в различных работах [3,23], изменяются в пределах неоген-четвертичного.

Небольшой конус, расположенный в южной части участка детальных работ, имеет размер основания ~ 1,5 км в диаметре [3]. К нему приурочена отрицательная аномалия магнитного поля интенсивностью -200 нТл (см. рис. 4). Эффективная намагниченность этого конуса составляет 1,3 А/м, что отвечает намагниченности андезитовых вулканов [19,22]. Отрицательный характер магнитного поля позволяет предположить, что возраст образования этого конуса не моложе 700 тыс. лет.

Следует отметить, что ПГТВ расположен в зоне повышенной трещеноватости с большим количеством мелких разрывных нарушений [3].

Погружения ПОА в зоне ПГТВ [7,20,21] показали, что наиболее характерными формами рельефа в районе ПГТВ являются хаотично расположенные провальные воронки и ямы. Размер ям меняется от 1 до 10 м в поперечнике и имеет глубину до 3 м. Расстояние между ямами 0,5–2 м.

ПГТВ связывают с залежами твердых газогидратов [7,23].

Сотрудники ИО РАН считают, что исследованные выходы являются газовыми, а не гидротермальными [7,24].

Проведенные исследования показали, что ПГТВ расположены в пределах слабо выраженной вулканической зоны четвертичного (неоген-четвертичного?) возраста. Они приурочены к зоне повышенной трещеноватости и непосредственно не связаны с каким-либо вулканическим центром. Ближайший немагнитный (шлаковый?) конус расположен~ в 2-х км к восток-юго-востоку от точки проявления акустических помех.

Подводная вулканическая группа «Маканруши».

В пределах этой вулканической группы были изучены контрастные подводные вулканы Белянкина и Смирнова, названные в честь выдающихся отечественных геологов [8]. Эти подводные вулканы расположены в тылу острова Онекотан (см. рис. 17). Подводный вулкан Белянкина расположен в 23 км к северо-западу от о. Маканруши (рис. 21). На навигационных картах, до проведения работ с борта НИС «Вулканолог», в этом районе были показаны две отличительные глубины, которые могли являться глубинами, отмеченными над вершинами этого подводного вулкана. Выполненные нами исследования однозначно показали, что у подводного вулкана Белянкина существует всего одна вершина.

Вулкан Белянкина имеет форму изометричного конуса и поднимается над окружающим дном на высоту около 1100 м [4,15]. Острая вершина вулкана расположена на глубине 508 м. Вулкан Белянкина располагается не только за пределами горного сооружения Курило-Камчатской островной дуги, но даже по другую сторону Курильской котловины – на ее северо-западном склоне [8,21]. Максимальный размер основания вулканической постройки 9 7 км при площади около 50 км2. Вулкан имеет крутые склоны. Крутизна их увеличивается в направлении от основания к вершине от 15o-20o до 25o-30o [14,9]. Возвышающиеся над дном котловины склоны вулкана, лишены осадочного чехла. Основание вулкана с налеганием перекрыто мощной толщей осадков. На сейсмограммах НСП им соответствует картина сейсмоакустического изображения, в целом типичная для осадочных толщ данного района Охотского моря [10,24]. Объем вулканической постройки, с учетом перекрытой осадками части, ~35 км3. Мощность осадочных отложений вблизи вулкана превышает 1000 м. При имеющихся оценках скорости осадконакопления в Охотском море (20–200 м/млн. лет) [22,15] для образования этой толщи потребовалось бы от 1 до 10 млн. лет [18,19].

Подводный вулкан Белянкина отчетливо проявляется в магнитном поле [4,15,18]. К нему приурочена аномалия магнитного поля с размахом в 650 нТл, экстремум которой смещен к юго-востоку от вершины (см. рис. 21). Вулканическая постройка имеет прямую намагниченность.

При драгировании подводного вулкана Белянкина были подняты однородные оливиновые базальты [23]. Основываясь на изучении драгированных пород, одни авторы считают, что извержения вулкана происходили в подводных условиях [14], а другие – что в сухопутных [18].

Измерение магнитных свойств драгированных образцов показало, что они их остаточная намагниченность изменяется в пределах 10–29 А/м, а отношение Кенигсбергера – в пределах 5,5–16 [14,19].

Для интерпретации данных ГМС было выполнено 2,5 – мерное моделирование по методике, предложенной в работе [18]. В качестве априорной информации использовались материалы эхолотного промера и НСП. Одна из наиболее реалистичных моделей, при которой наблюдается наилучшее совпадение кривых аномального и модельного магнитных полей, представлена на рис. 6.

Из результатов моделирования следует, что аномальное магнитное поле в районе вулкана обусловлено, в основном, его постройкой. Роль глубинных корней вулкана весьма незначительна. Породы, слагающие вулканическую постройку, имеют прямую намагниченность и довольно однородны по составу, что хорошо согласуется с данными геологического опробования. Моделирование, выполненное по двум другим независимым методикам, дало аналогичные результаты.

Сопоставляя результаты моделирования с данными НСП и эхолотного промера, и учитывая свежесть драгированного материала [24], можно предположить, что, скорее всего, осадочная толща была прорвана при образовании вулканической постройки. Основание вулкана, по-видимому, начало формироваться в плиоцене, а основная часть постройки сформировалась в плейстоцене [8,19].

Подводный вулкан Смирнова расположен в 12 км к северо-северо-западу от о. Маканруши (см. рис. 21). Его основание на глубине порядка 1800 м сливается с основанием острова Маканруши. Склоны о. Маканруши покрыты мощным (до 0,5 с) чехлом «акустически непрозрачных», вероятно вулканогенных и вулканогенно-осадочных, отложений [18,19]. Эти же отложения перекрывают южную часть основания вулкана Смирнова и как бы «обтекают» его с юго-запада и юго-востока. С севера подножие вулкана перекрыто обычными для этого района Охотского моря осадочными отложениями [10,24] мощностью не менее 1000 м. По имеющимся оценкам скорости осадконакопления в Охотском море [16], для образования этой толщи потребовалось бы не менее 5 млн. лет [19].

Плоская вершина вулкана расположена на глубине 950 м и перекрыта горизонтально-слоистыми осадками мощностью 100–150 м [14,18,19]. Максимальный размер основания вулкана 8 11 км, при площади ~70 км2, а плоской вершины – 2? 3 км. Относительная высота вулканической постройки 850 м, а объем – около 20 км3 [14,19].

Подводный вулкан Смирнова также отчетливо проявляется в магнитном поле и к нему приурочена аномалия магнитного поля с амплитудой 470 нТл (см. рис. 21). Вулканическая постройка имеет прямую намагниченность.

При драгировании вулкана Смирнова были подняты разнообразные породы, изменяющиеся по своему составу от базальтов до дацитов [4,24].

Драгированные андезито-базальты имеют остаточную намагниченность 1,5–4,1 А/м и отношение Кенигсбергера 1,5–6,9, а андезиты – 3,1–5,6 А/м и 28–33 соответственно [14].

Для интерпретации данных ГМС было выполнено 2.5-мерное моделирование по методике, предложенной в работе [3,8]. Одна из наиболее реалистичных моделей, при которой наблюдается наилучшее совпадение кривых аномального и модельного магнитных полей, представлена на рис. 6. Расхождение в начале профиля наблюденной и рассчитанной кривых аномального магнитного поля происходит из-за влияния близлежащего острова Маканруши. Из результатов моделирования следует, что аномальное магнитное поле в районе вулкана обусловлено его постройкой, а не глубинными корнями. Несмотря на разнородность драгированного материала, подавляющая часть постройки довольно-таки однородна по составу слагающих ее пород, имеющих прямую намагниченность. Исходя из величины эффективной намагниченности, такими породами могут быть высококалиевые амфиболсодержащие андезиты, типичные для тыловой зоны Курило-Камчатской островной дуги [14].

Плоская вершина вулкана свидетельствует о том, что когда-то он поднимался до уровня моря, а затем испытывал значительное опускание. Обширные подводные террасы о. Маканруши находятся на глубинах порядка 120–130 м. Это практически соответствует уровню моря в позднем плейстоцене, т.е. с позднего плейстоцена значительных опусканий в этом районе не происходило. Поэтому можно считать, что опускание плоской вершины вулкана Смирнова до глубины 950 м произошло до начала позднего плейстоцена. Характер соотношений постройки вулкана Смирнова с осадочными отложениями дна Охотского моря и отложениями подводных склонов о. Маканруши позволяет предполагать, что этот вулкан является одной из наиболее древних частей массива о. Маканруши. Возраст его, по крайней мере, плиоценовый [18,19].

**2.4 Современная тектоническая структура Курило-Камчатского региона**

Современная структура Курило-Камчатского региона определяется тремя кайнозойскими разновозрастными островодужными системами, которые маркируются разновозрастными вулканическими дугами, сформированными над зонами субдукции. Современная Курило-Камчатская островодужная система состоит из трех сегментов: Восточно-Камчатского, Южно-Камчатского и Курильского с разной историей тектонического развития и разным геодинамическим режимом.

В Восточной Камчатке субдукция началась в плиоцене, и здесь, наряду с плавлением мантийного клина, возможно частичное плавление фронтальной части поддвигаемой плиты и, соответственно, появление вулканических пород с бонинитовой тенденцией. Структура Южной Камчатки определяется дискордантным наложением современной островодужной системы на миоценувую Срединно-Камчатско-Курильскую систему с нарушением петрогеохимической зональности. Особые геодинамический и тепловой режим и, соответственно, условия магмообразования создаются на стыке Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. По-видимому, с этим связано появление вулканических пород внутриплитного геохимического типа.

Курило-Камчатская островодужная система является хорошим регионом для реконструкции условий генерации магмы. Здесь наблюдается большое разнообразие островодужных серий вулканических пород, включая породы с адакитовой тенденцией. Камчатка является единственным в мире районом, где в Срединном хребте имеется современный вулканический пояс или вулканическая дуга с глубиной до современной сейсмофокальной зоны более 300 км [6,23], тогда как в пределах других островных дуг и активных континентальных окраин максимальная глубина до сейсмофокальной зоны под тыловыми вулканами не превышает 200–220 км. И, наконец, на Камчатке, наряду с типичными островодужными сериями, довольно широко распространены породы внутриплитного геохимического типа [19].

Структурно-тектонические обстановки проявления вулканизма и геодинамические параметры зон субдукции также различны вдоль и вкрест Курило-Камчатской ОД-системы. Здесь имеются участки с прямой и косой субдукцией, участки поддвигания Тихоокеанской плиты с нормальной и утолщенной океанической корой, а также зона стыка Курило-Камчатской и Алеутской дуг с трансформной границей между Тихоокеанской и Североамериканской плитами [4,6].

Под вулканической дугой понимается часть ОД или активной континентальной окраины, где проявляется вулканизм над зоной субдукции. В пределах Курило-Камчатской ОД-системы распространены, по крайней мере, три разновозрастных вулканических комплекса надсубдукционного типа (Рис. 23). На Западной Камчатке это палеоценовые покровные и субвулканические фации пород от андезибазальтов до дацитов, обнажающиеся в междуречье Коль – Большая Воровская (черепановская толща), и группы эоценовых вулканических и субвулканических комплексов формационного ряда от базальтов до риолитов, протягивающихся по западному побережью и Парапольскому долу [23].

В пределах Срединного хребта Камчатки и на Юго-Восточной Камчатке широко распространены верхнеолигоцен-миоценовые эффузивно-экструзивные и пирокластические комплексы пород от базальтов до дацитов и риодацитов с преобладанием андезитов и андезидацитов. Среди них встречаются породы как нормального, так и щелочного ряда – трахибазальты, трахиандезиты и др. Подробная геологическая и петрогеохимическая характеристика этих пород приведена в работах В.С. Шеймовича, М.Г. Патоки [22,15] и Н.В. Огородова с соавторами [21]. Аналогичные вулканические породы ОД-типа распространены и на островах Большой Курильской гряды [15,19,24].

В этих же районах, а также на Восточной Камчатке распространены и плиоцен-четвертичные вулканогенные ОД-комплексы (см. рис 23). Состав пород меняется от базальтов до риолитов, однако, соотношения пород разного состава в Курильском и Камчатском сегментах системы различны [13,11, 16,24]. На Курилах, в целом, преобладают андезибазальты и андезиты (60–70%), тогда как на Камчатке наиболее распространены базальты и основные андезибазальты (~50%) при более высокой доле кислых пород по сравнению с Курилами [13,22].

Как уже отмечалось выше, необычным является то, что в составе позднекайнозойских вулканических пород Камчатки встречаются лавы внутриплитного геохимического типа, выявленные и изученные О.Н. Волынцом [19]. Среди внутриплитных вулканических серий Камчатки установлены K-Na щелочнобазальтовая (позднемиоценового возраста на Восточной Камчатке); K-Na щелочнооливинбазальтовая (плиоценового возраста на Восточной Камчатке и позднеплиоцен-голоценового возраста в Срединном хребте – в виде зоны ареального вулканизма); K-Na базальт-комендитовая (плиоцен-раннеплейстоценового возраста в Срединном хребте); К-щелочнобазальтовая и шошонит-латитовая (позднемиоцен-плиоценового возраста на Западной Камчатке).

В пределах Курил и Южной Камчатки отчетливо проявлены две вулканические зоны – фронтальная и тыловая, параллельные глубоководному желобу, с зоной ослабления вулканической активности между ними [1,13]. В пределах вулканической дуги Восточной Камчатки вулканический пояс Центральной Камчатской депрессии является тыловой зоной по отношению к вулканитам Восточного хребта, которые относятся к фронтальной зоне. Во всяком случае, для этих зон в целом характерны такие же закономерности петрогеохимической зональности, как и для Курил и Южной Камчатки [12,13,21].

Принципиальным с точки зрения условий магмообразования является вопрос о природе миоцен-четвертичного вулканического пояса Срединного хребта. Одни авторы считают его отдельной вулканической дугой, связанной с самостоятельной зоной субдукции, которая в настоящее время прекратила свое существование, так как оказалась заблокированной в результате причленения к Камчатке Восточных полуостровов [4,5,21]. В ней так же, как и на Курилах, Южной и Восточной Камчатке выделяются две вулканические зоны. По мнению других авторов, вулканический пояс Срединного хребта связан с современной Курило-Камчатской зоной субдукции и является третьей вулканической зоной, тыловой по отношению к Восточной вулканической зоне и вулканической зоне Центральной Камчатской депрессии.

Гравиметрическая характеристика вулканических дуг

Гравитационное поле Курило-Камчатской системы дуга – желоб обладает основными характерными чертами таких систем, т.е. наличием сопряженных положительной и отрицательной аномалий в свободном воздухе. Положительная аномалия протягивается вдоль невулканической дуги, которой на Курилах соответствуют острова Малой Курильской гряды и их подводное продолжение, а на Камчатке – восточные полуострова. Положительная аномалия осложнена поперечными аномалиями пониженного поля вдоль крупных поперечных зон разломов в районе Авачинского залива на Камчатке и пролива Буссоль на Курилах. В этих районах наблюдается нарушение петрогеохимической зональности.

Положительная гравитационная аномалия характерна для зоны восточных полуостровов Камчатки так же и в редукции Буге.

Отличительной особенностью гравитационного поля Камчатки от других ОД и активных континентальных окраин является наличие двух отчетливых протяженных зон положительных гравитационных аномалий на участке от Малко-Петропавловской зоны поперечных дислокаций до зоны поперечных разломов, продолжающих на Камчатке Алеутское направление (Рис. 24). Одна зона, как было сказано выше, соответствует восточным полуостровам, другая – протягивается вдоль Центральной Камчатской депрессии. Кроме того, на Западной Камчатке имеется третья зона положительных аномалий, которая выражена менее отчетливо. По отношению к вулканическому поясу Срединного хребта вторая зона положительных аномалий занимает такое же положение, как и зона восточных полуостровов по отношению к Восточно-Камчатскому вулканическому поясу. Она соответствует почти полностью погребенному Хавывенскому поднятию северо-восточного простирания. В пределах этого поднятия максимальное значение силы тяжести наблюдается на одноименной возвышенности, сложенной кристаллическими сланцами основного состава и серпентизированными гипербазитами. В пределах аномальной зоны обнажается также толща подушечных базальтов и туфов, прорванных крупным телом габброидов с плотностью 3,05 г./см3. Остальные участки аномальной зоны Хавывенской возвышенности закрыты чехлом кайнозойских вулканогенно-терригенных пород, в связи с чем интенсивность положительной гравитационной аномалии несколько убывает. Тем не менее, только наличием пород высокой плотности нельзя объяснить мощный гравитационный эффект [7]. На наш взгляд, это свидетельствует в пользу того, что вулканический пояс Срединного хребта сформировался над самостоятельной зоной субдукции, для которой Хавывенское поднятие, так же как и о. Карагинский на его северо-восточном продолжении, служили фронтальной (невулканической) дугой. В этом случае положительная гравитационная аномалия является в значительной мере остаточной, обусловленной нарушением изостазии в период субдукции. В пользу того, что Хавывинское поднятие являлось фронтальной дугой, свидетельствует и наличие ультраосновных пород, обычных для таких структур.

Плотностное моделирование по профилю вкрест п-ова Камчатка свидетельствует о том, что в случае введения в модель двух относительно плотных погружающихся слоев с эффективной плотностью +0,08: +0,1 г/см3, и двух зон разуплотнения (-0,08: -0,1 г/см3) – предполагаемых участков магмообразования, форма и интенсивность расчетной гравитационной аномалии близка к наблюденной.

Свидетельством самостоятельности зоны субдукции под Срединный хребет является также погребенный палеожелоб, который фиксируется по отрицательной гравитационной аномалии в свободном воздухе вдоль подножия континентального склона восточнее о. Карагинский [24,9]. На Камчатке этой зоне субдукции, вернее, осевой зоне палеожелоба, соответствует Тюшевский прогиб и зона надвига Гречишкина [21].

Сегмент с двумя разновозрастными зонами субдукции ограничен с юга Малко-Петропавловской зоной поперечных дислокаций, а с севера – глубинными разломами Алеутского направления. По этим разломам в плиоцене произошел перескок зоны субдукции на современное ее положение. По мнению В.П. Трубицина с соавторами [21], субдукция под северный отрезок Срединного хребта была наведенной, так как сформировавшаяся в эоцене Алеутская дуга отделила Берингово море от Тихоокеанской плиты.

Третья зона положительных аномалий Западной Камчатки, вероятно, соответствует палеогеновой островодужной системе, вернее, ее фронтальной дуге (см. рис. 24). Во всяком случае, западнее этой зоны располагается палеогеновый вулканический пояс (см. рис. 23).

Природа проявления современного вулканизма Срединного хребта

Как было сказано выше, о природе вулканического пояса Срединного хребта существуют две точки зрения. По одной из них его формирование связано с современной зоной субдукции [18,23,15], по второй – вулканический пояс Срединного хребта является самостоятельной вулканической дугой над более древней зоной субдукции [4,5,24]. Вопрос о природе этого вулканического пояса, с одной стороны, является ключевым для реконструкции истории тектонического развития Курило-Камчатской островодужной системы, а с другой стороны – ключевым для понимания процессов магмообразования, связанных с субдукцией. Подробный анализ аргументации обех точек зрения дан нами в отдельной статье [6], где показано, что предпочтительней является вторая точка зрения. Об этом свидетельствуют следующие данные:

1. Пространственно структурное размещение вулканических поясов и отсутствие миоценовых вулканических пород ОД-типа на Восточной Камчатке (см. рис. 23) свидетельствует о том, что вулканические пояса Срединного хребта и Восточной Камчатки (вместе с поясами Центральной Камчатской депрессии) являются самостоятельными вулканическими дугами. Более того, в пределах вулканической дуги Срединного хребта шириной более 100 км, так же как и на Южной Камчатке и Курилах, выделяются фронтальная и тыловая вулканические зоны с зоной ослабления вулканической активности между ними.

2. Поперечная петрогеохимическая зональность вулканического пояса Срединного хребта аналогична таковой для других вулканических дуг с несколько более высоким уровнем содержания щелочей и некогерентных редких элементов.

3. Гравиметрические данные свидетельствуют об удвоении (а возможно и об утроении) систем – фронтальная невулканическая дуга (маркируемая поясом положительных аномалий) – вулканическая дуга (см. рис. 24 и 25).

4. Данные о пространственном распределении эпицентров землетрясений [6] свидетельствуют о том, что в зоне субдукции дуги Срединного хребта еще сохранились остаточные движения. Возможно, что движения еще не совсем прекратились и на участке между Малко-Петропавловской и Алеутской зонами поперечных разломов. Эти разломы являются трансформными, и по ним произошел перескок зон субдукции (рис. 25).

5. По гравиметрическим и сейсморазведочным данным, к востоку от о. Карагинский фиксируется палеожелоб, соответствующий зоне субдукции Срединного хребта [24,11].

**3. Поствулканические явления и их влияние на экологию и жизнедеятельность региона**

Вулканы – довольно опасные соседи человеческих поселений.

Многие вулканы имеют свои особенности и неповторимые приметы. Одни из них, поднимаясь со дна моря, не достигают поверхности океана, и их кратеры скрываются под водой. Извержения подводных вулканов рождают грозное явление природы – цунами. Тогда гигантские волны со скоростью до 500 км/ч устремляются к берегам и всей своей мощью обрушиваются на землю. Землетрясения – частое явление на Курилах – сильные и слабые, последнее сильное землетрясение было в 1994 г.

При затухании вулканической деятельности длительное время наблюдается ряд характерных явлений, указывающих на активные процессы, продолжающиеся в глубине. К их числу относятся выделение газов (фумаролы), гейзеры, грязевые вулканы, термы.

Фумаролы (вулканические газы).

После извержения вулканов длительное время выделяются газообразные продукты из самих кратеров, различных трещин, из раскаленных туфолавовых потоков и конусов. В составе поствулканических газов присутствуют те же газы группы галоидов, серы, углерода, пары воды и другие, что и выделяющиеся при вулканических извержениях. Однако нельзя наметить единую схему состава газов для всех вулканов.

Гейзеры – это периодически действующие пароводяные фонтаны. Свою известность и название они получили в Исландии, где наблюдались впервые. Помимо Исландии гейзеры широко развиты и на Камчатке. Каждый гейзер приурочен обычно к округлому отверстию, или грифону. Грифоны бывают различных размеров. В глубине этот канал, по-видимому, переходит в тектонические трещины. Весь канал заполнен перегретой подземной водой. Ее температура в грифоне может быть 90–98

градусов, в то время как в глубине канала она значительно выше и достигает 125–150 гр. и более. В определенный момент в глубине начинается интенсивное парообразование, в результате колонна воды в грифоне приподнимается. При этом каждая частица воды оказывается в зоне меньшего давления, начинается кипение и извержение воды и пара. После извержения канал постепенно заполняется подземной водой, частично водой, выброшенной при извержении и стекающей обратно в грифон; на некоторое время устанавливается равновесие, нарушение которого приводит к новому пароводяному извержению.

Высота фонтанирования зависит от величины гейзера.

Грязевые вулканы (сальзы).

Они иногда встречаются в тех же районах, что и гейзеры (Камчатка, Ява, Сицилия и др.). Горячие пары воды и газы прорываются к поверхности через трещины, выбрасываются и образуют небольшие выводные отверстия с диаметром от десятков сантиметров до одного метра и более. Эти отверстия заполнены грязью, представляющей собой смесь паров газов с подземными водами и рыхлыми вулканическими продуктами и характеризующейся высокой температурой (до 80–90 0).Так возникают грязевые вулканы. Густота, или консистенция, грязи определяет характер их деятельности и строения. При относительно жидкой грязи выделения паров и газов вызывают в ней всплески, грязь растекается свободно и при этом конус с кратером наверху не более 1–1,5 м, состоящий целиком из грязи. В грязевых вулканах вулканических областей помимо паров воды выделяется углекислый газ и сероводород.

«В зависимости от причин возникновения грязевые вулканы можно разделить на: 1) связанные с выделением горючих газов; 2) приуроченные к областям магматического вулканизма и обусловленные выбросами магматических газов». [4,13]. К таким относятся Апшеронский, Таманский грязевые вулканы. Среди антропогенных факторов, оказывающих воздействие на биологическое разнообразие северо-западной части Тихого океана наиболее критическими представляются следующие:

Чрезмерная эксплуатация морских биологических ресурсов и другие отрицательные эффекты рыболовства

Ущерб экосистемам в результате индустриального освоения шельфа

Ущерб экосистемам водосборных бассейнов

Чрезмерная эксплуатация морских билогических ресурсов и другие отрицательные эффекты рыболовства.

Планы широкомасштабного освоения морских нефтяных и газовых месторождений никогда не обсуждались ни в отношении инфраструктуры, необходимой для обеспечения экологической безопасности добычи углеводородов, ни в отношении альтернатив экономического развития (прибрежное рыболовство на устойчивой основе, использование наземных месторождений газа и гидротермальной энергии на Камчатке). Неочевидно также, принесет ли развитие морских нефтяных месторождений, осуществляемое по законодательно закрепленному принципу раздела продукции, какие-либо ощутимые выгоды местному населению. Добыча нефти и газа в море не единственная проблема, связанная с индустриальным развитием шельфовых и прибрежных районов. Ущерб, причиняемый экосистемам водосборных бассейнов и связанный со сведением лесов, лесными пожарами, добычей золота и других минеральных ресурсов, строительством дорог и трубопроводов, не только тяжело отражается на речных экосистемах, но и оказывает значительное воздействие на приустьевые участки моря. Повышенная эрозия и увеличение содержания выносимой реками взвеси, вынос загрязнителей отрицательно сказываются на режиме осадконакопления в эстуариях. Это приводит к значительному ухудшению условий питания рыб и птиц в приустьевых пространствах.

Все охарактеризованные выше процессы антропогенного воздействия на моря северо-западной части Тихого океана протекают на фоне глобальных изменений в атмосфере и гидросфере. Меняющаяся климатическая ситуация действует совокупно с разнообразными антропогенными факторами, модифицирует их воздействие на морские экосистемы, часто делая его еще более разрушительным.

**4. Использование материалов выпускной квалификационной работы в школьном курсе географии**

Урок географии в 6 классе по теме: «Вулканы»

Цель урока: сформировать у школьников представления об образовании, строении, типах вулканических извержений.

ХОД УРОКА

I. Проверка домашнего задания.

проводится в форме фронтального опроса. Ответы ребят комментируются и оцениваются.

II. Изучение новой темы.

1. Немного истории. Окунемся в глубь веков:

Учитель. В Тирренском море, недалеко от Италии есть небольшой остров Вулкано. Еще в незапамятные времена люди видели, как из вершины этой горы вырывались облака черного дыма, мерцал огонь и в небо, взлетали раскаленные камни. На этом же острове, по их предположениям находились владения бога огня и кузнечного ремесла – Вулкана. Он устроил на острове свою кузнецу и ковал стрелы для Дианы, громовые молнии Юпитеру, Доспехи Гераклу, щит Ахиллу…

А дым и огонь, вырывавшийся с вершины горы, по мнению древних римлян, свидетельствовал о том, что Вулкан раздувает мехами свой горн. Он ударяет молотом по наковальне и с горы доносится глухой рокот и лязг. С тех пор и начали люди называть огнедышащие горы – вулканами.

В 1947–1948 годах шведская морская экспедиция Средиземном море к югу от острова Крит, а в 1956–1958 годах в Критском, Ионическом, Эгейском морях обнаружила два слоя вулканического пепла. По вычислениям специалистов, нижний слой отложился около 25 тысяч лет назад, верхний – во II тысячелетии до нашей эры. Оба слоя связаны с извержениями, расположенного в этом районе вулкана Санторин. Подробности первого извержения теряются в седой древности веков. Второе произошло в богатую историческими событиями эпоху древнего заселения Греческого архипелага. Вулкан Санторин ныне затоплен морем; он находился в 120 километрах к северу от Крита.

Около 1400 года до нашей эры произошло извержение Санторина, которое разрушило остров Стронгили. Взрывом, сопровождавшим это извержение, была снесена центральная часть острова и на ее месте возникла гигантская (поперечником 11 километров, глубиной до 300 метров ниже уровня моря) Кальдера (кратер), в которую проникло море. Ученые считают, что взрыв Санторина был наиболее грандиозной вулканической катастрофой. Из жерла вулкана изверглось огромное количество пепла, который покрыл разрушенный остров слоем толщиной более 30 метров.

На острове Анафи, в 20 километрах к востоку от Стронгили, вал цунами достиг высоты 250 метров. Через 20–30 минут после извержения он обрушился на остров Крит, а через 3 часа достиг северных берегов Африки и устья реки Нил.

События, связанные с извержением Санторина встречаются в Египетских литературных памятниках. Есть такие свидетельства: «Хаос царил кругом… В течение 9 дней не было выходов из дворцов. Эти 9 дней прошли в бедствии и бурях. Никто – ни бог, ни человек – не мог видеть лица друг друга». «…Этот день был днем гнева и бедствий, днем мрака, тумана, днем непроницаемой тьмы… Вода пришла с севера, поднялась огромным потоком и залила страну…»

Пожалуй, наиболее ярко впечатление от извержения Санторина выражены в мифе о борьбе Зевса с Тифоном. Тифон, сын богини земли Геи и бога подземного царства Тартар, был стоглавым чудовищем, жившем в недрах земли. Он плевал огнем, ревел сильнее быка и льва.

Земля колебалась под его шагами. Зевс бросал в Тифона 1000 молний, моря кипели, земля и небесный свод сотрясались. От тела убитого Тифона исходил жар, который плавил все кругом. Последние годы стала популярна гипотеза о том, что миф об Атлантиде с ее высокой цивилизацией бронзового века, погребенной морем, может иметь свои корни в великом извержении Санторина.

2. Вулканы и продукты вулканических извержений.

Вулкан – (от лат. Vulcanus – огонь, пламя), геологическое образование возникающее над каналами и трещинами в земной коре, по которым на земную поверхность извергается лава, пепел, горячие газы, пары воды и обломки горных пород.

Продукты вулканических извержений:

Газы.

Водяной пар.

Сероводород.

Вулканический пепел.

Вулканические бомбы.

3. Строение вулкана.

Вниманию ребят представлен рисунок – строение вулкана. Учитель дает описание по каждой части вулкана.

Кратер – вершина вулкана. Диаметр бывает от нескольких десятков метров, до двух и более километров.

Жерло – идет вглубь от кратера, по нему поднимается магма.

Очаг вулкана – расположен в глубине земли.

Лава – излившаяся на поверхность магма. Температура 750 – 1250оС. Скорость течения 300 – 500 метров в час.

4. Типы вулканических извержений

Учитель дает характеристику каждому типу вулканических извержений. В ходе объяснения учитель на карте показывает примеры вулканов данного типа.

Гавайский тип. Кратер этих вулканов, словно огненные озера всегда заполнены лавой. Во время дождя, когда водяные капли падают на раскаленную поверхность, лавовое озеро окутывается клубами пара. Брызги раскаленной лавы взлетают на высоту 100–150 метров, а иногда и 1000 метров. Извержение усиливается, и лава переполняет озеро. Быстрый поток жидкой лавы, словно огненная река, стекает по склонам горы.

Пелейский тип. Лава вулканов этого типа очень вязкая, она застывает прямо в жерле и не дает выхода газовым парам. В результате происходит сильнейший взрыв, а затем гигантская туча раскаленных газов и пепла вырывается наружу. Она стремительно мчится по склону, уничтожая все на своем пути.

Везувианский тип. (Показана репродукция картины «Последний день Помпеи» К. Брюллова). В начале извержения над вулканом поднимается гигантское облако, состоящее из газов и пепла. Гигантский пеплопад обрушивается на прилегающую территорию. Толщина выпавшего слоя пепла достигает нескольких метров, именно горячий вулканический пепел во время извержения в 79 г.н.э. засыпал и уничтожил 3 римских города. В том числе, трагически известную Помпею.

Учитель. Прошу еще раз выделить существенные признаки типов вулканов?». (Ответы детей)

5. Виды вулканов.

Действующие – вулканы, которые извергались в наши дни или в историческое время. (На Камчатке).

Уснувшие – об их деятельности не сохранилось сведений, но иногда они начинают действовать.

Потухшие – бездействуют много тысяч лет. (Крым, Забайкалье).

6. Это интересно.

Дети выступают с сообщениями по темам:

1. Крупнейшие вулканы планеты.

2. Красиво, хотя и опасно.

3. Взрывные волны обогнули земной шар.

4. Лава все сжигает на своем пути.

5. Исландия – страна вулканов.

6. Горячее озеро – Киву.

7. Вулканы и космос.

III. Закрепление. Викторина.

Ответы детей на вопросы викторины.

1. Сложный процесс, при котором магма поднимается из недр земли, прорывая земную кору, изливается на поверхность? (Вулканизм)

2. Что такое лава? (Излившаяся на поверхность магма)

3. Что такое кратер вулкана? (Впадина, находящаяся на вершине вулкана)

4. Что такое жерло? (Канал, по которому поднимается магма)

5. Назовите продукты вулканических извержений? (Газы, водяной пар, сероводород, углекислый газ, вулканический пепел, вулканические бомбы, частицы горных пород)

6. Перечислить типы вулканических извержений? (Гавайский тип, пелейский тип, везувианский тип)

7. Виды вулканов? (Действующие, уснувшие, потухшие)

IV. Итог урока.

Вниманию детей представлен кинофрагмент – извержение вулкана.

Учитель. Итак, сегодня в ходе урока нам ребята удалось сформировать представления об образовании, строении, типах вулканических извержений. Спасибо всем за работу. Учитель дает каждому ученику оценку, которую аргументирует.

V. Домашнее задание.

Тему «Вулканы и вулканические извержения» – проработать.

Творческое задание: Изготовить макет вулкана.

**Заключение**

Современную структуру Курило-Камчатской гряды определяют разновозрастные вулканические пояса, которые представляют собой вулканические дуги над зонами субдукции. В конце олигоцена – миоцене существовала Срединно-Камчатско-Курильская система дуг. В пределах Срединно-Камчатской дуги этой системы, располагавшейся на месте современного Срединного хребта Камчатки, отчетливо проявлена вулканическая дуга, реконструируются тектоническая (невулканическая) дуга и глубоководный желоб, северная часть которого в пределах запада Командорской котловины проявляется в виде погребенного под осадками желоба, а также фиксируируется по современным гравиметрическим и сейсмологическим данным. Современные сейсмологические данные свидетельствуют о том, что в настоящее время, возможно, еще наблюдаются небольшие подвижки в зоне субдукции этой системы.

В соответствии с тектонической историей островодужного этапа развития региона и геодинамическими параметрами зоны субдукции выделяются следующие районы (сегменты) современной Курило-Камчатской островодужной системы: Срединно-Камчатский, Восточно-Камчатский, Северо-Курильский, Центрально-Курильский и Южно-Курильский. Восточно-Камчатский сегмент является примером начального этапа субдукции, Срединно-Камчатская дуга – примером затухания субдукции, а для остальных районов характерен стационарный режим субдукции с разными геодинамическими параметрами. Современные действующие вулканы представляют собой яркое проявление эндогенных процессов, доступных непосредственному наблюдению, сыгравшее огромную роль в развитии географической науки. Однако изучение вулканизма имеет не только познавательное значение. Действующие вулканы наряду с землетрясениями представляют собой грозную опасность для близко расположенных населенных пунктов. Моменты их извержений приносят часто непоправимые стихийные бедствия, выражающиеся не только в огромном материальном ущербе, но иногда и в массовой гибели населения. Так современные действующие вулканы, характеризующиеся интенсивными циклами энергичной эруптивной деятельности и представляющие собой, в отличие от своих древних и потухших собратьев, объекты для научно- исследовательских вулканических наблюдений, наиболее благоприятные, хотя далеко не безопасные.

Чтобы не сложилось впечатления, что вулканическая деятельность приносит только бедствия, следует привести такие краткие сведения о некоторых полезных сторонах.

Огромные выброшенные массы вулканического пепла обновляют почву и делают ее более плодородной. Выделяющиеся в вулканических областях пары воды и газы, пароводяные смеси и горячие ключи стали источниками геотермической энергии. С вулканической деятельностью связаны многие минеральные источники, которые используются в бальнеологических целях.

Продукты непосредственной вулканической деятельности – отдельные лавы, пемзы, перлит и др. находят применение в строительной и химической промышленности. С фумарольной и гидротермальной деятельностью связано образование некоторых полезных ископаемых, таких, как сера, киноварь, и ряд других. Вулканические продукты подводных извержений являются источниками накопления полезных ископаемых таких, как железо, марганец, фосфор и др.

Вулканизм, как процесс, до конца не изучен и перед человечеством еще много не разгаданных загадок.

А изучение современной вулканической деятельности имеет важное теоретическое значение, так как помогает понять процессы и явления, происходившие на Земле в давние времена.

**Библиография**

1. Авдейко Г.П., Бондаренко В.И., Палуева А.А., Рашидов В.А., Романова И.М. Геофизические исследования подводных вулканов Курильской островной дуги: состояние, итоги, перспективы // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. 30 марта-1 апреля 2005 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2005. С. 3–7.

2. Авдейко Г.П., Гавриленко Г.М., Черткова Л.В. и др. Подводная газогидротермальная активность на Северо-Западном склоне о. Парамушир (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1984. №6. С. 66–81.

3. Баснак В.В., Дубровский В.Н., Селиверстов Н.И. Аппаратурный комплекс НСП на НИС «Вулканолог» // Вулканология и сейсмология. 1981. №1. С. 93–103.

4. Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б. Подводные горы и вулканы Курильской островной гряды // Труды Лаборатории вулканологии. 1958. Вып. 13. С. 71–88.

5. Бондаренко В.И. Строение вулканической бухты кратерная (Курильские острова) по данным сейсмоакустических исследований // Вулканология и сейсмология. 1986. №5. С. 96–101.

6. Бондаренко В.И. Новая подводная кальдера у о-ва Онекотан (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1990. №3. С. 92–95.

7. Бондаренко В.И. Сейсмоакустические исследования кальдеры Львиная Пасть // Вулканология и сейсмология. 1991. №4. С. 44–53.

8. Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Селиверстов Н.И., Шкира В.А. Подводный вулкан к западу от о-ва Парамушир // Вулканология и сейсмология. 1994. №1. С. 13–18.

9. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Вулканический массив Черных Братьев (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2003. №3. С. 35–51.

10. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. О возможной подводной вулканической активности в районе островов Черные Братья (Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2003. №2. С. 80 – 88.

11. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Новые данные о морфологии подводных вулканических хребтов Гидрографов и Броутона (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2004. №4. С. 51–58.

12. Брусиловский Ю.В., Иваненко А.Н., Рашидов В.А. Анализ магнитного поля трех позднекайнозойских подводных вулканов в северной части Курильской островной дуги. // Вулканология и сейсмология. 2004. №2. С. 73–83.

13. Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы // Под ред. К.С. Сергеева, М.Л. Красного. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 36 листов.

14. Кочергин Е.В., Павлов Ю.А., Сергеев К.Ф. Геомагнитные аномалии Курильской и Рюкю островных систем. М.: Наука, 1980. 126 с.

15. Красный М.Л. Геофизические поля и глубинное строение Охото-Курильского региона. Владивосток: Из-во ДВО РАН, 1990. 162 с.

16. Международный геолого-геофизический атлас Тихого океана. Удинцев Г.Б. (ред.). МОК (Юнеско), РАН, ФГУП ПКО «Картография», ГУНиО, Москва – Санкт-Петербург, 2003. С. 192 с.

17. Остапенко В.Ф. Некоторые аспекты новейшей истории прикурильской части Охотского моря в свете изучения подводных вулканов этого региона // Вулканизм Курило-Камчатского региона и о. Сахалин. Южно-Сахалинск: Изд-во ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 34–74.

18. Остапенко В.Ф., Кичина Е.Н. Вещественный состав лав подводных вулканов Курильской дуги // Геология дна Дальневосточных морей. Владивосток: Из-во ДВНЦ АН СССР. САКНИИ, 1977. С. 24–45.

19. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. Отв. Ред. Пущаровский Ю.М.М.: Наука, 1992. 528 с.

20. Рашидов В.А. Геомагнитные исследования подводных вулканов северной части Курильской островной дуги // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. ИВГиГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 300–315.

21. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. №6. С. 1 07–114.

22. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Подводный вулканический массив Эдельштейна (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2003. №1. С. 3–13.

23. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2004. №4. С. 65–76.

24. Соловьев С.Л., Павлов Ю.А., Красный М.Л. и др. Исследования естественных геофизических полей Сахалинским комплексным научно-исследовательским институтом // Естественные геофизические поля Дальневосточных окраинных морей. Владивосток. 1977. С. 3–25.