

УДК 550.34+550.344.42+551.432.7(571.645)

Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева-2009» (Курильские острова)

Приводятся первые данные по результатам комплексного изучения последствий эксплозивного извержения влк. Пик Сарычева и сопутствующих ему явлений. На основании данных, полученных с помощью дистанционных методов зондирования и наземных работ, проведена предварительная оценка масштабов извержения и его воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: вулканология, тэфрохронология, современные движения земной коры, экология, дистанционные методы зондирования.

Complex expedition «Sarychev volcano-2009» (Kurile Islands).

The first data on the results of complex study of aftereffects of Sarychev volcano explosive eruption and accompanying phenomena are given. The preliminary estimation of the eruption volume and its influence on environment was conducted on the base of data obtained with the help of distance methods of sounding and in-situ works.

Key words: volcanology, tephrochronology, modern movements of the Earth crust, ecology, distance methods of sounding.

11 июня 2009 г. на Курильских островах началось одно из самых крупных за исторический период извержение влк. Пик Сарычева (о-в Матуа, Центральные Курильские острова) (рис. 1, см. 2-ю сторонку обложки).

С этого времени зафиксировано более 10 вулканических взрывов. Пепловые облака поднимались на высоту 8–16 км, по некоторым оценкам – до 21 км. Шлейф вулканического пепла протянулся на север и северо-запад на 1,5 тыс. км, на восток и северо-восток более чем на 3 тыс. км. В настоящее время вулкан находится в стадии интенсивной фумарольной деятельности, парогазовые облака поднимаются на высоту 1–3 км.

Оперативное наблюдение за вулканом осуществлялось сотрудниками Института морской геологии и геофизики ДВО РАН с помощью дистанционных методов (спутники TERRA, NOAA и MTSAT). Зафиксированы все основные стадии извержения. Полученные данные показали, что это уникальное явление мирового масштаба, которое требовало срочного проведения детальных наземных исследований, что и послужило поводом для организации экстренной экспедиции. Кроме того, до и после извержения непрерывно собирались данные о современных геодинамических процессах на Центральных Курильских островах.

Основные задачи экспедиции: изучение последствий извержения влк. Пик Сарычева; выяснение геологической истории развития о-ва Матуа (хронология вулканических извержений, петролого-геохимическая характеристика основных этапов вулканической деятельности, оценка объемов извержений); выполнение GPS-измерений на о-ве Матуа для получения дополнительных данных о механизме извержения; снятие и постановка регистраторов волнения на мысах Ловцова (о-в Кунашир), Ван-дер-Линда и Кастрикум

Исследования проводились при поддержке грантов РФФИ: 09-05-10051к; 07-05-00363а, 09-05-10006, 08-05-00197-а; РФФИ–ДВО РАН: № 09-05-98523-р_восток_а, 08-05-99098-р-офи; ДВО РАН: 09-П-СУ-07-001, 09-П-П17-11, 09-П-А-08-417, 09-П-В-08-477, 09-П-В-08-478, 09-П-А-08-440, 09-П-А-08-438, 09-П-В-08-479.

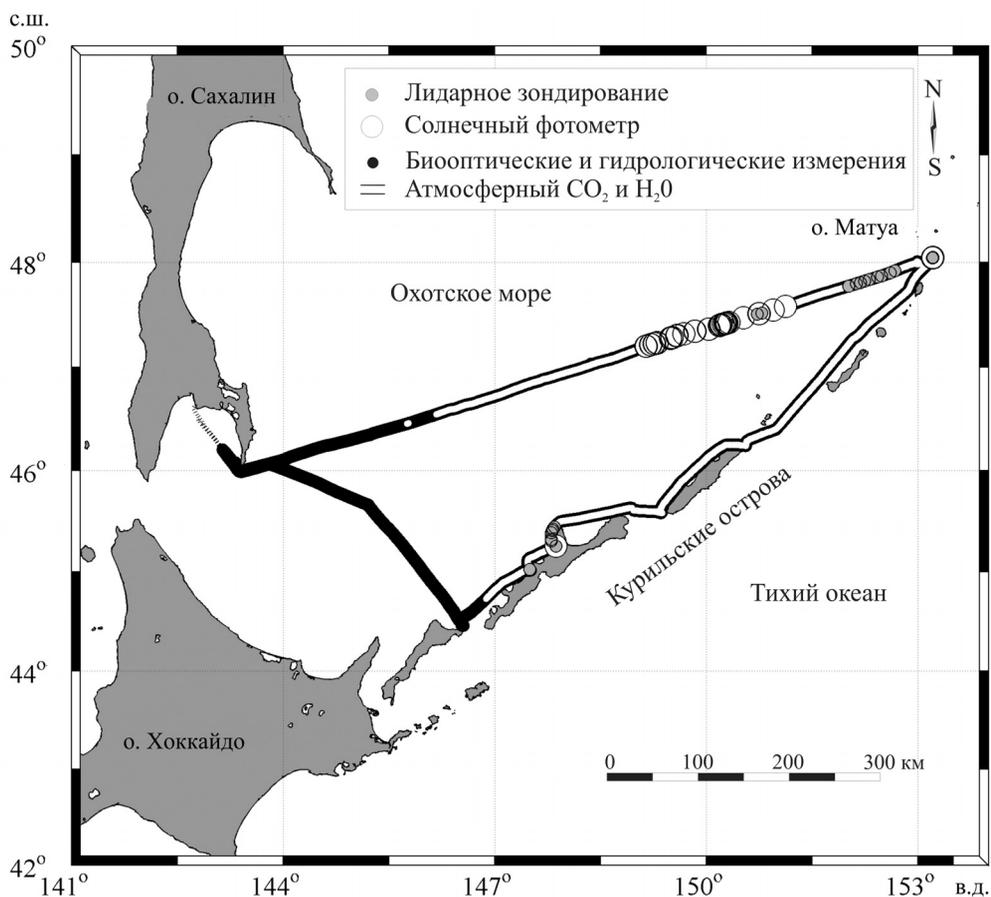


Рис. 2. Схема района работ экспедиции «Вулкан Сарычева-2009»

(о-в Уруп), в бухте Курильская (о-в Итуруп); проведение оптического зондирования атмосферы, флюорометрического и гидрологического мониторинга морской воды (рис. 2).

Для работы было арендовано судно ПТР «СЕНИТЕ». Использовались также маломерные суда ИМГиГ ДВО РАН: пластиковая мотолодка «Ямаха», надувные резиновые лодки «Командо С-5» и «Лидер-360», которые полностью обеспечили безопасные высадки и работы в прибрежной зоне. Экспедиция проводилась в сжатые сроки: с 23 июня по 3 июля 2009 г.

Из сотрудников институтов ДВО РАН (ИМГиГ, ТИГ, ИАПУ, ТОИ им. В.И.Ильичева) были сформированы полевые отряды: вулканологический, геодезический, гидрофизический и оптического зондирования. Работы проходили в два этапа: 1) изучение последствий извержения влк. Пик Сарычева и современных движений и деформаций земной поверхности на основе постоянно действующей GPS-станции на о-ве Матуа; 2) постановка и снятие донных гидрофизических станций у островов Уруп, Итуруп, Кунашир.

О-в Матуа расположен в центральной части Курильских островов, административно принадлежит Северо-Курильскому району Сахалинской области. Длина острова около 12 км, ширина 6,4 км. Большую его часть занимает современная постройка влк. Пик Сарычева (высота 1446 м). Юго-восточная часть острова представлена плоской равниной со средними высотными отметками 30–40 м. Южная и восточная части покрыты кустарниковой растительностью и разнотравьем. Восточнее о-ва Матуа расположен плоский о-в Топорковый размером 1 × 1,4 км.

В геологическом строении этой территории выделяются плиоценовые вулканиты среднего-основного состава (о-в Топорковый и юго-восточная часть о-ва Матуа). По всей видимости, эти образования являются частью древнего щитового вулкана. В юго-восточной части острова сохраняются фрагменты соммы древней кальдеры влк. Матуа [1, 3–5].

Современный влк. Пик Сарычева расположен в северо-западной части острова. На юго-западе конус примыкает к остаткам кальдеры, формирующей юго-восточную половину острова. Это типичный для Курильских островов внутрикальдерный стратовулкан, образованный чередующимися потоками лав и пироклаستيку. Состав пород, слагающих вулканическую постройку, – преимущественно андезитобазальты и андезиты [1, 3, 4, 6].

После извержения 1946 г. кратер имел диаметр около 250 м и глубину 250 м [2, 4]. Внутренние стены отвесные, в некоторых местах даже нависающие. Дно кратера было заполнено затвердевшей лавой. Древние лавовые потоки центрального конуса стекали по юго-восточному склону соммы. Современные потоки центрального конуса сохранились только возле кратера в виде небольших языков. Лавовые потоки состоят из двупироксеновых базальтов и андезитобазальтов.

После извержения в 1960 г. из-за сильного тумана описать кратер не удалось. Очевидцы сообщали, что, возможно, обрушились северные стенки кратера [7].

Во время извержения 1976 г. происходили сильные газопепловые выбросы, через пониженные участки кромки кратера стекали лавовые потоки по юго-западному, западному и северо-западному склонам вулкана. После извержения кратер вулкана представлял плоскодонный колодец глубиной 50–70 м и диаметром около 200 м [1].

До извержения в июне 2009 г. вулкан находился в состоянии покоя, для него была характерна активная фумарольная деятельность. 4 августа 2007 г. вулкан посетил С.А.Чирков из Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. В августе 2008 г. на вулкан поднимались сотрудники ИМГиГ ДВО РАН Р.В.Жарков, Д.Н.Козлов и А.В.Дегтерев, но сильная стационарная фумарольная деятельность в кратере не позволила обследовать его. Температура на кромке кратера не превышала 100°C. Признаков активизации вулкана не отмечено.

6 июня 2009 г. на острове работала группа специалистов ИМГиГ ДВО РАН по обслуживанию автономной станции GPS-наблюдений. Специальных вулканологических исследований они не проводили, но по фотографиям четко видно увеличение газовой эмиссии вулкана.

В ночь с 11 на 12 июня вблизи острова проходило научно-исследовательское судно «Георг Стеллер». По устному сообщению начальника экспедиции В.Бурканова, каких-либо признаков активизации вулкана не отмечалось.

Группой SVERT (Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения) ИМГиГ ДВО РАН в течение 5 лет с помощью дистанционных методов проводится ежедневный мониторинг вулканической активности на Курильских островах. Зонай ответственности является территория от о-ва Кунашир до о-ва Онекотан. На северных островах (Парамушир и Алаид) наблюдения проводит группа KVERT (Камчатская группа реагирования на вулканические извержения). Первые признаки подготовки извержения были зафиксированы с помощью дистанционных методов зондирования. 11 июня достаточно четко выделялась термальная аномалия и слабые пепловые выбросы. С 16 июня 2009 г. извержение стало менее интенсивным, хотя отмечались слабые взрывы с выбросом небольшого количества пироклаستيку.

Выпадение пепла в период извержения (по материалам экспедиции и свидетельствам очевидцев) отмечалось на островах Райкоке, Расшуа, Ушишир, Кетой, Симушир, в северной части Урупа и на всей территории Сахалина. Данные по другим территориям уточняются.

Во время полевых работ с 26 по 28 июня 2009 г. на вулкане наблюдалась интенсивная газовая деятельность, которая продолжалась на момент написания статьи (28 июля 2009 г.).

Проведено картирование выходов пирокластических потоков на побережье с использованием портативных GPS-навигаторов. На основе собранной информации составлена общая схема работ экспедиции в районе о-ва Матуа и карта-схема распределения пирокластических потоков. Большинство из них достигли уровня моря и имеют продолжение в подводной части острова. С помощью эхолота Lowrance LMS 527сDF iGPS удалось определить подводную часть пирокластических потоков и обнаружить на них дисперсные выходы газов, которые выделяются из еще не остывших отложений пирокластики.

Сравнительный анализ космических снимков спетрорадиометра ASTER (спутник TERRA) показывает, что площадь новообразованной территории составляет более 1 км² (рис. 3, см. 2-ю сторону обложки). Площадь наземных пирокластических потоков около 8 км². По предварительной оценке, минимальный объем изверженных пород 0,4 км³. По международной классификации VEI это извержение относится к 4-му классу [8].

Изучение разрезов трех пирокластических потоков показывает, что извержение было взрывным. Продукты извержения представлены средне-грубообломочной пирокластикой, вулканическими бомбами, шлаками и вулканическим пеплом. По полевым определениям, изверженные породы можно отнести к андезибазальтам. На пирокластических потоках проявляется интенсивная фумарольная деятельность, связанная с тепловой энергетикой пирокластики. Максимальная температура отдельных выходов – до 500°C. Бескорневые фумаролы часто приурочены к крупным вулканическим бомбам, баллистическим обломкам и зонам трещиноватости. В устьевых частях фумарол присутствуют новообразования эксгалационных минералов.

По нарушенности ландшафтов после извержения территорию о-ва Матуа можно разделить на две зоны, граница между которыми проходит практически по прямой линии и хорошо видна визуально и на космических снимках. Зона, где растительность была практически полностью уничтожена, ограничена современной постройкой влк. Пик Сарычева.

В северной части острова растительность погребена под покровом пепла и горячей пирокластики. С юга «мертвая зона» ограничена линией, проходящей по борту глубокого ущелья, врезанного в южные склоны вулкана. По нему во время извержения, вызвавшего быстрое таяние многочисленных снежников на склонах, сошел мощный селевый поток, насыщенный грубообломочным материалом, который полностью уничтожил густые заросли ольховника и травяной покров на дне и бортах ущелья.

В южной части острова больше всего пострадали от пеплопадов невысокие растения: рододендрон, шикша, брусника, кассиопа, филлодоце и др. Некоторые из них, особенно при приближении к северной «мертвой зоне», почти полностью покрыты слоем пепла, хотя продолжают цвести. Проективное покрытие на участках, где мощность пеплового слоя достигает 10 см и более, составляет лишь 10–15%. Из высокорослых кустарников в южной части острова наименее пострадал ольховник, который в отличие от рябины бузинолистной на тех же участках практически не имеет следов негативного воздействия. Листья рябины окружены желтой каймой, имеют пятна, хотя вряд ли такие изменения могут сильно повлиять на вегетацию кустарника.

Ольховник, растущий между сопкой Круглая и склонами вулкана, в зоне выпадения грубообломочного пепла и шлака, имеет на листьях следы усыхания (желтая кайма) и пятна. На некоторых листьях сохранился тонкий слой пепла алевритовой размерности. Высокотравье, распространенное в юго-восточной части острова, от пеплопадов не пострадало.

Во время экспедиции удалось сделать некоторые наблюдения о состоянии животного мира острова. В северной его части на сохранившихся участках старых лавовых потоков, как правило на мысах, сохранились птичьи базары. Трудно оценить, сколько птиц погибло. Довольно много чаек сидит на теплых поверхностях дымящихся пирокластических потоков. Были обнаружены раненные и мертвые чайки на поверхностях пирокластических потоков, сгоревшие после извержения. Около северо-западной части о-ва Матуа есть

участки, где над морем постоянно летают большие стаи топорков. Возможно, их гнездовья были уничтожены во время извержения.

Морские млекопитающие, вероятно, менее всего пострадали во время извержения. Сохранилось лежбище около мыса Пологий. Здесь 28 июня 2009 г. насчитывалось 20 сивучей (один помечен номером 331) и 10 котиков. Около западного берега о-ва Матуа на одном из мысов есть небольшое лежбище сивучей. Участники экспедиции наблюдали в море две группы сивучей из 2 и 5 особей.

Из наземных животных в северной части острова вряд ли кто-то мог уцелеть. В южной части обнаружены три мертвые лисицы и несколько мышей. Скорее всего, они задохнулись при сильных выбросах пироклаستيку. Свежие следы лисиц и грызунов встречались как у подножия, так и на пирокластических потоках южного склона вулкана.

Для изучения современных движений и деформаций земной поверхности в южной части о-ва Матуа в 2007 г. оборудована автономная станция непрерывных GPS-наблюдений. В ее окрестностях дополнительно заложены два контрольных пункта периодических наблюдений, удаленных от базовой станции на расстояние 500 и 1200 м.

При обследовании последствий извержения влк. Пик Сарычева установлено, что автономная GPS-станция не пострадала. Выброшенный пирокластический материал, мощность которого в районе станции составила 1–2 см, не привел к механическим повреждениям аппаратуры.

Получены данные непрерывных GPS-наблюдений, предшествовавших извержению, а также в период активной фазы извержения по 28 июня 2009 г. (рис. 4). На контрольных пунктах выполнены повторные наблюдения продолжительностью 24 ч. По предварительной оценке, все данные пригодны для дальнейшей обработки. Будут получены сведения о деформациях и смещениях земной поверхности, вызванных активизацией влк. Пик Сарычева.

В начале июля 2008 г. сотрудниками ИМГиГ ДВО РАН впервые были установлены автономные цифровые регистраторы гидростатического давления и температуры в районе мысов Кастрикум и Ван-дер-Линда (о-в Уруп), Ловцова (о-в Кунашир), в порт-пункте Китовый (о-в Итуруп). Впервые на Южных Курильских островах удалось организовать синхронные непрерывные измерения на группе разнесенных станций. Установленные приборы работали до середины октября 2008 г., во время экспедиции они заменены на новые для продолжения регистрации. Основной целью дальнейших исследований является непрерывное круглогодичное наблюдение за волновым и температурным режимом на островах Уруп, Итуруп и Кунашир. Первичная обработка данных с приборов и их интерпретация – длительный и трудоемкий процесс, но уже сейчас можно говорить о высоком качестве записи с мыса Ван-дер-Линда. Были зафиксированы два слабых цунами от удаленного (Индонезия) и близкого (о-в Симушир) событий, произошедших 4 и 16 января 2009 г.

Получено 38 профилей высотного зондирования обратного рассеяния лазерного излучения в атмосфере, из них 9 профилей ночного зондирования при безоблачной атмосфере,

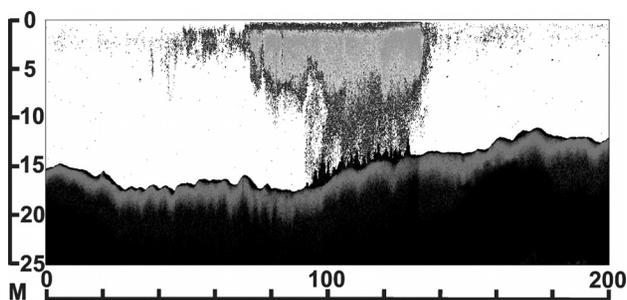


Рис. 4. Эхолотный профиль, полученный у юго-западного склона влк. Пик Сарычева

также проведено 80 серий измерений спектров яркости солнечного излучения, достигшего морской поверхности (рис. 5, см. 3-ю сторону обложки). Каждая из серий насчитывала 100 спектров, среди которых выбирался максимальный по суммарной интенсивности. Проведен эксперимент по подспутниковым калибровочным измерениям спектров яркости

восходящего излучения моря. Получена серия измерений яркости восходящего излучения моря и соответствующей яркости неба под сопряженным углом (всего 200 спектров). Обнаружены слои вулканического аэрозоля на высотах в диапазоне 1,8–4 км и в области тропопаузы в диапазоне 8–10 км на расстоянии более 100 км от влк. Пик Сарычева в Охотском море и на расстоянии более 500 км около о-ва Итуруп.

Получены биооптические и гидрологические характеристики верхнего слоя моря, включая данные о специфических пространственных структурах и временных масштабах вариаций в приповерхностном слое моря по всему маршруту экспедиции, которые совместно с данными лидарного зондирования атмосферы и спектрофотометрического зондирования солнечного излучения, излучения неба и восходящего из морской воды излучения будут использованы при разработке спутниковых алгоритмов восстановления концентрации хлорофилла *a* в морской воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В.Н., Шанцер А.Е., Хренов А.П. и др. Извержение вулкана Пик Сарычева в 1976 г. // Бюл. вулканол. станций. 1978. № 55. С. 35-40.
2. Главадский С.Н., Ефремов Г.К. Извержение вулкана Пик Сарычева в ноябре 1946 года // Бюл. вулканол. станций. 1948. № 15. С. 8-12.
3. Горшков Г.С. Вулкан Пик Сарычева // Бюл. вулканол. станций. 1948. № 15. С. 3-7.
4. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 287 с.
5. Мархинин Е.К. Вулкан Сарычева // Бюл. вулканол. станций. 1964. № 35. С. 44-58.
6. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 239 с.
7. Шилов В.Н. Извержение вулкана Пик Сарычева в 1960 году // Тр. СахКНИИ. 1962. Вып. 12. С. 143-149.
8. Simkin T., Siebert L. Volcanoes of the World: a regional directory, gazetteer and chronology of volcanism during the last 10,000 years. 2nd ed. Tucson (Arizona): Geosci. Press, 1994. 349 p.

*ЛЕВИН Борис Вульфович, член-корреспондент РАН, директор,
РЫБИН Александр Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск);*

РАЗЖИГАЕВА Надежда Глебовна, доктор географических наук, заведующий лабораторией (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток);

ВАСИЛЕНКО Николай Федорович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск);

ФРОЛОВ Дмитрий Игоревич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник (Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург);

МАЙОР Александр Юрьевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник (Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток);

САЛЮК Павел Анатольевич, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева ДВО РАН, Владивосток);

ЖАРКОВ Рафаэль Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник,

ПРЫТКОВ Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,

КОЗЛОВ Дмитрий Николаевич, младший научный сотрудник,

ЧЕРНОВ Антон Геннадьевич, младший научный сотрудник,

ЧИБИСОВА Марина Владимировна, младший научный сотрудник,

ГУРЬЯНОВ Вячеслав Борисович, ведущий инженер,

*КОРОТЕЕВ Игорь Геннадьевич, ведущий инженер,
ДЕГТЕРЕВ Артем Владимирович, техник (Институт морской геологии и геофизики
ДВО РАН, Южно-Сахалинск).
E-mail: rafael_zharkov@mail.ru*

B.W.LEVIN, A.V.RYBIN (Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk);

N.G.RAZZHIGAEVA (Pacific Institute of Geography, FEB RAS, Vladivostok);

D.I.FROLOV (Ioffe Physics-Technical Institute RAS, Saint-Petersburg);

P.A.SALYUK (V.I.Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok);

A.Yu.MAYOR (Institute for Automation and Control Processes, FEB RAS, Vladivostok);

*N.F.VASILENKO, R.V.ZHARKOV, A.S.PRYTKOV, D.N.KOZLOV, A.G.CHERNOV,
M.V.CHIBISOBA, V.B.GUR'YANOV, I.G.KOROTEEV, A.V.DEGTEREV (Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk).*

Новые книги

Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин / ред. Б.В.Левин, И.Н.Тихонов.

The 2 August, 2007 Nevelsk earthquake and tsunami, Sakhalin Island / eds B.W.Levin, I.N.Tikhonov.

М.: Янус-К, 2009. – 204 с. – ISBN 978-5-8037-0444-7.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

693022, Южно-Сахалинск, ул.Науки, 16

E-mail: nauka@imgg.ru

Рассмотрены сейсмотектоника южной части о. Сахалин и общая характеристика сейсмичности этой территории. Описан долгосрочный прогноз сильного землетрясения на юго-западе о-ва Сахалин и его успешная реализация в результате Горнозаводского 2006 года и Невельского 2007 года землетрясений. Выполнен большой объем работ по макросейсмическому обследованию последствий этих землетрясений и цунами 2 августа 2007 г., а также оценке параметров афтершоковых последовательностей и динамике их развития в пространстве и времени. Монография содержит фотоальбом, иллюстрирующий различные проявления Горнозаводского и Невельского землетрясений, а также цунами.

Seismotectonics of the southern part of Sakhalin Island and a general seismicity description of this territory are considered. Long-term prediction of a strong earthquake and its successful realization as a consequence of the Gornozavodsk and Nevelsk earthquakes are described. The large volume of work for a macroseismic inspection of consequences of these events is performed. The estimation of parameters of aftershock sequences and their development in space and time are made. The monograph contains photograph album of various manifestations of the Gornozavodsk and Nevelsk earthquakes.