

## Экспедиции, полевые семинары, практики

### РОССИЙСКО- ГЕРМАНСКИЙ ПРОЕКТ «КАЛЬМАР»: КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ И АЛЕУТСКОЙ ЗОН СУБДУКЦИИ

#### ВВЕДЕНИЕ

Проект «КАЛЬМАР» является продолжением российско-германского научно-технического сотрудничества, направленного на изучение Дальневосточного региона России. Начало этому сотрудничеству положил проект «КОМЭКС» (Курило-Охотский Морской Эксперимент) который был посвящен исследованию геологических, климатических и океанологических процессов в геосистеме «Охотское море». В рамках проекта с 1998 г. по 2004 г. было проведено девять экспедиций в Охотское море и две экспедиции на Камчатку. В экспедициях удалось собрать уникальный массив данных, обработка которых дала возможность получить новые представления о процессах, происходящих в этом регионе и их взаимодействии друг с другом.

В ходе выполнения проекта «КОМЭКС» возник ряд интересных и актуальных вопросов, и поэтому учеными обеих стран было решено продолжить совместные исследования. Поэтому научно-исследовательский проект «КАЛЬМАР» (Курило-Камчатская и Алеутская системы окраинное море – островная дуга: взаимодействие между геодинамикой и климатом в пространстве и времени) был подготовлен на базе проекта «КОМЭКС». Он посвящен изучению перспективных научных проблем в обширном регионе, охватывающем Курило-Камчатскую и Алеутскую островные дуги, прилегающие районы северо-западной части Тихого океана и Берингово море.

#### ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА ПРОЕКТА

Активная континентальная окраина Камчатки вместе с Курильской островной дугой формируют зону субдукции длиной порядка 2500 км. К ней приурочены наиболее активные вулканы мира, извержения которых могут иметь катастрофический характер и поэтому представлять угрозу не только для прилегающих регионов, но и оказывать существенное негативное воздействие на окружающую среду и климат. Система не является однородной, она состоит из отрезков, где океанская плита пододвигается под дугу и под континент.

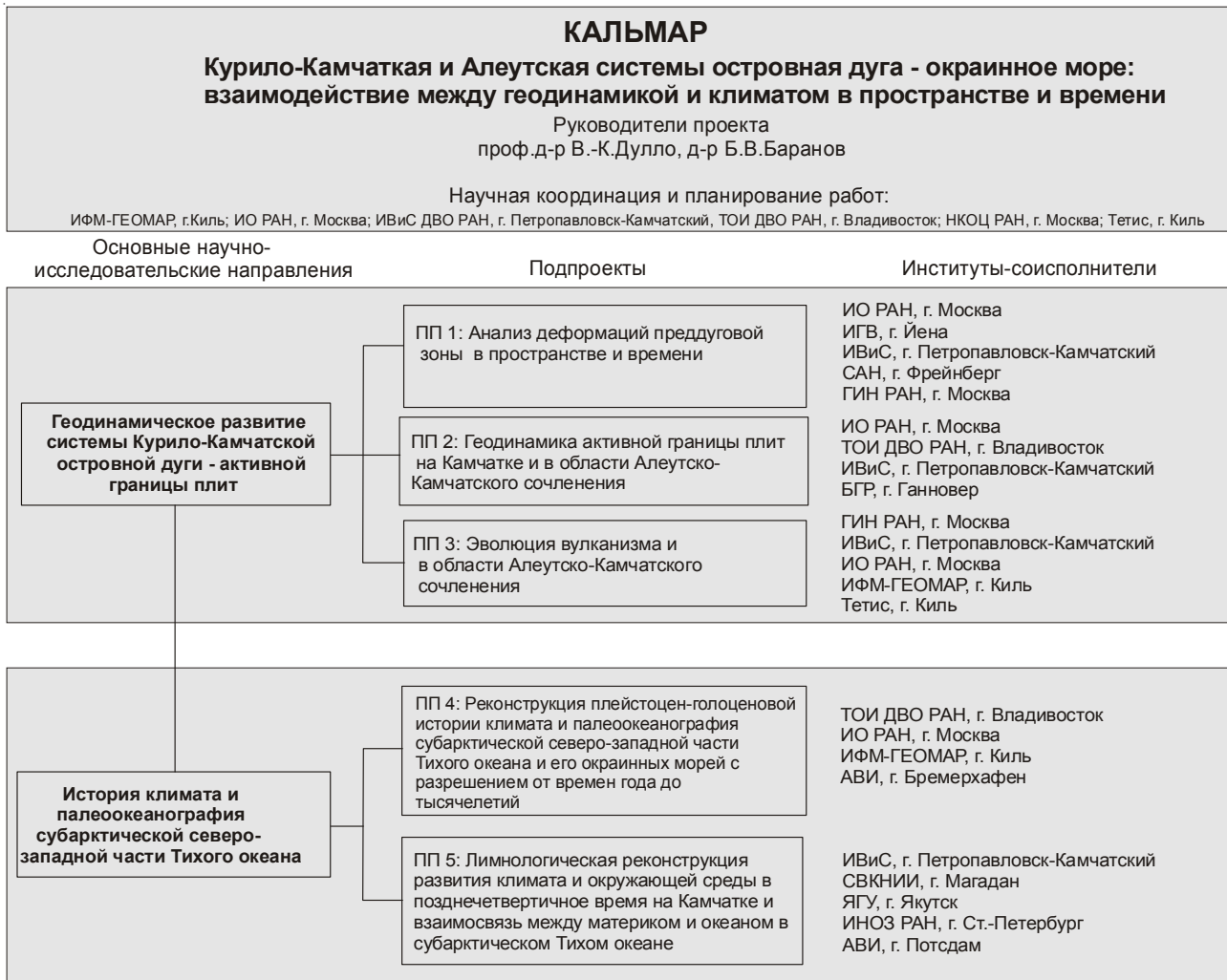
Существенное значение на нее оказывает процесс коллизии с Алеутской дугой и подвиг северного отрезка Императорского хребта под Камчатку.

На севере Курило-Камчатская дуга почти под прямым углом сочленяется с Алеутской дугой, геодинамическое развитие которой имеет большое значение для обмена водных масс между Тихим океаном и Беринговым морем и, тем самым, для климата. В частности, динамическая система «западных граничных течений» в значительной степени регулировала изменения климата в северо-западной части Тихого океана как на продолжительных, так и на очень коротких интервалах времени.

Целью проекта «КАЛЬМАР» является междисциплинарное исследование системы Курило-Камчатская – Алеутская зоны субдукции. Эти исследования будут включать в себя изучение воздействия происходящих здесь геодинамических и физико-океанографических процессов на распределение и кругооборот вещества, формирование и циркуляцию водных масс и климат, а также их связь с возможными природными катастрофами.

Проект «КАЛЬМАР» состоит из двух основных научно-исследовательских направлений, которые объединяют пять тематически связанных друг с другом подпроектов (рис. 1). Эти подпроекты нацелены на решение следующих задач: (1) геодинамика и эволюция Курило-Камчатской и Алеутской системы, как активной границы плит; (2) эволюция вулканизма и магматизма в пространстве и времени, его связь с геодинамикой и баланс вещества в процессе субдукции; (3) изменение климата и палеоокеанология субарктической северо-западной части Тихого океана, в частности реконструкция плейстоцен-голоценовой истории климата с временным разрешением от сезонов до тысячелетий; (4) взаимодействие между континентом и океаном в голоцене и плейстоцене, связь локальных изменений с глобальными процессами в окружающей среде, происходящими на значительном удалении от этого региона.

Проект рассчитан на пять лет с 2006 г. по 2011 г. В конце 2006 г. – начале 2007 г. была проведена работа по сбору имеющихся данных и выполнена подготовка к экспедиционным работам.



**Сокращения:**

АВИ	Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера
БГР	Федеральный институт геологии и минеральных ресурсов
ГИН РАН	Геологический институт Российской академии наук
ИВиС ДВО РАН	Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук
ИГВ	Институт геологических наук Университета г. Йена им. Фридриха Шиллера
ИНОЗ РАН	Институт озераведения Российской академии наук
ИО РАН	Институт океанологии им.П.П.Ширшова Российской академии наук
ИФМ-ГЕОМАР	Лейбниц-Институт морских исследований, Кильский университет
НКОЦ	Научно-координационный океанологический центр
САН	Саксонская академия наук, отделение Геохронологии четвертичного периода
СВКНИИ	Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт Дальневосточного отделения Российской академии наук
ТОИ ДВО РАН	Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук
Тетис	ООО Тетис Геоконсалтинг
ЯГУ	Якутский государственный университет

**Рис. 1.** Проект «КАЛЬМАР» состоит из двух основных научно-исследовательских направлений: (1) Геодинамическое развитие системы Курило-Камчатской островной дуги - активной границы плит» и (2) История климата и палеоокеанография субарктической северо-западной части Тихого океана. Эти направления объединяют пять подпроектов (ПП 1-5).

В марте 2007 г. координатор проекта с германской стороны д-р К. Ван ден Богаард (C. van den Bogaard) посетила Институт вулканологии и сейсмологии. Целью визита являлось обсуждение плана работ и заключение договора между Лейбниц-Институтом морских исследований (Leibniz-Institute für Meereswissenschaften an der Universität Kiel, IFM-GEOMAR) и Институтом вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (координатор с российской стороны д.г.-м.н. Н.И.Селиверстов).

В августе-сентябре 2007 г. были проведены экспедиционные работы, которые продолжатся летом 2008 г. На лето 2009 г. в плане стоит проведение морской экспедиции, перед которой состоится первое российско-германское рабочее совещание по проекту. На совещании, которое планируется провести в Институте вулканологии и сейсмологии, будет проходить обсуждение полученных результатов и вопросов, связанных с подготовкой и проведением морской экспедиции. После экспедиции и в течение 2010-2011 г.г. будет вестись обработка и интерпретация полученных данных, а также подготовка статей. На заключительной стадии проекта в Германии состоится второе рабочее совещание (осень 2011 г.).

## ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Работы по проекту «КАЛЬМАР» основаны на сочетании наземных и морских экспедиций, проводимых совместно российскими и германскими учёными.

### *Наземные экспедиции*

Две экспедиции (2007-2008 гг.) запланированы для изучения отдельных вулканов на Камчатке и вулканических пород на Командорских островах (о-ва Беринга и Медный) с целью получения представительного массива данных для реконструкции их геодинамического развития во времени и пространстве (подпроект 3).

Две другие экспедиции (2007-2008 гг.) проводятся на Восточных полуостровах Камчатки (Кроноцком и Камчатский Мыс) и на хребте Кумроч в рамках подпроектов 1 и 2. Цель этих экспедиций заключается в выполнении структурно-геологических исследований, которые совместно с исследованиями в морской экспедиции будут использованы для реконструкции коллизии Алеутской дуги с Камчаткой и поддвига под нее Императорского хребта.

Еще одна экспедиция (2007 г.) направлена на исследование отложений ряда озер, расположенных в пределах полуострова Камчатка и представляющих собой потенциальные архивы, в которых хранятся сведения об изменениях климата. Целью этой экспедиции является выяснение связей между климатическими системами океана и континента за последние 10000 лет.

### *Морская экспедиция*

В соответствии с планом работ, морская экспедиция состоится летом 2009 г. на германском научно-исследовательском судне «Зонне». Учитывая, что требования при проведении работ по подпроектам различны, экспедиция должна подразделяться на два этапа. Продолжительность каждого из них составляет примерно 40 суток. Первый этап (подпроекты 1 и 2) будет посвящен геофизическим исследованиям в северо-западной части Тихого океана, начиная от центральной части Курильской дуги до сочленения с Алеутской дугой и в Беринговом море.

В рейсе будет выполнена геофизическая съемка по системе галсов перпендикулярных и параллельных оси желоба, включающая в себя многоканальное сейсмическое профилирование (МОВ ОГТ), магнитные, гравиметрические наблюдения и картирование рельефа дна. Для проведения МОВ ОГТ будет использоваться оборудование Федерального института геологии и минеральных ресурсов (г. Ганновер). Оно состоит из 16-ти пневматических излучателей общим объемом 50,8 литров и цифровой сейсмической косы длиной 3 км с регистрацией на 240 каналов. Использование этого оборудования даст возможность выявить строение Курило-Камчатской и Алеутской зон субдукции до глубины в 14 секунд (по шкале времен).

На втором этапе (подпроекты 2, 3 и 4) будут выполнены преимущественно геологические исследования на акватории к востоку и юго-востоку от Камчатки, а также в Беринговом море. Данные районы являются ключевыми для реконструкции плейстоценовой истории климата и палеоокеанографии северо-западной субарктической части Тихого океана, а также геодинамического развития Алеутско-Камчатского сочленения. В результате этого этапа планируется получить информацию о возрасте, структуре и составе осадков и пород фундамента северо-западной части Тихого океана и Берингова моря. Эта информация вместе с геофизическими данными послужит основой для реконструкции геодинамического развития системы Курило-Камчатско-Алеутской дуги и «вклада» процесса субдукции в эту систему. Кроме того, полученные на этом этапе результаты должны дать детальные представления о палеоокеанографическом и климатическом развитии региона, что послужит выявлению причинных связей и механизмов, регулирующих климат.

На этом этапе предполагается провести батиметрическую съемку и измерение теплового потока на наиболее интересных участках дна, отобрать пробы осадков, коренных пород, планктона и морской воды. При этом особое значение будет иметь целенаправленный выбор станций гидроакустическими (и визуальными) методами с целью получения длинных осадочных колонок до 30

метров, которые охватывают последние чередования между ледниковыми и межледниковыми периодами и дают возможность получить высококоразрешающую запись в течение голоцена.

### ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАМЧАТКЕ В 2007 г.

В августе – сентябре 2007 г. в рамках проекта были проведены первые три экспедиции, посвященные структурно-геологическим, вулканологическим и палеоклиматическим исследованиям.

Структурно-геологические исследования (подпроекты 1 и 2)

Эти исследования были выполнены в восточной части хр. Кумроч, на реке Камчатке и п-ове Камчатский Мыс (рис. 2). В работах принимало участие трое российских ученых из Института океанологии (г. Москва) и Института вулканологии и сейсмологии (г. Петропавловск-Камчатский) и четверо германских ученых из Геологического института, Йенский Университет им. Фридриха Шиллера, г. Йена (Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität, Jena) и Института прикладной физики, Фрайбергская горная академия, г. Фрайберг (Institut für Angewandte Physik, Bergakademie Freiberg).

Целью работ являлась высокоразрешающая количественная оценка скорости поднятия постплейстоценовых (современных) террас, масштаба эксгумации тектонических блоков и выяснение характера неотектонических дислокаций вдоль восточного побережья Камчатки. Скорость поднятия террас зависит от их высоты и возраста, последний будет определяться с помощью люминесцентного метода.

В связи с этим в восточной части хребта Кумроч и на реке Камчатка были опробованы морские и аллювиальные террасы высотой от нескольких до 60 метров. Морские террасы были также опробованы в двух различных районах п-ова Камчатский Мыс: по южному и юго-западному берегу в районе рек Мутная, Медвежья, Оленья и Стремительная (террасы высотой 20-30 м) и восточному берегу п-ова Камчатский Мыс в районе мыса Африка (террасы высотой 10-15 м и 300 м).

В этих районах в общей сложности было отобрано 50 образцов морского или речного песка для проведения люминесцентного анализа. Кроме того, были отобраны два образца субаркозовых и полимиктовых песчаников для трекового анализа по зернам апатита и определения возраста эксгумации различных блоков земной коры в зоне коллизии Камчатской окраины и Алеутской дуги.

Эти исследования позволят выявить, существует ли различия в скоростях относительного воздымания блоков для различных участков зоны субдукции. Если такие отличия будут установлены,

то они могут быть связаны с особенностями строения погружающейся плиты или с характером взаимодействия плит друг с другом – субдукция/коллизия.

Исследования неотектонических структур были проведены в юго-западной части п-ова Камчатский Мыс. Здесь по данным дешифрирования аэро- и космоснимков было выделено несколько разломов, простирающихся в субмеридиональном направлении. Один из этих разломов был обследован во время полевых работ, и по зеркалам скольжения было установлено, что он представляет собой сброс.

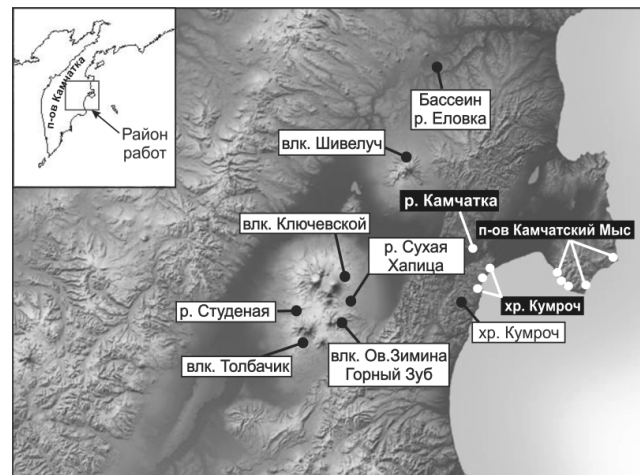
#### *Вулканологические исследования (подпроект 3)*

В работах по подпроекту 3 принимало участие шесть российских ученых из Института вулканологии и сейсмологии (г. Петропавловск-Камчатский) и Института Геохимии и Аналитической Химии им. Вернадского В. И. (г. Москва) и трое германских ученых из Лейбниц-Института морских исследований (г. Киль).

Работы проводились на ряде вулканических построек (см. рис. 2) где были отобраны образцы пород, необходимые для дальнейшего петрографического, химического, геохимического и изотопного изучения. В результате полевых работ решались следующие задачи, имеющие ключевое значение для выполнения исследований по этому подпроекту:

1. Геохимическое опробование экстружий шишшейского комплекса к северу от вулкана Шивелуч и опробование пород северного склона вулкана Шивелуч.

2. Детальное описание и опробование пирокластических отложений вулкана Ключевской в районе станции Подкова с целью реконструкции геохимической эволюции и истории развития этого вулкана. Опробование моногенных конусов на восточном подножии вулкана Ключевской.



**Рис. 2.** Местоположение и название районов работ в августе 2007 г. в рамках подпроекта 1 (обозначены кружками белого цвета) и подпроекта 3 (обозначены кружками черного цвета). На врезке показано общее положение области исследований.

3. Опробование пирокластических отложений и лавовых полей Толбачинского Дола с целью реконструкции геохимической эволюции и истории развития данного района.

4. Опробование разреза лавового плато, находящегося в основании современной Ключевской группы вулканов, а также плейстоценовых вулканических построек в восточной части Ключевской группы с целью выяснения особенностей ранних этапов магматизма Центрально-Камчатской Депрессии.

5. Опробование моногенных вулканических построек на восточном подножии хребта Кумроч. Данные вулканические образования являются наиболее восточными проявлениями четвертичного вулканизма в Восточно-Камчатском вулканическом поясе. Их изучение решает задачу реконструкции вулканизма на Камчатке с точки зрения его геохимии и изменений во времени.

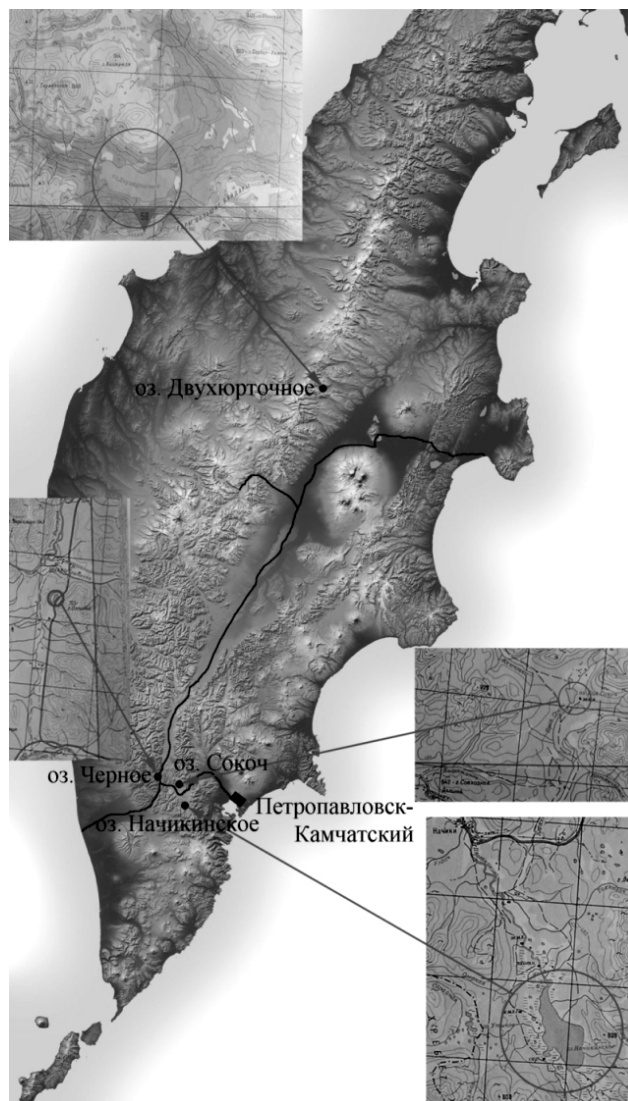
Результатом полевых работ стал сбор коллекции вулканических пород включающей более 250 образцов. Их лабораторные исследования будут проводиться совместно в Лейбниц-Институте морских исследований и Институте вулканологии и сейсмологии.

#### *Палеоклиматические исследования (подпроект 5)*

Изучение озерных отложений проводилось с целью получения данных, необходимых для реконструкции развития природной среды Камчатки на протяжении последних 10000 лет. В рамках этого подпроекта были исследованы озера (рис. 3), расположенные в различных физико-географических условиях. Исследования были выполнены в сентябре 2007 г., в них участвовало четыре российских и четыре германских представителя из Института вулканологии и сейсмологии (г. Петропавловск-Камчатский) и Института морских и полярных исследований им. Альфреда Вегенера, г. Бремерхафен (Alfred-Wegener-Institut für Polar-und Meeresforschung), соответственно.

Основным объектом исследования являлось озеро Двухюрточное, расположенное в приосевой части Срединного хребта, в северной части полуострова Камчатка (см. рис 3). Осадки этого озера были опробованы в шести точках с помощью буровой установки (рис. 4), причем на каждой точке было получено от 4-х до 9-ти кернов, максимальной длиной до 5,7 метра. Общий метраж опробованных отложений составил 23,56 метра. Кроме того, было проведено опробование водной толщи на всю глубину озера по 17-ти разрезам и изучено четыре разреза почвенно-пирокластических чехлов на его берегах.

По сокращенной программе были проведены работы на озерах Начикинское, Черное и Сокоц, расположенных в южной части полуострова. С помощью гравитационного проботборника и ручного бура в 14-ти точках были отобраны



**Рис. 3.** Местоположение и название озер, на которых проводились работы по изучению изменений климата (подпроект 5) в сентябре 2007 г.

колонки озерных отложений максимальной длиной 110 см. Общий метраж опробованных отложений составил 10,09 м. Также было проведено опробование водной толщи на 23 разрезах с отбором 92-х образцов воды. В районе этих озер были описаны 3 разреза почвенно-пирокластических чехлов для выявления и идентификации вулканических пеплов, являющихся временными маркерами для данной территории.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект «КАЛЬМАР» ориентирован на поддержку и укрепление научно-технического сотрудничества между Россией и Германией. Для обеих сторон успешная реализация проекта даст новый толчок в научных исследованиях, поскольку опыт и возможности российских и германских институтов-партнеров в области геодинамики,



**Рис. 4.** Буровая плавучая установка, использовавшаяся при отборе керна из осадков на озере Двухюрточном. Снимок О.В. Дирксена.

вулканологии и морской геологии, удачно дополняют друг друга.

Прекрасное знание региона, в том числе плито-тектонических особенностей Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг и прилегающих территорий, а также организационные возможности российской стороны хорошо сочетаются с более глобальным подходом и техническим «ноу-хау» германской стороны. В этом контексте

большое значение имеют совместные экспедиции, рабочие совещания и активный обмен учеными и студентами. Студенты также получают возможность проходить практику во время экспедиционных работ, предусмотренных в рамках проекта.

Реализация научных задач проекта «КАЛЬМАР» позволит внести существенный вклад в международные и национальные программы полярных и морских исследований. Кроме того, результаты, полученные по проекту «КАЛЬМАР», внесут важный вклад в долгосрочное прогнозирование природных явлений, происходящих на Земле.

Работы по проекту «КАЛЬМАР» финансируются Федеральным министерством образования и научных исследований Федеративной республики Германия и Федеральным Агентством по науке и инновациям Российской Федерации, госконтракт №02.515.11.5075.

В.-К. Дулло, К. Ван ден Богаарт,  
*Лейбниц-Институт морских исследований,  
Кильский Университет,*  
Б.В. Баранов, *Институт океанологии  
им. П.П. Ширшова РАН,*  
Н.И. Селиверстов, *Институт вулканологии  
и сейсмологии ДВО РАН.*

## RUSSIAN-GERMAN PROJECT “KALMAR”: COMPLEX INVESTIGATIONS OF KURILE-KAMCHATKA AND ALEUTIAN SUBDUCTION ZONES

The description of targets, tasks, structure and working schedule of Russian-German Project “KALMAR” (Kurile-Kamchatka and Aleutian system MARGinal sea - island arc: interaction between geodynamics and climate in space and time) is presented in this information report. The Project aim is an interdisciplinary investigation of Kurile-Kamchatka and Aleutian subduction zones. These investigations will include the study of geodynamic and physical-oceanographic processes influence on matter distribution and circulation, formation and circulation of water masses and climate change, as well as on their connection with possible natural hazards.

Project “KALMAR” consists of two main topics devoted to investigation of (1) geodynamic development of Kurile-Kamchatka-Aleutian active plate boundary and (2) study of North-Western Pacific climate history. These topics include five thematically closely connected subprojects.

The Project is based on expedition works both on Kamchatka and in North-Western Pacific; its duration consists five years from 2006 to 2011. The first three expeditions were performed in August-September, 2007 in frames of structural, volcanological and paleoenvironmental subprojects. The working areas embraced volcanic edifices within Central Kamchatka Depression, Kamchatskiy Mys Peninsula, Kumroch Range and a number of lakes in the north and south of Kamchatka.

W.-Ch. Dullo, K. van den Bogaart, *Leibnitz-Institute of Marine Sciences at the University Kiel,*  
B.V. Baranov, *P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS*  
N.I. Seliverstov, *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*