

*На правах рукописи*



УДК 551.21

**ДЕГТЕРЕВ Артем Владимирович**

**ИСТОРИЯ ЭРУПТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА В ГОЛОЦЕНЕ  
(о. МАТУА, ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)**

Специальность: 25.00.04 – Петрология, вулканология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Владивосток  
2013

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук

**Научный руководитель:** кандидат геолого-минералогических наук,  
**Рыбин Александр Викторович**  
(ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск)

**Официальные оппоненты:** кандидат геолого-минералогических наук,  
**Попов Владимир Константинович**  
(ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток)

доктор геолого-минералогических наук,  
**Деркачев Александр Никитович**  
(ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток)

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН  
(г. Петропавловск-Камчатский)

Защита состоится «6» февраля 2013 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 005.006.01 при Дальневосточном геологическом институте ДВО РАН по адресу: 690022 г. Владивосток, пр-т 100 лет Владивостоку, 159, Дальневосточный геологический институт.

Отзыв в двух экземплярах, заверенный печатью организации, просим направлять по адресу: 690022 г. Владивосток, пр-т 100 лет Владивостоку, 159, Дальневосточный геологический институт, учёному секретарю диссертационного совета Д 005.006.01

Тел.: +7(423)231-87-50, Факс: +7(423)231-78-47,

E-mail: [sbi@yandex.ru](mailto:sbi@yandex.ru), [office@fegi.ru](mailto:office@fegi.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке ДВО РАН.

Автореферат разослан «\_\_» декабря 2012 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,

кандидат геолого-минералогических наук



Б.И. Семеняк

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** История эруптивной деятельности вулканов Курильской островной дуги изучена к настоящему времени крайне слабо. Исследованиями затронута лишь ее южное (о-ва Кунашир, Итуруп) и северное (о-ва Парамушир, Онекотан) звенья (Брайцева и др., 1994; Мелекесцев и др., 1997; Разжигаева, Ганзей, 2006). Из 36 действующих вулканов (Атлас Курильских... , 2009; Rybin et al., 2004) детально изучены только два (Эбеко, Пик Немо), для еще трех (Тятя, Менделеева, Головнина) установлены лишь наиболее общие этапы развития. Существенным пробелом остаются вулканы, расположенные на Центральных Курильских островах.

Исследования, направленные на реконструкцию эруптивной истории действующих вулканов, способствуют решению ключевых проблем геологии, связанных с изучением эволюции вулcano-магматических систем. Кроме того, детальные данные по истории эруптивной деятельности вулкана составляют основу для долгосрочного прогноза его будущих извержений и организации мониторинга текущей активности.

В настоящее время на территории Центральных Курил постоянное население не проживает, однако, в непосредственной близости от островов проходит большее количество международных авиатрасс, связывающих страны Азии с Северной Америкой (Neal et al., 1997, 2009; Rybin et al., 2004). Вулканический пепел, способный распространяться на сотни и тысячи километров от вулкана даже при извержениях умеренной силы, представляет серьезную опасность для самолетов гражданской авиации, т.к. способен вывести из строя их двигатели, навигационные системы и прочее бортовое оборудование (Miller, Chouet, 1994; Neal et al., 1997). Кроме того, острова периодически посещаются туристическими и научными группами. Для мониторинга текущей вулканической активности важно знать, активизация каких вулканов наиболее вероятна, а также какими будут тип и параметры их извержений. Решение этой задачи подразумевает детальное изучение эруптивной истории вулканов и установление современной стадии их активности.

**Цель и задачи.** *Целью* настоящей работы является реконструкция истории эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева (о. Матуа, Центральные Курильские острова) в голоцене.

Для достижения поставленной цели были решены следующие *задачи*: (1) детальное изучение геологического строения района исследования, морфологии вулканической постройки и почвенно-пирокластического чехла; (2) идентификация горизонтов маркирующих прослоев тефры; (3) датирование пирокластических отложений; (4) изучение вещественного состава продуктов голоценовой активности вулкана, их типизация и рассмотрение характера эволюции; (5) оценка опасности от будущих извержений вулкана на основании результатов геологических, исторических данных и моделирования.

**Научная новизна работы.** *Впервые* на территории Центральных Курильских островов: (1) проведен комплекс геолого-вулканологических, тефрохронологических и геохимических исследований, направленных на реконструкцию истории эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева, наиболее активного

вулкана Курильской дуги; (2) получены прецизионные аналитические данные с высоким временным разрешением, характеризующие эволюцию магматического очага вулкана в голоцене; (3) идентифицированы и изучены горизонты транзитных пеплов, которые могут использоваться в районе Центральных Курил в качестве маркирующих; (4) пересмотрены и существенно уточнены данные по исторической активности вулкана; (5) детально изучены последствия последнего крупного эксплозивно-эффузивного извержения вулкана в июне 2009 г.; (6) дана оценка вулканической опасности и обоснован долгосрочный прогноз активности вулкана.

**Практическая значимость.** Полученные данные могут быть использованы для районирования территории о. Матуа по зонам вулканической опасности и более эффективной организации текущего мониторинга активности влк. Пик Сарычева. Детальные геохимические и геохронологические характеристики горизонтов тефры позволяют применять их для корреляции разрезов, датирования отложений, форм рельефа и различных геологических событий (вулканических извержений, цунами, тектонических подвижек и пр.). Данные по голоценовой, в т.ч. и исторической, активности влк. Пик Сарычева пополняют международные каталоги и базы данных по вулканическим извержениям.

**Фактический материал и личный вклад автора.** Автор принимал непосредственное участие во всех этапах исследований: от полевых работ и камерального изучения полученных материалов, до их интерпретации и формулировки окончательных выводов.

В основу работы положены оригинальные материалы, полученные в ходе экспедиционных работ на о. Матуа в 2008, 2009 и 2010 гг., в которых автор занимался изучением разрезов почвенно-пирокластического чехла, геологического строения вулканических построек и отбором образцов. В 2008 г. полевые работы на о. Матуа проводились в рамках заключительного этапа «Курильского Биоконплексного проекта: человеческая уязвимость и способность к восстановлению при субарктических изменениях» (<http://depts.washington.edu/ikip/index.shtml>). В 2009 и 2010 гг. экспедиционные исследования были организованы ИМГиГ, при участии ТИГ и ИВиС (Левин и др., 2009, 2010). Кроме того, в 2011 г. проводились полевые работы на о. Симушир, одной из задач которых был поиск пеплов, связанных с сильными эксплозивными извержениями влк. Пик Сарычева в голоцене.

Фактический материал включает более двадцати детально описанных разрезов (зачисток и шурфов) почвенно-пирокластического чехла о. Матуа, сформированного в обрамлении влк. Пик Сарычева. Описание разрезов сопровождалось послойным отбором образцов пирокластики – для изучения вещественного состава и образцов органического материала (погребенных почв, гумусированных супесей, торфа) – для определения абсолютного возраста. В результате была собрана обширная коллекция образцов пирокластики (~300) и органического субстрата (~40). Для наиболее представительного и полного разреза проведено послойное изучение вещественного состава; выборочно проанализирован состав еще нескольких горизонтов тефры из соседних разрезов. Всего выполнено более 70 валовых химических анализов, включаю-

ших определение содержания петрогенных окислов и микроэлементов; более 20 микронзондовых анализов отдельных компонентов (Аналитический центр ДВГИ); получено более 30 радиоуглеродных дат (Отдел эволюционной географии и геоэкологии СПбГУ). Геологическое строение о. Матуа и влк. Пик Сарычева изучалось путем детального дешифрирования материалов аэрофото- и космосъемки и их сопоставления с материалами полевых исследований. Для изучения особенностей активности влк. Пик Сарычева в историческое время были проанализированы редкие и малоизвестные литературные источники, позволяющие составить более целостное и объективное представление о характере его деятельности.

Кроме того, выполняя исследования, автор применил опыт, полученный в международных полевых вулканологических школах на Камчатке (влк. Безымянный, 2010; влк. Плоский Толбачик, 2011) и Гавайских островах, где проходил стажировку в международном Центре по изучению активных вулканов (Хило, США, 2012).

В целом автор стремился придерживаться максимальной комплексности исследований, используя для решения поставленных задач и достижения конечной цели различные методы и данные (геологические, геохимические, исторические, моделирование и пр.).

#### **Защищаемые положения:**

*1. История эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева (о. Матуа, Центральные Курильские острова) в голоцене включает 3 основных цикла: 1) кальдерообразующий МС – 11500 л.н.; 2) посткальдерный «андезитовый» Sar-I – 11500-400 л.н., с выделением ряда этапов, характеризующихся проявлением наиболее интенсивной активности: (1) Sar-I-1 – 9500-7000 л.н.; (2) Sar-I-2 – 4700-4100 л.н.; (3) Sar-I-3 – 3150-1750 л.н.; 3) посткальдерный «андезибазальтовый» Sar-II – 400 л.н.-настоящее время.*

*2. Общий характер эволюции продуктов голоценовой активности влк. Пик Сарычева имеет слабовыраженную антидромную направленность, проявляющаяся на общем фоне сокращения разнообразия составов пород во времени от андезитов и дацитов, преобладающих в раннем и среднем голоцене, до исключительно андезибазальтов - в позднем голоцене.*

*3. Транзитные пеплы о. Матуа, связанные с крупными позднеголоценовыми эксплозивными извержениями вулканов Курильской дуги, являются маркирующими, что позволяет использовать их для расчленения верхнеголоценовых отложений, корреляции разрезов, датирования форм рельефа и различных геологических событий.*

*4. Оценка вулканоопасности определяется активностью постройки молодого посткальдерного стратовулкана Пик Сарычева, характеризующегося частыми извержениями эксплозивного и эксплозивно-эффузивного типа. Пепловые облака, нагруженные тонкодисперсным пирокластическим материалом, являются главным источником опасности при его будущих извержениях.*

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Объем работы составляет 161 страница, включая 69 рисунков. Список литературы содержит 274 наименования. Работу сопровождают два приложения, содержащие таблицы с описанием разрезов и результатами химических анализов. Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована ее цель и основные задачи, показана научная новизна и практическая значимость исследований. В 1 главе приведены данные о геологическом строении и развитии Курильской островной дуги, рассмотрены действующие вулканы и история их изучения. Во 2 главе описан фактический материал и методы исследований, использованные для решения поставленных задач. В 3 главе охарактеризованы особенности геологического строения и тейфростратиграфии о. Матуа. В 4 главе представлены данные по истории эруптивной деятельности и вещественному составу продуктов влк. Пик Сарычева. В 5 главе приведены и проанализированы результаты изучения крупного эксплозивно-эффузивного извержения вулкана в июне 2009 г., рассмотрена его хронология, представлены результаты исследований фациального и вещественного состава продуктов, дана оценка воздействия на природную среду. В 6 главе обобщены полученные результаты: резюмируется история геологического развития вулкана, сопоставляются этапы усиления его активности с известными пароксизмами эксплозивного вулканизма в Курило-Камчатском регионе, дается оценка вулканопасности. В заключении сформулированы основные выводы.

**Апробация работы.** Материалы диссертации представлялись на Всероссийских и Международных конференциях: «Сахалинская молодежная научная школа «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз» (Южно-Сахалинск, 2008, 2009, 2010), VII Межвузовская научно-практическая конференция «Сахалинская молодежь и наука» (Южно-Сахалинск, 2009), IV Всероссийская конференция обучающихся «Национальное достояние России» (Москва, 2010), «Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке» (Владивосток, 2010, 2012) «Japan-Kamchatka-Aleutian subduction processes» (Фэрбэнкс, США, 2009; Петропавловск-Камчатский, 2011), «VII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода» (Апатиты, 2011), «Симпозиум по вулканологии и палеовулканологии (Екатеринбург, 2011), «Современные научные исследования на Дальнем Востоке» (Южно-Сахалинск, 2011), «Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе» (Южно-Сахалинск, 2011). Материалы, положенные в основу диссертации, докладывались и обсуждались на секциях ученого совета ИМГиГ ДВО РАН (2008-2012), а также в Гавайской вулканологической обсерватории (Хило, США, 2012).

**Публикации.** По теме диссертации лично автором и в соавторстве опубликовано более 40 работ, в том числе 11 статей в журналах перечня ВАК, 1 глава в международной монографии и 2 научных издания. Остальные работы опубликованы в тезисах и материалах конференций, периодических продолжающихся изданиях.

**Благодарности.** Автор глубоко признателен всем тем, кто оказывал помощь и поддержку в работе над диссертацией - как на этапе полевых исследований, так и в процессе обсуждения полученных результатов и оконча-

тельных выводов. Автор искренне благодарит своего научного руководителя, инициатора современных экспедиционных исследований на Центральных Курильских островах к.г.-м.н. А.В. Рыбина (ИМГиГ) за всестороннюю помощь и поддержку. Особую признательность автор выражает д.г.н. Н.Г. Раззигаевой (ТИГ), знания и доброжелательное отношение которой оказывали неоценимую помощь и поддержку на всех этапах исследования. Отдельную благодарность автор выражает основателю отечественной тейфрохронологии д.г.-м.н. И.В. Мелекесцеву (ИВиС) за полезные консультации и обсуждение материалов работы. Автор признателен д.г.-м.н. Ю.А. Мартынову (ДВГИ) за плодотворные беседы по вопросам магматической геохимии, ряд полезных советов при подготовке работы и доброжелательность, оказавшую существенную поддержку автору. Автор благодарит к.г.н. Р.В. Жаркова, Д.Н. Козлова, И.Г. Коротеева, М.В. Чибисову, И.И. Власову (ИМГиГ) за помощь при проведении экспедиционных работ на Курилах; к.г.-м.н. Т.М. Побережную, И.П. Кремневу, к.г.-м.н. В.Л. Ломтева, к.г.-м.н. О.В. Веселова (ИМГиГ) - за конструктивную критику и ценные советы, позволившие улучшить рукопись. Пользуясь случаем, автор выражает признательность коллегам из научных организаций США: руководителю «Курильского Биокомплекса проекта» Б.

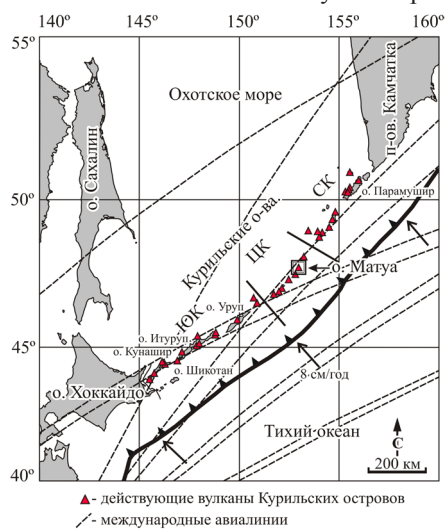


Рис. 1. Положение о. Матуа с влк. Пик Сарычева в системе Курильской островной дуги.

ского Биокомплекса проекта» Б. Фитцхью (Вашингтонский университет) – за возможность участия в экспедиционных исследованиях на Центральных Курилах; руководителю полевых вулканологических школ на Камчатке в 2010-2011 гг. П.Э. Избекову (Геофизический институт) – за полезные консультации по различным аспектам вулканологии и петрологии; К. Нил (Геологическая служба) - за предоставленную возможность стажировки в международном Центре по изучению активных вулканов (Хило, Гавайские острова); П. Уэбли (Геофизический институт) – за консультации и помощь в моделировании пепловых облаков. Полевые и лабораторные исследования осуществлялись благодаря финансовой поддержке грантов РФФИ, ДВО РАН и Правительства Сахалинской области.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА

Действующий влк. Пик Сарычева (координаты кратера - 48.092° с.ш., 153.20° в.д., абсолютная высота - 1446 м), являющийся одним из наиболее активных вулканов Курильской островной дуги, занимает северо-западную часть



необитаемого о. Матуа, расположенного почти в самом центре архипелага (рис. 1).

Остров Матуа относится к группе Центральных Курильских островов, располагаясь в их северной оконечности - между о. Райкоке (на севере) и о. Расшуа (на юге). В плане остров имеет форму эллипса размером 6.4×12 км и площадью 52 км<sup>2</sup>, длинная ось которого вытянута вкрест простирающую Курильскую дугу.

По данным И.В. Мелекесцева (Новейший..., 2005) наземные вулканические постройки о. Матуа приурочены к поверхностям надводных и подводных морских террас, срезающих вершину огромного комплексного вулканоида. При этом среди островов Расшуа, Ушишир и Кетой (Центральные Курилы) вулканоид о. Матуа является наиболее крупным: размер его подводного основания составляет 30×40 км, объем ~1200 км<sup>3</sup>. Наземные вулканические образования занимают большую часть о. Матуа, их площадь составляет 50 км<sup>2</sup> (96 %) остальные 2 км<sup>2</sup> (4 %) приходятся на морские аккумулятивные образования. Юго-восточная оконечность о. Матуа представляет собой плоскую равнину со средними отметками высот 40-60 м над уровнем моря, в то время как северо-западная часть целиком занята постройкой влк. Пик Сарычева (рис. 2). К востоку от о. Матуа находится о. Топорковый - небольшой (1×1.6 км) плоский островок треугольной формы.

Первое упоминание о влк. Пик Сарычева относится ко второй половине XVIII в. В описаниях сотника И.Черного, посещавшего о. Матуа в 1760-е гг. содержатся краткие сведения о недавнем извержении вулкана, полученные им со слов местных жителей (Полонский, 1994). В последующие десятилетия, вплоть до середины XX в., все исследователи, когда-либо посещавшие о. Матуа с влк. Пик Сарычева, также ограничивались, с разной степенью детальности, описанием его природных особенностей и проявлений вулканической активности (Камио, 1931; Сноу, 1992; Tanakadate, 1931). Ситуация кардинально переменялась лишь к началу второй половины XX в., когда начались планомерные геолого-геофизические исследования Курильской островной дуги.

Первые данные о геологическом строении и морфологии влк. Пик Сарычева содержатся в работах Г.С. Горшкова (1948, 1954, 1967), который выделил и описал основные элементы его постройки: молодой внутрикальдерный конус Пик Сарычева и древний, частично разрушенный влк. Матуа, осложненный кальдерой (рис. 2). Позже эти данные были подтверждены и дополнены исследованиями Е.К. Мархинина (1964), который более подробно изучил геологическое строение о. Матуа, выполнив, в частности, стратиграфическое расчленение лавовых комплексов и их петрографическое описание. Работы, проводившиеся В.Н. Шиловым (1962) и В.Н. Андреевым с соавторами (1978), были посвящены изучению извержений вулкана, происходивших в 1960 и 1976 гг., поэтому вопросы геологического строения района практически не затрагивали. Затем наступил длительный перерыв в изучении вулкана, который был прерван лишь в 2006 г. благодаря экспедиционным исследованиям в рамках «Курильского Биокомплексного проекта: человеческая уязвимость и способность к восстановлению при субарктических изменениях» (<http://depts.washington.edu/ikip/index.shtml>).



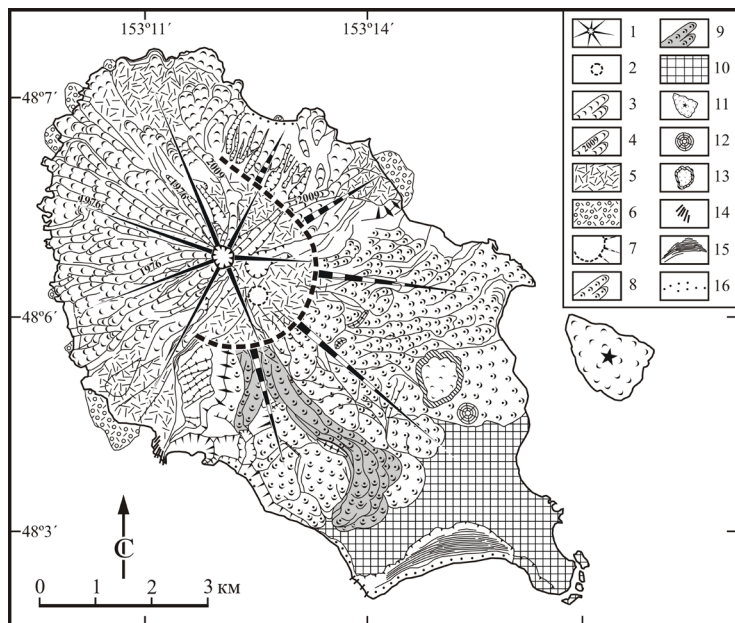


Рис. 2. Геологическая схема о. Матуа, составленная по материалам полевых исследований, дешифрирования аэрофото- и космоснимков, с использованием данных (Горшков, 1967): влк. Пик Сарычева (1-6): 1 – постройка с современным кратером, 2 – палеократер, 3 – лавовые потоки позднеголоценового возраста, 4 – лавовые потоки исторических извержений, 5 – пирокластические отложения позднеголоценового возраста, 6 - пирокластические отложения 2009 (граница максимального распространение); влк. Матуа (7-9): 7 – постройка с вершинной кальдерой, 8 - лавовые потоки средне-позднеплейстоценового возраста, 9 – лавовые потоки позднеплейстоценового возраста; 10 – фундамент вулканических построек; 11-13 – одноактные эруптивные центры раннеголоценового возраста: 11 – Топорковый, 12 – Круглый, 13 – Плоский; 14 – дайки; 15 – береговые валы, 16 – пляжи.

## ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

**Защищаемое положение 1.** История эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева (о. Матуа, Центральные Курильские острова) в голоцене включает 3 основных цикла: 1) кальдерообразующий МС – 11500 л.н.; 2) посткальдерный «андезитовый» Sar-I – 11500-400 л.н., с выделением ряда этапов, характеризующихся проявлением наиболее интенсивной активности: (1) Sar-I-1 – 9500-7000 л.н.; (2) Sar-I-2 – 4700-4100 л.н.; (3) Sar-I-3 – 3150-1750 л.н.; 3) посткальдерный «андезибазальтовый» Sar-II – 400 л.н.-настоящее время.

Исследования по реконструкции истории эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева проводились в рамках комплексной методики, разработанной в 70-х гг. О.А. Брайцевой, И.В. Мелекесцевым и Л.Д. Сулержицким для изучения голоценовой активности действующих вулканов Камчатки (Брайцева и

др., 1978, 1989; Мелекесцев и др., 1997; Пономарева, Брайцева, 1990; Braitseva et al., 1997; Ponomareva et al., 2007 и др.). Основными составляющими методики являются: (1) *дешифрирование* крупномасштабных аэрофото- и космоснимков и составление на их основе детальных геолого-геоморфологических карт вулканических образований исследуемого района; (2) детальные *тефхронологические исследования*, включающие изучение почвенно-пирокластического чехла подножья вулкана и составление сводного разреза его отложений; (3) *радиоуглеродное датирование* органических отложений (палеопочв, торфа, фрагментов древесины и углей), подстилающих и перекрывающих горизонты пирокластики.

*Дешифрирование.* Изучение деталей геолого-вулканического и геоморфологического строения исследуемого района основывалось на детальном дешифрировании практически всех доступных различных по типу, времени съемки и разрешению данных дистанционного зондирования. В первую очередь были проанализированы материалы аэрофотосъемки, выполненной для территории о. Матуа в 1960 г. После этого были изучены современные космоснимки, такие как Quick Bird (2002, 2009 гг.), ASTER (2007, 2009, 2010 гг.), ALOS-AVNIR2 (2007, 2009 гг.), ALOS-PALSAR (2007, 2009 гг.), опубликованные NASA и JAXA. В результате был составлен авторский вариант крупномасштабной геологической схемы о. Матуа (рис. 2).

*Тэфхронологические исследования* проводились в рамках общепринятой методике (Брайцева и др., 1978, 1997; Вулканический центр..., 1980; Мелекесцев и др., 1969, 1994; Braitseva et al., 1997; Helay et al., 1964; Lowe, 2011; Nakamura, 1964; Thorarinsson, 1954, 1967 и др.) путем составления детальных разрезов почвенно-пирокластического чехла и их увязки между собой. Принадлежность исследуемой тэфры именно к влк. Пик Сарычева в поле контролировалось по наращению ее мощности (толщины) и крупности по мере приближения к источнику. Разрезы тэфры изучались на удалении от 4 до 8 км от современного кратера влк. Пик Сарычева.

Корреляция разрезов осуществлялась путем геологического прослеживания от разреза к разрезу. Для того, чтобы снизить вероятность ошибок при увязке разрезов, предпочтение отдавалось пачкам пирокластики, фиксирующим относительно продолжительные периоды эксплозивной активности вулкана, а также закономерно повторяющимся наборам пепловых горизонтов. Достоверную корреляцию разрезов обеспечил ряд радиоуглеродных датировок и маркирующие горизонты тэфры. Идентификация пепловых прослоев, связанных, предположительно, с удаленными источниками, проводилась на основании геохимических и тэфростратиграфических данных.

Наиболее оптимальным районом для изучения почвенно-пирокластического чехла оказалась юго-восточная часть о. Матуа, являющаяся наиболее древней поверхностью с уплощенным рельефом, обеспечившим благоприятные условия для захоронения и сохранности пирокластических отложений (рис. 3).

На основании детального изучения частных разрезов почвенно-пирокластического чехла, заложенных на территории о. Матуа и о. Топорковый, путем их сопоставления и корреляции был составлен единый сводный разрез (рис. 4).

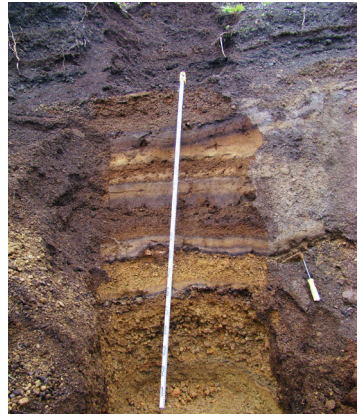
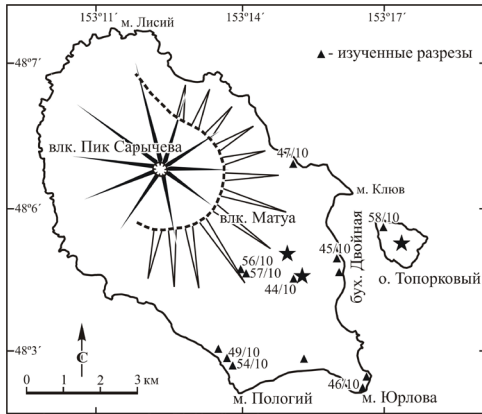


Рис. 3. Схема района исследований и местоположение изученных разрезов. Справа - пример зачистки почвенно-пирокластического чехла о. Матуа (№ 44/10).

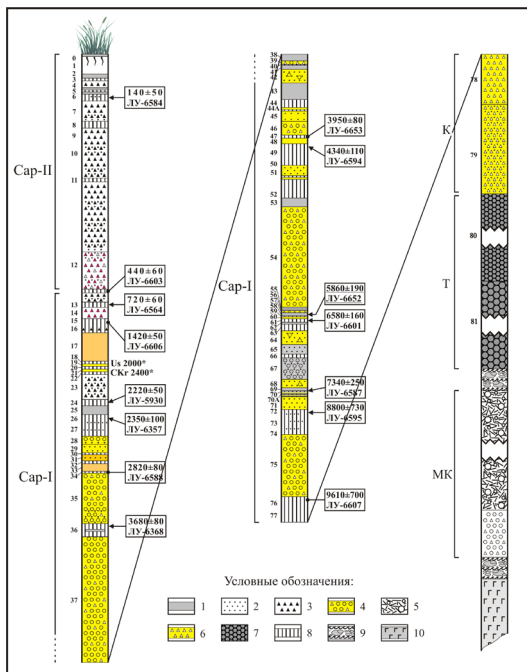


Рис. 4. Сводный разрез пирокластических отложений влк. Пик Сарычева: 1 – тонкий пепел, 2 – грубый пепел, 3 – гравий и лапилли шлака, 4 – гравий и лапилли пемзовидной тефры, 5 – пирокластический поток кальдерообразующего извержения, 6 – пирокластика эруптивного центра Круглый, 7 – пирокластика эруптивного центра Топорковый, 8 – погребенные почвы и супеси, 9 – морские отложения, 10 – коренные породы.

Этот разрез, включающий многочисленные горизонты пирокластики, погребенных почв и гумусированных супесей, был положен в основу реконструкции истории эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева в голоцене (рис. 5). Радиоуглеродные датировки (Арсланов и др., 2011), полученные по отложениям погребенных почв, гумусированных супесей и торфа, откалиброванные в программе «CalPal» (Weninger, 1986; Weninger, Joris, 2004), позволили определить календарный возраст извержений.

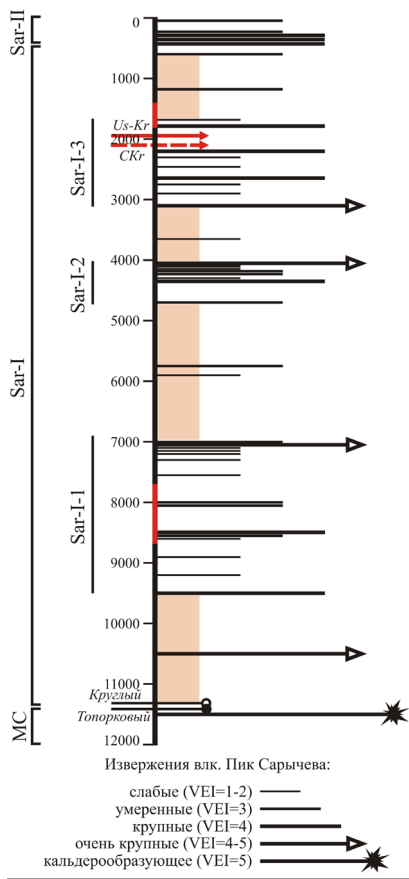


Рис. 5. Хронология извержений влк. Пик Сарычева в голоцене. Полями отмечены периоды ослабления активности вулкана. Красные полосы на временной шкале соответствуют крупнейшим вспышкам эксплозивного вулканизма на Камчатке по (Пономарева, 2010).

История эруптивной деятельности в голоцене начинается с мощного эксплозивного извержения на влк. Матуа (МС), происходившего ~11500 л.н (рис. 5). В результате была образована кальдера размером 3.5×5 км, формирование которой, судя по ее морфологии, сопровождалось процессами частичного обрушения вулканической постройки (рис. 6). Основной объем продуктов кальдерообразующего извержения, представленных пирокластическими потоками и тефрой андезитового состава, отложился за пределами островной суши - в прилегающую акваторию. Их общий объем, по приблизительной оценке И.В. Мелекесцева, составил ~5-10 км<sup>3</sup> (Дегтерев и др., 2012б). Примерно в это же время, практически субсинхронно с кальдерным извержением, возникли и одноактные эруптивные центры о. Матуа - Топорковый и Крутой (рис. 5).

Следующий цикл активности (Sar-I), продолжавшийся большую часть голоцена (~10500 лет), связан с деятельностью влк. Пра-Сарычева (рис. 5, 6). Эруптивная деятельность вулкана характеризовалась частыми эксплозивными извержениями разной силы - от слабых (VEI=1) до сильных и очень сильных (VEI=4-5). Этапы усиления происходили 9500-7000, 4700-4100 и 3150-1750 л.н. Крупнейшие извержения имели место ~10500 (Sar-I-A), ~7000 (Sar-I-B), ~4150 (Sar-I-C) и ~3150 л.н. (Sar-I-D) (рис. 5). В течение рассматриваемого цикла периоды напряженной эруптивной активности вулкана, сменя-

лись периодами ее ослабления вплоть до полного прекращения. При этом не менее четырех раз имели место периоды покоя продолжительностью свыше 1000 лет. Вулканический аппарат Пра-Сарычева, действовавший в это время, судя по всему, представлял собой экструзивное образование.

В позднем голоцене деятельность вулкана начала кардинально меняться: частые эксплозивные извержения, в течение которых вулкан извергал пемзовидные андезиты и, реже, андезибазальты, сменились извержениями шлаков исключительно андезибазальтового состава. В это время, ~400 л.н., начала формироваться постройка современного, ныне действующего стратовулкана Пик Сарычева (Sar-II) (рис. 6).

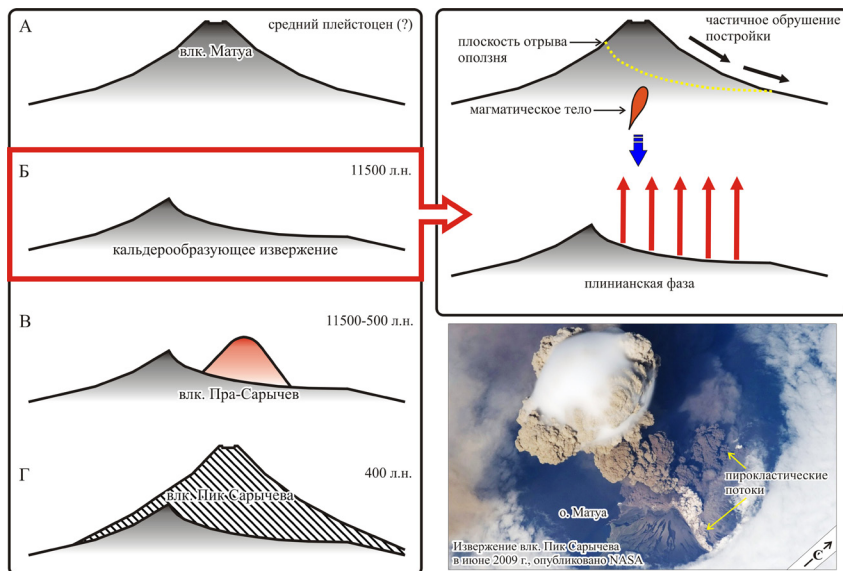


Рис. 6. Основные этапы геологического развития влк. Пик Сарычева в голоцене. На врезке показано извержение вулкана в июне 2009 г.

Его активность началась с мощных эксплозивных извержений плинианского и субплинианского типа, сопровождавшихся выбросами большого количества тefры, сходом пирокластических и лавовых потоков, которые шли на формирование постройки стратовулкана. Впоследствии активность вулкана сменилась менее сильными, чем в начальную фазу его формирования, извержениями, большая часть которых произошла уже в течение исторического времени. Характерным эпизодом современного эруптивного цикла стало крупное эксплозивно-эффузивное извержение влк. Пик Сарычева в июне 2009 г. (рис. 6), являющееся на Курильских островах одним из самых сильных в XX в (Дегтерев, 2011; Левин и др., 2009; Rybin et al., 2011).

*Защищаемое положение 2. Общий характер эволюции продуктов голоценовой активности влк. Пик Сарычева имеет слабовыраженную антидромную*

*направленность, проявляющуюся на общем фоне сокращения разнообразия составов пород во времени от андезитов и дацитов, преобладающих в раннем и среднем голоцене, до исключительно андезибазальтов - в позднем голоцене.*

Для типизации продуктов влк. Пик Сарычева и рассмотрения характера его эволюции был проведено послойное изучение вещественного состава наиболее представительного разреза почвенно-пирокластического чехла. С этой целью был выбран разрез (зачистка), заложенный на склоне абразионно-денудационного уступа, подрезающего 40-метровую морскую террасу в районе бух. Двойная (№ 45/10, координаты: 48°04.155' с.ш., 153°16.046' в.д.) (рис. 3). В нем зафиксирована наиболее полная голоценовая летопись активности вулкана и найдено наибольшее количество горизонтов его пирокластики (свыше 50) (Дегтерев и др., 2012а, 2012б).

Тефра влк. Пик Сарычева представлена несколькими разновидностями. Верхнеголоценовая тефра – это преимущественно темно-коричневые и коричневые дробностратифицированные шлаки и темно-серые вулканические пески. Нижне- и среднеголоценовая тефра подразделяется на три подтипа: (1) мощные пачки из грязно-желтой пемзовидной пирокластики, представленной вулканическим гравием и лапилли, нередко с бомбами размером 5-10 см; (2) темно-желтые и желто-коричневые вулканические пески, иногда с примесью вулканического гравия и лапилли; (3) темно-серые и бежевые пеплы, состоящие преимущественно из алеврита и мелкозернистого песка. Для позднего голоценовой пирокластики наиболее характерными минералами являются клино-, ортопироксен и плагиоклаз, в нижне- и среднеголоценовой к ним добавляется амфибол. Тефра влк. Пик Сарычева, независимо от возраста, зачастую «загрязнена» резургентным материалом, представленным в основном угловатыми обломками эффузивов. В отложениях тефры некоторых крупнейших голоценовых извержений влк. Пик Сарычева встречаются бомбы с гетеротакситовой текстурой, свидетельствующие о смешении магм контрастного состава (Волынец, 1978; Sparks et al., 1977).

Для уменьшения дисперсии и обеспечения возможности адекватного сравнения пирокластика влк. Пик Сарычева была разделена на ряд групп, соответствующих определенным этапам эволюции вулкана, содержанию  $\text{SiO}_2$  и хронологическому порядку слоев в разрезе: (1) кальдерная; (2) посткальдерная нижнеголоценовая, преимущественно андезитового и дацитового состава; (3) посткальдерная нижнеголоценовая, исключительно базальтового состава; (4) посткальдерная средне-позднеголоценовая, преимущественно андезибазальтового и андезитового состава; (5) посткальдерная верхнеголоценовая, исключительно андезибазальтового состава. Группа № 1 соответствует продуктам кальдероформирующего извержения Матуа, группы № 2-4 – влк. Пра-Сарычева, группа № 5 – влк. Пик Сарычева.

По уровню содержания  $\text{SiO}_2$  (содержание петрогенных элементов дается в пересчете на 100% сухого вещества) изученные образцы тефры варьируют в диапазоне от базальтов (48.9 мас. %) до дацитов (65.4 мас. %). Наиболее распространены андезибазальты и андезиты (рис. 7). На классификационной ди-



аграмме  $K_2O$ - $SiO_2$  составы вулканитов ложатся в поле умереннокалиевой серии (рис. 7). По соотношению  $SiO_2$ - $FeO^*/MgO$  образцы тефры влк. Пик Сарычева соответствуют породам толеитовой серии, за исключением образцов из первой группы. На диаграмме AFM большинство фигуративных точек попадает в поле известково-щелочных пород, располагаясь вблизи границы, разделяющей эти серии.

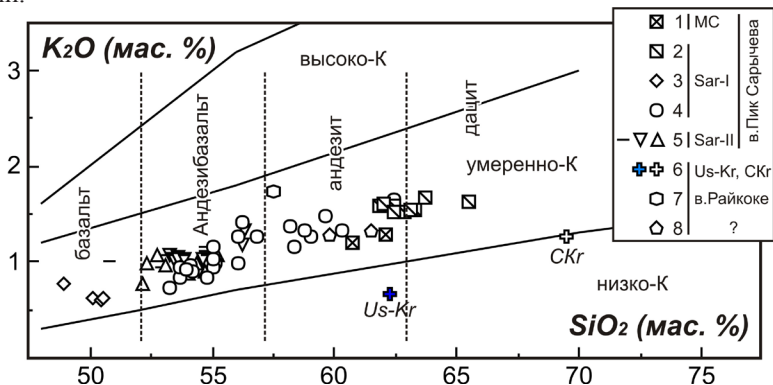


Рис. 7. Классификационная диаграмма  $K_2O$ - $SiO_2$  (Pescerillo, Taylor, 1976) для продуктов влк. Пик Сарычева и некоторых транзитных пеплов о. Матуа.

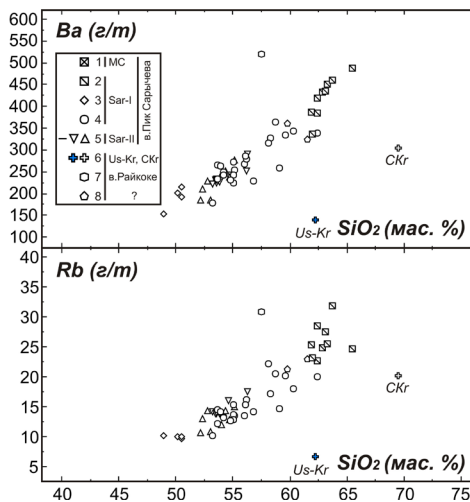


Рис. 8. Вариации концентраций LILE (г/т) в зависимости от содержания  $SiO_2$  (мас. %).

Вариации петрогенных элементов в зависимости от содержания  $SiO_2$  обнаруживают стандартные для островодужных серий тенденции: с увеличением  $SiO_2$  возрастают концентрации щелочей, содержание остальных элементов, напротив, снижается.

Содержания когерентных элементов (Co и V) в базальтовой тефре составляют соответственно 27–33 и 269–299 г/т, в андезитовой и дацитовой - 7-13 и 90-143 г/т. Обратная картина характерна для большинства некогерентных, в том числе литофильных (LILE), элементов (рис. 8). Концентрации Rb и Ba в базальтах составляют 9-10 и 151-212 г/т, в андезитах и дацитах - 20-32 и 335-487 г/т.

Спектры распределения нормированных значений микроэлементов в изученных образцах тефры проявляют типичные островодужные признаки: относительно высокие концентрации



LILE (крупноионных литофильных элементов) и LREE (легких редкоземельных элементов) при характерных низких значениях HFSE (высокозарядных элементов) (рис. 9). Наблюдаемые незначительные вариации по уровню содержания микроэлементов в выделенных группах тефры отражают ее разный состав (рис. 9).

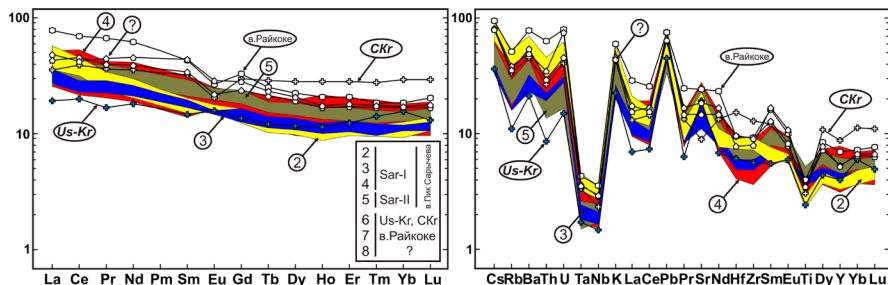


Рис. 9. Спектры распределения редкоземельных и микроэлементов (г/т), нормализованные к хондриту (Sun, McDonough, 1989) и примитивной мантии (McDonough, Sun, 1995), соответственно.

Наибольшие вариации состава тефры (от базальтов до дацитов) выявлены для раннего и среднего голоцена. Начиная с позднего голоцена, состав тефры влк. Пик Сарычева становится более однородным и основным, преобладают умреннокалиевые андезибазальты. Подобная тенденция характерна и для продуктов современных извержений вулкана, содержание  $\text{SiO}_2$  в которых составляет  $\sim 52.3\text{--}55.9$  мас. %.

Таким образом, на протяжении последних 10 тыс. лет вещественный состав взрывных продуктов влк. Пик Сарычева изменялся от андезитов и дацитов в раннем голоцене через андезиты и андезибазальты, преобладавшие в среднем голоцене, до андезибазальтов – с позднего голоцена по настоящее время включительно. В целом, общий тренд эволюции вулканитов имеет антидромную направленность (рис. 10).

**Защищаемое положение 3.** Транзитные пеплы о. Матуа, связанные с крупными позднеголоценовыми взрывными извержениями вулканов Курильской дуги, являются маркирующими, что позволяет использовать их для расчленения верхнеголоценовых отложений, корреляции разрезов, датирования форм рельефа и различных геологических событий.

В верхнеголоценовой части почвенно-пирокластического чехла о. Матуа идентифицированы пепловые прослои, связанные с активностью удаленных источников.

Первый из них, с индексом СКг ( $\sim 2400$  л.н.), связан с крупным плинианским событием, происходившим в пределах северной части о. Итуруп. Его состав соответствует дациту низкокалиевой серии ( $\text{SiO}_2=69.51$ ,  $\text{Na}_2\text{O}=4.03$ ,  $\text{K}_2\text{O}=1.25$  мас. %) (рис. 7). Вторым, имеющим индекс Us-Kr

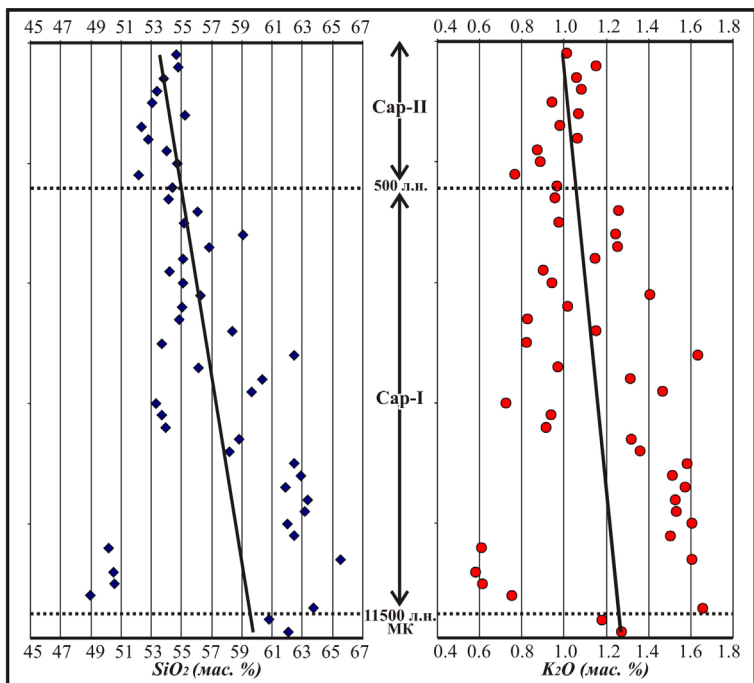


Рис. 10. Изменение вещественного состава продуктов влк. Пик Сарычева в течение голоценового времени. Пунктиром обозначена линия тренда.

(~1900 л.н.), относится к кальдерообразующему извержению влк. Ушишир (Центральные Курилы). Этот пепел по составу относится к низкокалийевому андезиту ( $\text{SiO}_2=62.27$ ,  $\text{Na}_2\text{O}=3.65$ ,  $\text{K}_2\text{O}=0.65$  мас. %) (рис. 7). Важно отметить, что эруптивные облака, давшие горизонты тефры СКг и Us-Кг, при перемещении подвергались процессам гравитационной эоловой дифференциации, которая должна была в некоторой степени преобразить валовый состав пеплов, сделав их более кислыми.

В разрезе почвенно-пирокластического чехла о. Матуа эти пеплы визуально заметно выделяются благодаря своей светлой окраске: на фоне оливковых и коричнево-серых отложений пеплы светло-желтого цвета создают определенный контраст с вмещающими отложениями (рис. 11). Их мощность (СКг ~1 см, Us-Кг ~1.5-2.0 см) и гранулометрический состав, соответствующий алевриту с примесью пелитовой фракции, хорошо выдержаны по всей площади острова. Вещественный состав пеплов СКг и Us-Кг также заметно отличается от продуктов местного источника - влк. Пик Сарычева, проявляющееся как в вариациях петрогенных оксидов, так и по распределению нормированных значений микроэлементов. Наиболее отчетливо это проявлено в концентрациях LILE (рис. 8) и других некогерентных элементов: фигуративные точки образцов пе-

плов СКг и Us-Kг заметно «выбиваются» из общего ряда значений состава тейфры влк. Пик Сарычева.

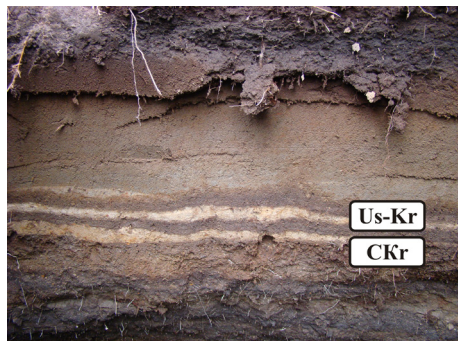


Рис. 11. Транзитные пеплы Us-Kг и СКг в разрезе почвенно-пирокластического чехла о. Матуа.

На диаграммах спектров нормированных значений редкоземельных и микроэлементов транзитные пеплы демонстрируют заметные отличия геохимических характеристик (рис. 9). Пепел СКг из всех проанализированных образцов тейфры о. Матуа является наиболее обогащенным MREE (средними редкоземельными элементами), HREE и HFSE (рис. 9). Пепел Us-Kг характеризуется минимальными концентрациями LILE, LREE, а также Ta и Nb, а на классификационной диаграмме его состав соответствует

полно низкокальциевых пород (рис. 7). Представленные геохимические особенности пепла Us-Kг хорошо согласуются с данными по поперечной петрогеохимической зональности Курильской островной дуги (Мартьянов и др., 2010; Пискунов, 1987; Подводный..., 1992; Федорченко и др., 1989). Источником пепла Us-Kг является влк. Ушишир, один из самых «фронтальных» вулканов, что отражается в его вещественном составе, проявляющем характерные признаки деплетированности.

На основании радиоуглеродного датирования (Арсланов и др., 2011) и оценок скорости торфонакопления возраст пепловых прослоев СКг и Us-Kг составляет ~2100 и ~1900 л.н., соответственно.

Таким образом, полученные геохимические и геохронологические характеристики горизонтов тейфры позволяют использовать их для корреляции разрезов, датирования отложений, форм рельефа и различных геологических событий (вулканических извержений, цунами, тектонических подвижек и пр.) на территории Курильских островов.

**Защищаемое положение 4.** Оценка вулcanoопасности определяется активностью постройки молодого посткальдерного стратовулкана Пик Сарычева, характеризующегося частыми извержениями эксплозивного и эксплозивно-эффузивного типа. Пепловые облака, нагруженные тонкодисперсным пирокластическим материалом, являются главным источником опасности при его будущих извержениях.

Современный цикл развития рассматриваемого вулканического центра, связан с деятельностью молодого посткальдерного стратовулкана Пик Сарычева, поэтому оценку вулcanoопасности следует производить именно соответственно его динамике активности, типа и параметров извержений.

В начальную фазу формирования эруптивная активность вулкана характеризовалась напряженной эксплозивной деятельностью, о чем свидетельствуют

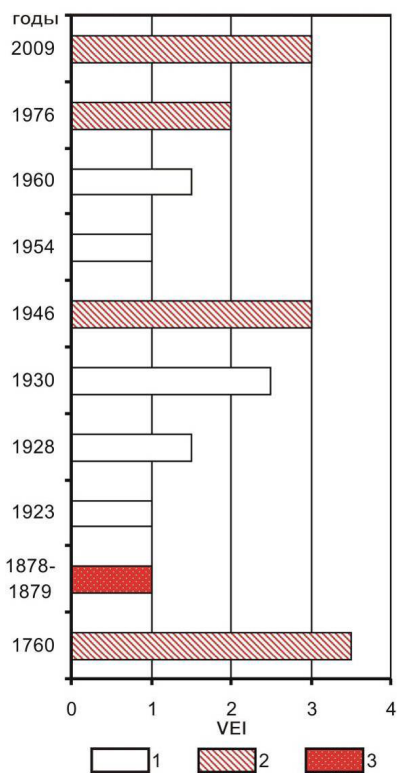


Рис. 12. Исторические извержения влк. Пик Сарычева: 1 – эксплозивное; 2 – эксплозивно-эффузивное; 3 – эффузивно-эксплозивное.

et al., 2012).

На основании имеющихся данных последовательность событий при его умеренных и сильных извержениях выглядит следующим образом. Примерно за 1-2 дня до начала активной фазы извержения заметно усиливается сольфатарная деятельность вулкана. Подобное явление отмечено перед извержениями 1946 (Главацкий, Ефремов, 1948), 1960 (Шилов, 1962), 1976 (Андреев и др., 1978) и 2009 гг. (Левин и др., 2009; Рыбин и др., 2010; Rybin et al., 2011a), поэтому может использоваться в качестве краткосрочного предвестника, как при спутниковом мониторинге, так и при визуальном наблюдении. Активная фаза извержения начинается с относительно слабых эксплозий (opening phase), разрушающих жерловую пробку, в течение короткого времени эруптивная активность последовательно нарастает и начинается массовый выброс раскаленной пирокластики (subplinian/plinian phase). После того как питающий канал

мощные пачки ритмичностратифицированных шлаков, слагающие верхнюю часть почвенно-пирокластического чехла. Впоследствии активность вулкана сменилась менее значительными по силе извержениями, большая часть которых произошла уже в течение исторического времени. За последние ~250 лет в исторических хрониках зафиксировано и описано, с разной степенью детальности, не менее 10 извержений влк. Пик Сарычева: в 1765±5, 1878-1879, 1923, 1928, 1930, 1946, 1954, 1960, 1976, 2009 гг. (рис. 12) (Андреев и др., 1978; Горшков, 1948, 1967; Левин и др., 2009; Мархинин, 1964; Полонский, 1994; Сноу, 1992; Шилов, 1962). Все они были терминальными и, как правило, непродолжительными (первые часы, дни), преимущественно эксплозивного и эксплозивно-эффузивного типа - от слабых эксплозий типа Вулкано, до мощных пароксизмов субплинианского типа. Главная особенность современных извержений влк. Пик Сарычева - их высокая эксплозивность, при которой выбрасываемый вулканом обломочный материал формирует эруптивные тучи, пирокластические потоки и ассоциирующиеся с ними пирокластические волны (Дегтерев, 2011; Дегтерев и др., 2011; Rybin

вулкана достаточно выработан, стартует эффузивная деятельность. Излияние лавовых потоков, как правило, непродолжительно и, по всей видимости, происходит в перерывах между эксплозиями. Кульминационная фаза извержений влк. Пик Сарычева имеет пульсационный характер - мощные взрывы разделяются периодами относительного покоя. На данном этапе эруптивной активности вулкана формируются наиболее крупные пирокластические потоки, отлагающиеся за пределами островной суши.

Эруптивные тучи значительной высоты образуют протяженные пепловые шлейфы, распространяющиеся на сотни и тысячи километров от вулкана. Пик Сарычева является единственным вулканом Курильской дуги, при исторических извержениях которого сектор пеплопада выходил далеко за пределы островной гряды, выпадая к северо-востоку - на Камчатке (Главацкий, Ефремов, 1948) и к западу - на территории Хабаровского края и Сахалина (Левин и др., 2009; Дегтерев, 2011; Rybin et al., 2011, 2012). Достигнув кульминационной фазы, напряженная эксплозивная деятельность вулкана некоторое

время сохраняется, но вскоре снижается и уступает место интенсивной фумарольной деятельности.

Учитывая высокую активность и современную стадию развития влк. Пик Сарычева, представляется маловероятным, что в ближайшее время (50-100 лет) вулкан кардинально изменит режим эруптивной деятельности. В этой связи проведен комплекс исследований, направленных на предупреждение и снижения степени риска, связанного с его активностью. На основании геологических, исторических данных и моделирования для территории о. Матуа составлена карта вулканопасности, рассчитанная на извержения с VEI не выше

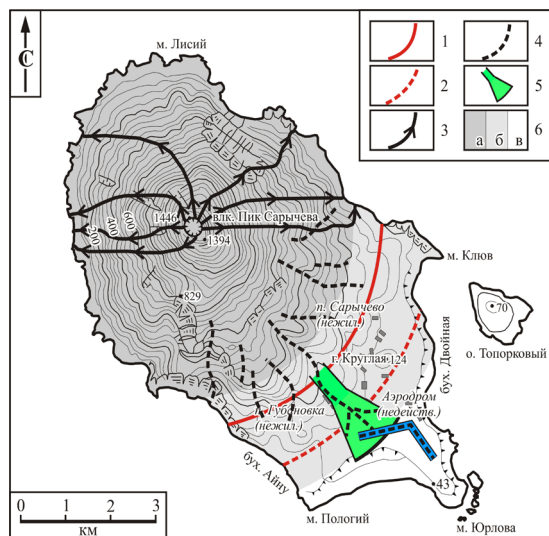


Рис. 13. Карта вулканопасности о. Матуа: 1-2 - пределы распространения: 1 - пирокластических потоков, 2 - пирокластических волн, 3-4 - наиболее вероятные направления излияния: 3 - лавовых потоков, 4 - лахаров (грязевых потоков), 5 - наиболее лахароопасный участок, 6 - зоны опасности от выпадения тефры: а - очень высокая, б - высокая, в - умеренная.

4 (рис. 13). Данная карта может быть использована для хозяйственного освоения острова, с целью предотвращения возможных негативных последствий для объектов инфраструктуры от будущих извержений. Кроме того, несмотря

на то, что о. Матуа в настоящее время необитаем, он регулярно посещается туристическими и научными группами, в связи с чем проблема оценки вулканоопасности территории представляется достаточно актуальной задачей.

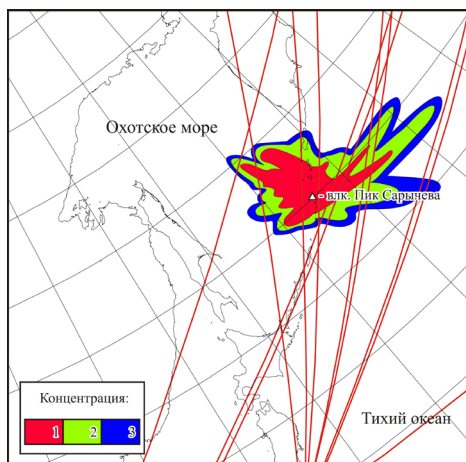


Рис. 14. Преобладающие направления пепловых облаков по данным моделирования в Puff-Tracking Dispersal Model и их концентрация: 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая. Красными линиями обозначены международные авиалинии.

была проведена за каждый день, т.е. всего было смоделировано 365 извержений. Продолжительность каждого извержения составляла 6 часов при высоте эруптивной колонны 10000 м, выбранной соответственно средней высоте полетов воздушных судов гражданской авиации. Полученные данные по траекториям движения пепловых облаков за каждое извержение графически были объединены в серию карт, отображающих пепловые шлейфы за каждый месяц, сезон и год, также с разной продолжительностью моделирования 6, 12, 18, 24 чч. Итогом стала карта, где были суммированы области распространения всех смоделированных эруптивных туч (рис. 14). Как видно из этой карты, практически все авиалинии, расположенные вблизи Курильских островов, попадают в зону высокой концентрации пепловых частиц (рис. 15). В этой связи, при мониторинге текущей вулканической активности влк. Пик Сарычева следует уделять особое внимание. При его будущих извержениях среди прочих мер по минимизации риска, связанного с пепловыми облаками, целесообразно применять моделирование в программах Puff-Tracking Dispersal Model, HYSPLIT NOAA, Ash 3D и др., позволяющих выполнять достаточно точный краткосрочный прогноз их развития.

Учитывая высокую активность и эксплозивный характер деятельности вулкана, а также близость межконтинентальных авиалиний, связывающих страны Азии с Северной Америкой, была проведена оценка опасности пепловых облаков для авиации. С этой целью был выполнен комплекс работ по моделированию распространения эруптивных туч в программном пакете Puff-Tracking Dispersal Model (Searcy et al., 1998; Webley, Mastin, 2009; Webley et al., 2011 и др.).

Для оценки опасности, связанной с эруптивными тучами, были изучены ареалы распространения пепловых облаков извержений, смоделированных за 2009 г. В целях максимальной представительности данных реконструкция событий



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании комплекса геологических, тефрохронологических и геохимических исследований реконструирована история эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева. Выделены и охарактеризованы 3 основных цикла его деятельности в голоцене: (1) кальдерообразующий (MC) – 11500 л.н.; (2) посткальдерный «андезитовый» (Sar-I) – 11500-400 л.н., с выделением ряда этапов: (1) Sar-I-1 – 9500-7000; (2) Sar-I-2 – 4700-4100; (3) Sar-I-3 – 3150-1750; (3) посткальдерный «андезибазальтовый» (Sar-II) – 400 л.н.-настоящее время.

2. Определен тип и установлен абсолютный возраст вулканических образований одноактных эруптивных центров – Топорковый и Круглый, относящихся к разряду экструзивных куполов и возникших практически субсинхронно с кальдерным извержением влк. Матуа (~11500 л.н.).

3. Изучен состав большинства голоценовых эксплозивных извержений влк. Пик Сарычева, проведена их типизация и рассмотрен характер геохимической эволюции. Установлено, что преобладающий состав тефры голоценовых извержений влк. Пик Сарычева – андезибазальтовый и андезитовый.

4. Общий характер эволюции вещественного состава вулкана имеет слабо-выраженную антидромную направленность, проявляющуюся на общем фоне сокращения разнообразия составов пород во времени. Эта тенденция наиболее ярко выражена с начала позднего голоцена, что в значительной мере отражается в продуктах современного этапа активности вулкана, представленных исключительно умереннокалиевыми андезибазальтами.

5. Диагностированы и изучены пеплы дальнего разноса, связанные с крупнейшими извержениями вулканов Курильской дуги в позднем голоцене, которые на территории Централных Курил могут рассматриваться в качестве маркирующих и служить для расчленения верхнеголоценовых отложений, корреляции разнофациальных разрезов, датирования форм рельефа, тектонических подвижек по разломам и для других целей геологических исследований.

6. Оценка вулканоопасности определяется активностью молодого посткальдерного стратовулкана Пик Сарычева. Предполагается, что в ближайшие 50-100 лет вулкан принципиально не изменит характер деятельности и поэтому сохранит высокую активность с преобладанием извержений эксплозивного и эксплозивно-эффузивного типа.

7. Пепловые облака, способные распространяться на сотни и тысячи километров от вулкана, будут являться основным источником опасности при будущих извержениях влк. Пик Сарычева.



## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

### Статьи в журналах перечня ВАК

**Дегтерев А.В.**, Рыбин А.В., Мелекесцев И.В. Разжигаева Н.Г. Эксплозивные извержения вулкана Пик Сарычева в голоцене (о. Матуа, Центральные Курилы): геохимия тефры // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. № 6. С. 16-26.

**Дегтерев А.В.** Пирокластические отложения извержения вулкана Пик Сарычева (о. Матуа) в июне 2009 г. // Вулканология и сейсмология. 2011. № 4. С. 60-68.

**Дегтерев А.В.**, Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. Исторические извержения вулкана Пик Сарычева (о. Матуа, Центральные Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 1. Вып. № 17. С. 102-119.

**Дегтерев А.В.** Петрохимические особенности продуктов современных извержений вулкана Пик Сарычева, о. Матуа (Курилы) // Вестник ДВО РАН. 2011. № 6. С. 94-99.

Рыбин А.В., **Дегтерев А.В.**, Мелекесцев И.В., Кравчуновская Е.В., Разжигаева Н.Г., Арсланов Х.А., Нерода С.Н., Чибисова М.В. Коротеев И.Г. Фреатическое извержение вулкана Экарма в июне 2010 г. // Вулканология и сейсмология. 2012. № 5. С. 13-24.

Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Арсланов Х.А., Рыбин А.В., **Дегтерев А.В.** Роль климата и природных катастроф в развитии ландшафтов о. Матуа (Центральные Курилы) в позднем голоцене // Известия РАН. 2012. № 3. С. 71-80.

Левин Б.В., Разжигаева Н.Г., Ганзей К.С., Рыбин А.В., **Дегтерев А.В.** Изменение ландшафтной структуры о. Матуа после извержения в 2009 г. // ДАН. 2010. Т. 431. № 5. С. 692-695.

Жарков Р.В., Козлов Д.Н., **Дегтерев А.В.** Современная сольфатарная и гидротермальная активность вулкана Синарка (о. Шикотан, Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 1. Вып. 17. С. 179-185.

Левин Б.В., Мелекесцев И.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г., Кравчуновская Е.А., Избеков П.Э., Жарков Р.В., Козлов Д.Н., Чибисова М.В., **Дегтерев А.В.**, Власова И.И., Гурьянов В.Б., Коротеев И.Г., Харламов А.А., Макиннес Б. Экспедиция «Вулкан Пик Сарычева – 2010» (Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. 2010. № 6. С. 152-159.

Левин Б.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г., Василенко Н.Ф., Жарков Р.В., Козлов Д.Н., Фролов Д.И., Прытков А.С., Коротеев И.Г., Чибисова М.В., Салюк П.А., Майор Д.С., **Дегтерев А.В.** Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева - 2009» (о. Матуа, Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98-104.

Левин Б.В., Фитцхью Б., Буржуа Д., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г., Накагава М., Пономарева В.В., Василенко Н.Ф., Фролов Д.И., Прытков А.С., Копанина А.В., Жарков Р.В., Козлов Д.Н., Ганзей К.С., Чибисова М.В.,

Чирков С.А., Ньюшко Т.И., Гурьянов В.Б., Коротеев И.Г., **Дегтерев А.В.** Комплексная экспедиция на Курильские острова в 2008 г. (III этап) // Вестник ДВО РАН. 2009. № 2. С. 134-142.

### **Материалы конференций**

**Дегтерев А.В.,** Рыбин А.В., Мелекесцев И.В. Разжигаева Н.Г. Геохимия продуктов голоценовых извержений вулкана Пик Сарычева (о. Матуа, Центральные Курильские острова) // Материалы Всероссийского совещания «Современные проблемы геохимии», посвященного 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона, г. Иркутск, 24-26 октября 2012 г. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012 г. Т. 2. С. 56-59.

**Дегтерев А.В.,** Рыбин А.В., Мелекесцев И.В. Разжигаева Н.Г. Кальдера вулкана Матуа (Центральные Курилы): морфология, возраст, продукты // Материалы молодежной конференции «Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке», г. Владивосток, 24-26 октября 2012 г. Владивосток: Дальнаука, 2012. Вып. 7-8. С. 195-199.

**Дегтерев А.В.** Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. Голоценовые извержения вулкана Пик Сарычева (о. Матуа): последовательность событий и вещественный состав // Материалы Всероссийской конференции «Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе», посвященной 65-летию Института морской геологии и геофизики, г. Южно-Сахалинск, 26-30 сентября 2011 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2011. С. 70.

**Degterev A.,** Rybin A., Melekestsev I., Razhijgaeva N. Quaternary eruptive history of Sarychev Peak volcano, Matua Island, the Kuriles // 7th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes (JKSP-2011), 25-30 August 2011, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2011. P. 75-76.

Rybin A., **Degterev A.,** Chibisova M., Neroda A., Melekestsev I., Izbekov P., Chashchin A., Korotееv I.G. The eruption of Ekarma volcano in 2010 // 7th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes (JKSP-2011), 25-30 August 2011, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2011. P. 42-43.

Арсланов Х.А., Мелекесцев И.В., Разжигаева Н.Г., **Дегтерев А.В.,** Рыбин А.В. Возраст почвенно-пирокластического чехла и хронология вулканической активности на о. Матуа (Центральные Курилы) в голоцене // Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода, г. Апатиты, 12-17 сентября 2011 г. Апатиты-СПб: Рос. Акад. наук, Отд. наук о Земле, Комиссия по изуч. Четвертич. периода, Геологический институт КНЦ РАН, 2011. Т. 1. С. 43-45.

**Дегтерев А.В.,** Рыбин А.В., Мелекесцев И.В., Разжигаева Н.Г. Основные этапы эруптивной истории вулкана Пик Сарычева, о. Матуа, Курильские о-ва. // Материалы V Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика», г. Екатеринбург, 21-25 ноября 2011 г. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2011. С. 415-417.

Козлов Д.Н., **Дегтерев А.В.,** Жарков Р.В. Опыт применения георадиолокационной съемки в практике тefрохронологических исследований (на

примере вулкана Пик Сарычева) // Материалы Всероссийской конференции «Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе», посвященной 65-летию Института морской геологии и геофизики, г. Южно-Сахалинск, 26-30 сентября 2011 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2011. С. 83.

Рыбин А.В., Дегтерев А.В., Чибисова М.В., Нерода А.С., Мелекесцев И.В., Избеков П.Э., Чашин А.А., Коротеев И.Г. Вулканическая активность на острове Экарма в 2010 году // Материалы Всероссийской конференции «Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе», посвященной 65-летию Института морской геологии и геофизики, г. Южно-Сахалинск, 26-30 сентября 2011 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2011. С. 54-55.

Дегтерев А.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. Крупнейшие извержения вулкана Пик Сарычева в голоцене (Центральные Курильские о-ва.) // Материалы молодежного научного симпозиума «Современные научные исследования на Дальнем Востоке», г. Южно-Сахалинск, 4-7 октября 2011 г. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2011. С. 150-159.

Дегтерев А.В. Тефрохронологические исследования вулкана Пик Сарычева на острове Матуа (предварительные результаты) // Материалы молодежной конференции «Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке», г. Владивосток, 24-26 октября 2012 г. Владивосток: Дальнаука, 2011. Вып. 7-8. С. 195-199.

Дегтерев А.В. Типизация продуктов извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 г. // Материалы V Сахалинской молодежной научной школы «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз», г. Южно-Сахалинск, 8-11 июня 2010 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2011. С. 156-167.

Дегтерев А.В. Типизация продуктов извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 г. // Материалы V Сахалинской молодежной научной школы «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз», г. Южно-Сахалинск, 8-11 июня 2010 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2010. С. 94-96.

Дегтерев А.В. Активность вулкана Пик Сарычева в позднем голоцене (Центральные Курилы) // Материалы Пятой Сибирской конференции молодых ученых по наукам о Земле, г. Новосибирск, 29 ноября-2 декабря 2010 г. Новосибирск: ИГиМ СО РАН, 2010 (<http://sibconf.igm.nsc.ru>).

Дегтерев А.В. О находках силикатных сферул на о. Сахалин в пеплах извержения вулкана Пик Сарычева в июне 2009 г. // Материалы V Сахалинской молодежной научной школы «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз», г. Южно-Сахалинск, 8-11 июня 2010 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2010. С. 96-98.

Дегтерев А.В. Извержение вулкана Пик Сарычева (о. Матуа, Курильские о-ва) в июне 2009 г. // Материалы IV Всероссийской конференции обучающихся «Национальное достояние России», г. Москва, 31 марта-2 апреля 2010 г. Москва: НС «Интеграция», Гос. Дума ФС РФ, Минобрнауки РФ, РОСКОС-

МОС, РИА, РАО, 2010. С. 221-222.

**Дегтерев А.В.**, Жарков Р.В., Козлов Д.Г. Сольфатарно-гидротермальная активность вулканов Севергина, Синарка, Сарычева, Черного и Сноу (Курильские о-ва) в 2007-2009 гг. // Материалы IV Сахалинской молодежной научной школы «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз», г. Южно-Сахалинск, 2-5 июня 2009 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2010. С. 133-143.

**Дегтерев А.В.** Современная активность вулкана Менделеева // Материалы III Сахалинской молодежной научной школы «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз», г. Южно-Сахалинск, 3-5 июня 2008 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2010. С. 122-133.

Rybin A.V., Zharkov R.V., Kozlov D.N., Chibisova M.V., **Degterev A.V.** Preliminary results from a study of active central Kuril islands volcanoes under the auspices of the «КВП 2006-2008» project // 6<sup>th</sup> Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes (JKSP-2009), 22-26 June 2009, Fairbanks, 2009. P. 292-293.

**Дегтерев А.В.**, Жарков Р.В., Козлов Д.Г. Сольфатарно-гидротермальная активность вулканов Севергина, Синарка, Сарычева, Черного и Сноу в 2008 г. // Материалы IV Сахалинской молодежной научной школы «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз», г. Южно-Сахалинск, 2-5 июня 2009 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2009. С. 36-39.

**Дегтерев А.В.** Плейстоцен-голоценовая активность вулкана Менделеева и возможное ее проявление в будущем // Материалы III Сахалинской молодежной научной школы «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз», г. Южно-Сахалинск, 3-5 июня 2008 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2008. С. 34-35.

### Периодические и продолжающиеся издания

**Дегтерев А.В.** Извержения вулкана Пик Сарычева в XVIII-XXI вв. (Курильские острова) // Вестник Сахалинского музея. 2011. № 18. С. 311-322.

Ганзей К.С., **Дегтерев А.В.**, Разжигаева Н.Г. Рыбин А.В. Поствулканическая трансформация ландшафтов острова Матуа после извержения влк. Пик Сарычева в 2009 года (Курильские острова) // Всероссийский журнал научных публикаций. Март 2011. С. 111-115.

Levin B.V., Rybin A.V., Chibisova M.V., **Degterev A.V.**, Neroda A.S., Melekestsev I.V., Izbekov P.E. Ekarma (Russia) Kuril Island stratovolcano erupts starting June 2010 // Smithsonian National Museum of Natural History. Bulletin of the Global Volcanism Network. Washington, USA, (Springer Publ.). ISSN 1050-4818.2010. V. 35. № 11. P. 4-9.

**Дегтерев А.В.**, Жарков Р.В., Козлов Д.Н. «Черный Дракон» - новый источник гейзерного типа на Курильских островах // Вестник Сахалинского музея. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2010. № 17. С. 309-314.

Рыбин А.В., **Дегтерев А.В.**, Чибисова М.В., Нерода А.С., Мелекесцев И.В., Разжигаева Н.Г., Чащин А.А., Чирков С.А., Коротеев И.Г. Извержение вулкана Экарма в июне 2010 г // Вестник Сахалинского музея. 2011. № 18. С. 302-310.

**Дегтерев А.В.** Исследование современного состояния некоторых активных вулканов Курильской островной дуги // Вестник Сахалинского музея. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2009. № 16. С 229-237.

### **Научные издания**

Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г., Ганзей К.С., Василенко Н.Ф., **Дегтерев А.В.** и др. Извержение вулкана Пик Сарычева в 2009 году. - Москва: Янус-К, 2010. 48 с.

Rybin A.V., Razjigaeva N.R., **Degterev A.V.**, Ganzey K.S., Chibisova M.V. The Eruptions of Sarychev Peak Volcano, Kurile Arc: Particularities of Activity and Influence on the Environment. - New Achievements in Geoscience. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. P. 179-198.

Рыбин А.В., **Дегтерев А.В.**, Разжигаева Н.Г., Ганзей К.С., Чибисова М.В. Активные вулканы Курильских островов. Вулкан Пик Сарычева. - Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2012. 86 с.

**ДЕГТЕРЕВ**  
**Артем Владимирович**

**ИСТОРИЯ ЭРУПТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**  
**ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА В ГОЛОЦЕНЕ**  
**(о. МАТУА, ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)**

АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать  
Усл. печ. листов 1.58. Уч.-изд. листов 1,77.  
Формат 60x84/16. Бумага «Paper one».  
Тираж 100 экз. Заказ №7698.  
Печать офсетная. Цена договорная.

---

Отпечатано в офсетном цехе  
Института морской геологии и геофизики  
Дальневосточного отделения РАН,  
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б.