

## **Институт морской геологии и геофизики**

### **Дальневосточного отделения Российской академии наук.**

#### **Сведения о важнейших научных достижениях, полученных в 2016 г., и основные результаты законченных работ (или крупных этапов работ)**

#### **Института, полученные в 2016 г.**

1. Выполнена детальная реконструкция напряженного состояния в коре японской сейсмофокальной области, действовавшего непосредственно перед землетрясением Тохоку 11 марта 2011 г. Параметры напряженного состояния определены на основе метода катакластического анализа разрывных смещений. Анализ закономерности пространственного распределения напряжений, выполненный в коре для шести глубинных уровней, дал возможность сделать определенные выводы о геодинамическом режиме исследуемой области, а также об особенностях развития очага катастрофического по последствиям землетрясения Тохоку (Рис.1) (Rebetky Yu.L, **Polets A.Yu., Zlobin T.K.** The state of stress in the Earth's crust along the northwestern flank of the Pacific seismic focal zone before the Tohoku earthquake of 11 March 2011 // *Tectonophysics*. 2016. V. 685. P. 60-76).

2. По данным мирового каталога сейсмических моментов (GCMT) за период 1976-2016 гг. построена обобщенная окрестность сильного землетрясения. Получена более полная (чем возможно иным способом) информация по типовым сценариям развития фор- и афтершоковой активизации. К вновь выявленным видам предвестниковых аномалий относится аномалия уменьшения глубины слабых землетрясений в узкой окрестности обобщенного сильного землетрясения. Эта аномалия указывает на присутствие в очаговой области легкого флюида и позволяет оценить эпизодический, но очень сильный рост проницаемости литосферы в очаговой зоне в процессе реализации сильного землетрясения (Рис.2) (**Rodkin M.V., Tikhonov I.N.** The typical seismic behavior in the vicinity of a large earthquake // *Physics and Chemistry of the Earth*. 2016. V. 95. P. 73-84.).

3. Формирование складчато-блоковой структуры Западно-Сахалинского террейна завершается в четвертичное время. Северо-восточное сжатие в эоцене-плиоцене вызывало правосторонние перемещения вдоль ограничивающих террейн субмеридиональных разломов, вызывавших дислокации прилегающих отложений, аналогичные дислокациям вблизи зон разломов, периодически происходившим в кайнозое в рифтовые стадии формирования нефтегазовых осадочных бассейнов о. Сахалин и его шельфа (Рис.3) (Голозубов В.В., Касаткин С.А., Малиновский А.Н., Нечаюк А.Е., **Гранник В.М.** Дислокации меловых и кайнозойских комплексов северной части Западно-Сахалинского террейна // Геотектоника. 2016. № 4 . С. 105-120).

1. Выполнена детальная реконструкция напряженного состояния в коре японской сейсмофокальной области, действовавшего непосредственно перед землетрясением Тохоку 11 марта 2011 г. Параметры напряженного состояния определены на основе метода катакластического анализа разрывных смещений. Анализ закономерности пространственного распределения напряжений, выполненный в коре для шести глубинных уровней, дал возможность сделать определенные выводы о геодинамическом режиме исследуемой области, а также об особенностях развития очага катастрофического по последствиям землетрясения Тохоку (Рис.1) (Rebetky Yu.L, **Polets A.Yu., Zlobin T.K.** The state of stress in the Earth's crust along the northwestern flank of the Pacific seismic focal zone before the Tohoku earthquake of 11 March 2011 // Tectonophysics. 2016. V. 685. P. 60-76).

2. По данным мирового каталога сейсмических моментов (GCMT) за период 1976-2016 гг. построена обобщенная окрестность сильного землетрясения. Получена более полная (чем возможно иным способом) информация по типовым сценариям развития фор- и афтершоковой активизации. К вновь выявленным видам предвестниковых аномалий относится аномалия уменьшения глубины слабых землетрясений в узкой окрестности обобщенного сильного землетрясения. Эта аномалия указывает на присутствие в очаговой области легкого флюида и позволяет оценить эпизодический, но очень сильный рост проницаемости литосферы в очаговой зоне в процессе реализации сильного землетрясения (Рис.2) (Rodkin M.V., **Tikhonov I.N.** The typical seismic behavior in the vicinity of a large earthquake // Physics and Chemistry of the Earth. 2016. V. 95. P. 73-84).

3. Формирование складчато-блоковой структуры Западно-Сахалинского террейна завершается в четвертичное время. Северо-восточное сжатие в эоцене-плиоцене вызывало правосторонние перемещения вдоль ограничивающих террейн субмеридиональных разломов, вызывавших дислокации прилегающих отложений, аналогичные дислокациям вблизи зон разломов, периодически происходившим в кайнозое в рифтовые стадии формирования нефтегазовых осадочных бассейнов о. Сахалин и его шельфа (Рис.3) (Голозубов В.В., Касаткин С.А., Малиновский А.Н., Нечаюк А.Е., **Гранник В.М.** Дислокации меловых и кайнозойских комплексов северной части Западно-Сахалинского террейна // Геотектоника. 2016. № 4 . С. 105-120).

4. С помощью современных аналитических методов получены новые данные об изотопном и химическом составе сопочных вод и брекчии грязевых вулканов Керченского п-ова. Сопочные воды слабосоленые, хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые, с повышенным содержанием кислорода-18. Брекчия обогащена органическим веществом и рядом микроэлементов (Li, Se, Hg и др.), среди петрогенных элементов отмечается деплетирование Са. Полученные данные являются основой для создания системы геохимических индикаторов, маркирующих эруптивные выходы грязевых вулканов (Рис.4) (**Ершов В.В., Левин Б.В.** Новые данные о вещественном составе продуктов деятельности грязевых вулканов Керченского полуострова // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471. № 1. С. 82-86).

5. Установлено, что позднеюрская (?)-раннемеловая рождественская толща Западно-Сахалинского террейна является фрагментом аккреционной призмы Ребун-Кабато-Монероно-Самаргинской островодужной системы. При формировании побединской и красноярковской свит пирокластический и обломочный материал поступал в осадочный бассейн при извержениях вулканов и разрушении Ребун-Кабато-Монероно-Самаргинской островной дуги и Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса (Рис.5,6) (**Гранник В.М.** Изверженные породы Западно-Сахалинского террейна острова Сахалин // Доклады Академии наук. 2016. Т. 470, № 6. С. 688-691).



б. С применением разработанного и опробованного в 2015 г. авторского метода расчета динамических параметров (ДП) очагов землетрясений проведено массовое определение значений спада напряжений для 87 событий в Северном Тянь-Шане за 1998-2012 гг. Устойчивые корреляции между спадом напряжений и магнитудой  $M$  обнаружены только для событий с  $M < 4$ . Установлена взаимосвязь между площадными распределениями ДП и угла напряженно-деформированного состояния, а также параметра Лодэ-Надаи. В зоне с минимальным значением этого угла (режим горизонтального сжатия, коэффициент Лодэ-Надаи 0,73-0,93) располагается большинство событий с повышенным уровнем спада напряжений, более 0,9 МПа. (Рис.7). (Сычева Н.А., Богомолов Л.М. Закономерности падения напряжений при землетрясениях Северного Тянь-Шаня // Геология и геофизика. 2016. Т.57. № 11. С. 2071-2083).

7. В издательстве Springer вышло 2-е издание монографии «Physics of Tsunamis». В основу монографии легли прежде изданные книги «Физика цунами и родственных явлений в океане» (Москва, Янус-К, 2005 г.) и “Physics of Tsunamis” (Dordrecht-London, Springer, 2009), а также научные статьи авторов и коллег за последние годы. Многие университеты в Европе, Японии, Китае и Латинской Америке используют эту книгу для обучения студентов и аспирантов по специальности «Геофизика». Результат получен совместно с Московским государственным университетом им. М.В. Ломоносова (Рис.8) (**Levin B.W.**, Nosov M.A. Physics of Tsunamis. Springer International Publishing Switzerland, the Second Edition, 2016. 388 p.).

8. Описаны случаи цунами, сопровождавшиеся аномально высокими заплесками на отдельных участках побережья. Одной из причин формирования таких высоких заплесков могут быть особенности направленного излучения очага цунами. Рассмотрена задача направленности из составного очага в океане постоянной глубины. Выявлен эффект стабилизации углового распределения энергии по мере распространения цунами. Получены асимптотические оценки диапазона значений для углового распределения энергии излучения, при этом верхняя граница пропорциональна количеству составных частей очага. Последнее означает, что ярко выраженными эффектами направленности будут обладать только сложно составленные очаги (**Kaistrenko V.** On the Directional Emitting of the Tsunami Source // TSUNAMIS ALONG THE COAST, Eds. Byung Ho Choi, Efim Pelinovsky, Seoul: Hanrimwon Publishing, 2016, P. 197-205).

9. Охарактеризована активность вулканов Курильской островной дуги в 2009-2015 гг., по данным спутникового мониторинга и визуальных наблюдений, а также по результатам полевых исследований на активных вулканах. Дан анализ современного состояния проблемы мониторинга вулканической активности. Изучены последние извержения вулканов Иван Грозный, Кудрявый (о. Итуруп), Сноу (о. Чирпой), Пик Сарычева (о. Матуа), Экарма (о. Экарма), Чиринкотан (о. Чиринкотан), Чикурачки (о. Парамушир), Алаид (о. Атласова) (Рис.9,10) (An overview of satellite monitoring of volcanoes / Kenneson G. Dean, J. Osiensky, E. Gordeev, S. Senyukov, **A. V. Rybin**, Yu. V. Karagusov, N. S. Terentyev, **V. Guryanov** // Monitoring Volcanoes in the North Pacific. Observations from Space / eds.: Kenneson Gene Dean, Jonathan Dehn. Springer, 2015. P. 261-302; **Рыбин А.В., Дегтерев А.В., Чибисова М.В., Гурьянов В.Б., Коротеев И.Г.** Вулканическая активность на Курильских островах в 2012-2015 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 2, вып. 30. С. 1-11).

10. Осуществлена программная реализация модуля моделирования сейсмического и гедеформационного процессов при отборе и закачке жидкости в геосреду. Гедеформационные эффекты оцениваются путем прямого расчета смещений на свободной поверхности вблизи источников закачки. Триггерные сейсмические эффекты оцениваются путем расчета скорости накопления избыточных касательных напряжений в зоне разлома. Выполнено сейсмологическое обоснование возможных максимальных магнитуд техногенных землетрясений и их периодов повторяемости в районе промышленного освоения шельфовых месторождений нефти и газа на северо-востоке Сахалина в результате техногенного воздействия на геосреду (**Zabolotin A., Konovalov A.V., Stepnov A.A., Tomilev D.E., Sychov A.S.** Fluid Injection Induced Seismicity in the Oil and Gas Field Areas: Monitoring and Modeling // *Mechanics, Materials Science & Engineering*. 2016. V. 4. P. 170-178; **Заболотин А.Е., Лоскутов А.В., Коновалов А.В., Турунтаев С.Б.** Моделирование триггерного сейсмического и гедеформационного процессов при нагнетании жидкости в геосреду // *Тихоокеанская геология*. 2016. Т. 35, № 6. С. 26-37).

11. На основе моделирования морфодинамических процессов исследованы тенденции развития береговой системы, включающей Ныйский залив (лагуну) и косу Пластун (рис 11). Наблюдаемое удлинение косы и миграция пролива Анучина объясняются изменениями вдольберегового потока наносов, который перемещает материал к окончанию косы с южной стороны. Показано, что сильные шторма, действующие на фоне нагона и прилива, способствуют углублению дна лагуны. Предложена модель системы приливного залива, описывающая эволюцию приливной осушки в условиях повышения относительного уровня моря. Сделан вывод о том, что объем осушки через 100 лет может сократиться в несколько раз (Леонтьев И.О., **Афанасьев В.В.** Динамика лагунного берега северо-восточного Сахалина на примере системы Ныйского залива и косы Пластун // *Океанология*. 2016. Том 56, № 4. С. 618–626).

12. Обнаружены признаки региональной газонасыщенности мезокайнозойского, осадочно-траппового чехла на поднятии Шатского: многочисленные газовые столбы, окна, газопроявления, фиксируемые по перерыву или заметному ослаблению сейсмозаписи. Выделен подводный газовулканический взрывной конус, связанный с внедрением горячей интрузии в газовые пласты. Его образование предварительно датируется кварталом. Таким образом, поднятие Шатского – часть недавно выделенной первой абиссальной нефтегазоносной провинции Земли – Северо-Западной плиты Пацифики (Рис.12) (**Ломтев В.Л.** Строение и история абиссальных холмов Северо-Западной плиты Пацифики по данным непрерывного сейсмического профилирования и сейсмостратиграфии // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016. Т. 7, № 2. С. 273–288; **Ломтев В.Л.** Абиссальные холмы СЗ плиты Пацифики: особенности строения и относительный возраст // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2016. № 2. С. 57–75).

13. Данные наблюдений ОНЧ-радиоволн на принимающих станциях в Петропавловске-Камчатском, Южно-Сахалинске и Мошири (Япония) были использованы для анализа отклика нижней ионосферы на Симуширское (2006), Чилийское (2010) и Тохоку (2011) цунами. Аномалии в ночных наблюдениях амплитуды и фазы сигнала были найдены при распространении цунами вдоль трассы передатчик-приемник. Спектральные характеристики ОНЧ вариаций показали хорошее совпадение частотных максимумов с данными записей колебаний уровня моря на DART и GPS станциях. Обнаруженные возмущения в нижней ионосфере вызываются внутренними гравитационными волнами, возбуждаемыми цунами (Рис.13). (Соловьева М.С., Рожной А.А., Шалимов С.Л., **Левин Б.В., Шевченко Г.В., Гурьянов В.Б.** Возмущения амплитуды и фазы субионосферного ОНЧ сигнала при прохождении волн цунами // Геофизические исследования. 2016. Т.17. №3. С. 32-44).



14. По результатам интерпретации данных НСП МОВ и профиля МОГТ 1 обнаружено, что в прикурильской части ложа Тихого океана (СЗ плита Пацифики) помимо асимметричных тектонических холмов широко распространены и конические, инъективные холмы без признаков подводной вулканической деятельности. Конические холмы сформированы бескорневыми гранитными протрузиями неогена-квартера из слоя трения аллохтона. Образование протрузий связывается с гранитизацией подтрапповых, первично-осадочных толщ раннего Тетиса в слое трения аллохтона. В плане тектонические и инъективные холмы нередко совмещаются (Рис.14) (**Ломтев В.Л.** Строение и история абиссальных холмов Северо-Западной плиты Пацифики по данным непрерывного сейсмического профилирования и сейсмостратиграфии // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016. Т. 7, № 2. С. 273–288; **Ломтев В.Л.** Абиссальные холмы северо-западной части Тихого океана // *Геоморфология*. 2016. № 2. С. 72–84).

15. Технология метода композиции распределений приливной и непериодической составляющей применена к расчету скоростей дрейфа льда на северо-восточном шельфе о-ва Сахалин. Исходными материалами послужили ежечасные векторные ряды скорости дрейфа, полученные на береговой РЛС «Одопту» (1986-1996), и на добывающей платформе «Моликпак» (1999- 2006, только май). Полученные оценки скоростей дрейфа редкой повторяемости (максимальные в январе-феврале до 2.2 м/с) могут быть применены при расчете нагрузок на ледостойкие основания буровых платформ и другие объекты по добыче и транспортировке углеводородного сырья (**Шевченко Г.В.**, Тамбовский В.С Расчет экстремальных скоростей дрейфа льда на северо-восточном шельфе о. Сахалин по данным радиолокационных измерений // Метеорология и гидрология. 2016. №7. С. 37-46).

16. По результатам интерпретации данных непрерывного сейсмопрофилирования методом отраженных волн (НСП МОВ) и профиля МОГТ 1 В.Л. Ломтев установил, что гравитационный срыв или сползание океанической коры (слои 1-4) со склонов краевого вала и поднятий зоны разлома Хоккайдо в прикурильской части ложа Тихого океана (СЗ плита Пацифики) надежно маркируют многочисленные асимметричные тектонические холмы высотой до 1 км, не имеющие признаков подводной вулканической деятельности. Срыв датируется неогеном-квартером и продолжается в настоящее время, сопровождаясь мелкофокусной сейсмичностью (Рис.15) (Ломтев В.Л. Строение и история абиссальных холмов Северо-Западной плиты Пацифики по данным непрерывного сейсмического профилирования и сейсмостратиграфии / *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016. Т. 7, № 2. С. 273–288; Ломтев В.Л. Абиссальные холмы северо-западной части Тихого океана // *Геоморфология*. 2016. № 2. С. 72–84).

17. На основе обобщения собственных и литературных данных об изотопном и химическом составе сопочной брекчии, вод и газов, выбрасываемых наземными грязевыми вулканами, рассмотрены особенности геохимических процессов в грязевулканических системах. Установлено, что модель смешения вещества из разных источников не всегда может объяснить полученные геохимические данные. Есть основания полагать, что широкий диапазон геохимических показателей для извергаемого вещества является также результатом взаимодействия в системе «вода–порода–газ», которой является подводящий канал грязевого вулкана (Рис.16) (**Ершов В.В., Никитенко О.А., Перстнева Ю.А.** Геохимические аспекты миграции подземных флюидов в грязевых вулканах // Вестник ДВО РАН. 2016. № 5. С. 52-58).

18. Предложена методика прогнозирования сейсмических событий по ОНЧ/НЧ сигналам с помощью нейросетевого подхода, реализуемого методом обратного распространения ошибки МОРО. Для создания обучающей выборки используется комплексная база данных, содержащая как амплитуды и фазы ОНЧ/НЧ сигнала, измеряемые в режиме мониторинга в Курило-Камчатском регионе, так и соответствующие параметры сейсмичности региона. Показана эффективность использования нейросетевого подхода для краткосрочного прогноза землетрясений, начиная с магнитуды  $M \geq 5.5$ , по изменениям в амплитудах и фазах НЧ сигналов за ночной период времени для одной радиотрассы. Результат получен совместно с ИФЗ РАН и КФ ФИЦ ЕГС РАН (Рис.17) (Попова И., А. Рожной, М. Соловьева, **Б. Левин**, В. Чебров. Нейросетевая методика прогнозирования сейсмических событий по низкочастотным электромагнитным сигналам в Курило-Камчатском регионе // Физика Земли. 2016. №. 2. С. 162-174).

19. Разработан программный комплекс для работы с данными уровня моря. Рассмотрены особенности обработки и отображения больших (свыше 15 млн. точек) массивов данных. Проведено сравнение различных алгоритмов спектрального анализа данных, описан разработанный алгоритм расчёта текущего спектра и взаимного текущего спектра, а также оригинальная оптимизация техники последовательных фильтров. Приведены примеры результатов расчётов (Рис.18) (**Плеханов Ф.А., Ковалев Д.П.** Программа комплексной обработки и анализа временных рядов данных уровня моря на основе авторских алгоритмов // Геоинформатика. 2016. №1. С. 44-53).

20. По результатам численного моделирования показано, что аномальное морское подтопление береговой полосы в северной части Охотского моря 6-7 февраля 2014 года было спровоцировано метеоцунами, порожденным выходом глубокого циклона с Тихого океана. При совпадении метеоцунами с фазой полной воды прилива, подъем уровня превысил 4,1 м, что, в сочетании с ветровым волнением, привело к поступлению морских вод на улицы населенного пункта Охотск (Рис.19) (**Золотухин Д.Е.** Аномальное морское подтопление 6-7 февраля в районе Охотска: наблюдение и моделирование // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т. 1, № 1 (31). С. 22-26).

21. Разработана структурно-неотектоническая карта и схема основных неотектонических структурных элементов района Охотского моря, которые были сопоставлены с палеогеографическими схемами четырех временных интервалов с позднего мела до позднего плиоцена. Показано, что в доолигоценое время здесь была пенеценизированная равнина (палеосуша), по периферии окаймленная относительно глубоководным прогибом. Собственно неотектонический этап развития впадины Охотского моря начался в олигоцене–нижнем миоцене (**Семакин В.П., Кочергин А.В., Питина Т.И.** Неотектоника Охотского моря // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016. Т. 7, № 2. С. 251–271).



22. Представлены результаты применения перспективного программного комплекса “Seis-ASZ”, позволяющего обрабатывать потоки сейсмических событий с построением графиков различных параметров этих потоков в скользящем окне. Основным параметром в данной системе является критерий неустойчивости сейсмического процесса, определяемый по отклику среды на приливные воздействия (LURR-метод). С помощью программного комплекса “Seis-ASZ” для сейсмически активного региона России – Сахалина проведен анализ потока сейсмических событий во времени для выявления периодов неустойчивости сейсмического процесса, которые приурочены к подготовке сильных землетрясений (Рис.20) (Закупин А.С. Программный комплекс для анализа неустойчивости сейсмического процесса // Геоинформатика. 2016. № 1. С. 34-43).

23. По данным НСП ИМГиГ на северо-западной плите Пацифики впервые описаны долгоживущая (поздняя юра-квартер) конседиментационная моноклинал (одиночный холм близ поднятия Шатского) и минихолмы на ложе близ разлома Тускарора. Моноклинал связана со скрытым надвигом, история которого, судя по утонению осадков к своду, включала два периода конседиментационного смещения, разделенных продолжительным периодом покоя. Минихолмы, вероятно, являются черными курильщиками, связанными с гидротермальной циркуляцией над неглубокой (до ~1 км под дном) молодой горячей интрузией (Рис.21) (Ломтев В.Л. Строение и история абиссальных холмов Северо-Западной плиты Пацифики по данным непрерывного сейсмического профилирования и сейсмостратиграфии // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016. Т. 7, № 2. С. 273–288; Ломтев В.Л. Абиссальные холмы СЗ плиты Пацифики: особенности строения и относительный возраст // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2016. № 2. С. 57–75).

24. Предложен двухэтапный способ обнаружения завершающей стадии подготовки сильного ( $M \geq 5$ ) землетрясения в южной части Сахалинского региона и прогнозирования момента его возникновения. Ретроспективная оценка возможности использования предлагаемого подхода выполнена на основе данных детального каталога землетрясений за период наблюдений с 2004 по 2008 г. Результаты апробации метода на данных детального каталога землетрясений юга Сахалина показывают, что землетрясениям с  $M \geq 5,0$  предшествуют предвестниковые аномалии в виде сильных вариаций параметра  $\gamma$  алгоритма LURR, развитие сейсмического процесса во времени имеет нелинейный характер (Рис.22) (**Гихонов И.Н., Закупин А.С.** Ретроспективная оценка применимости двухэтапной схемы краткосрочного прогнозирования землетрясений ( $M \geq 5$ ) Южного Сахалина по данным детального каталога// Вестник ДВО РАН. 2016. № 1(185). С. 58-67).

25. Выполнен анализ оригинальных данных о современном состоянии, особенностях морфологии и морфометрических параметрах не изученного ранее вулканического кратерного озера Красивое (о-в Итуруп). Приводятся батиметрическая схема и эхолотационные профили, полученные при помощи современной методики цифровой батиметрической съемки. Впервые получены достоверные сведения о специфике строения дна озерной котловины, ее форме и размерах, а так же о структуре верхней части седиментационной толщи (Рис.23) (**Козлов Д.Н.** Морфология кратерного озера Красивое (о. Итура, Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 3, вып. 31. С. 65-71).

26. Впервые в отечественной практике прогностический расчет высот Чилийского цунами, вызванного землетрясением с моментной магнитудой  $M_w=8,2$  1 апреля 2014 года, для побережья Курильских островов был выполнен в режиме реального времени. За 10 часов до подхода волн, было определено, что цунами опасности не представляет (тревога на тихоокеанском побережье России не объявлялась). Расчет выполнен на основе данных глубоководной станции DART и численного моделирования (Рис.24,25) (Королев Ю.П., Храмушин В.Н. Об оперативном прогнозе цунами 1 апреля 2014 г. вблизи побережья Курильских островов // Метеорология и гидрология. 2016. №4. С. 86–93).

27. На основе анализа спутниковой информации о концентрации хлорофилла-а, а также материалов гидрологических съемок, выявлено аномальное опресняющее действие стока реки Амур на морские воды шельфовой зоны о. Сахалин в 2013 году. Показано, что летом амурские воды распространились необычно далеко в центральную часть Охотского моря. Осенью эти воды вызвали значительное понижение солености (более чем на 1‰ по сравнению со средними многолетними значениями) в заливе Анива, расположенном почти на 1000 км южнее северной оконечности острова. Аномальное опреснение отмечено также в северной части Татарского пролива (Рис.26) (Цхай Ж.Р., **Шевченко Г.В.**, Частиков В.Н. Аномальное распространение стока реки Амур в Охотском море в 2013 г. // Исследование Земли из космоса. – 2016. - №3. – С. 84-88).

28. Обоснована эффективность метода расчета вероятностей редких сильнейших сейсмических событий на основе использования предельного обобщенного распределения Парето (GPD) и предельного обобщенного распределения экстремальных значений (GEV). После уточнения значений параметров предельных распределений по мировым данным станет возможным перейти и к получению локальных оценок сейсмической опасности (в масштабе карт ОСР) с использованием данных об интенсивности потока землетрясений и величин наклона графика повторяемости. (Рис.27) (Pisarenko V.F., **Rodkin M.V.**, Sornette A., Sornette D. Reply to “Comment on Pisarenko et al., ‘Characterization of the Tail of the Distribution of Earthquake Magnitudes by Combining the GEV and GPD Descriptions of Extreme Value Theory’” by Mathias Raschke in Pure Appl Geophys (2015) // Pure Appl.Geophys. 2016. V. 173, Issue 2. P. 709-723).

29. На побережье бухты Триозерье (Восточное Приморье) установлены следы двух палеоцунами, произошедших до нашей эры, и найден маломощный прослой песка морского происхождения - след цунами 1026 г., одного из крупнейших событий Япономорского региона. Возрастная привязка событий палеоцунами сделана на основе радиоуглеродного датирования органогенных отложений. В одном разрезе найден маркирующий пепел В-Тm влк. Байтоушань (969 г.). Определение масштаба палеоцунами показало, что эти события были более сильными, чем известные цунами конца XX века (1983, 1993 гг.). Зона затопления охватывала тыловую часть береговой низменности с озерами. Цунами сопровождалась активной эрозией (Рис.28) (Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Арсланов Х.А., Гребенникова Т.А., Лебедев И.И., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., **Горбунов А.О.**, Наумов Ю.А. Проявление палеоцунами в позднем голоцене на побережье бухты Триозерье, Японское море // Успехи современного естествознания. 2016. №8. С. 166-172).



30. Впервые проведен длительный непрерывный мониторинг температуры водогрязевой смеси в одном из грифонов Южно-Сахалинского грязевого вулкана. Установлено, что зимой температура является почти постоянной (около 2 °С). В летнее время температура в грифоне зависит от температуры воздуха, но спектр входного сигнала перестраивается более сложным образом, чем для линейной стационарной системы. Это позволяет говорить о том, что свойства системы изменяются во времени по причине изменения флюидной активности вулкана (Рис.29) (**Ершов В.В.** Первый опыт гидрогеотермических наблюдений на Южно-Сахалинском грязевом вулкане // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. № 2. С. 11-15).

31. Показано, что установка регистраторов волнения в прибрежной зоне, развертывание сети автономных станций ИМГиГ ДВО РАН и телеметрических регистраторов СПЦ в районе Южных Курильских островов, а также глубоководных измерителей DART в северо-западной части Тихого океана позволило получить материал натуральных наблюдений. Анализ записей цунами выявил важные особенности пространственного распределения амплитуд и преобладающих периодов колебаний на различных участках тихоокеанского побережья России. Оценена роль направленности источника и частотно-избирательных свойств отдельных акваторий, развиты численные модели, адекватно воспроизводящие распространение реальных цунами (Шевченко Г.В., Ковалев Д.П., Ковалев П.Д., Ивельская Т.Н. Инструментальные измерения цунами на побережье и в открытом океане// История науки и техники. 2016. №6. С. 42-53).

32. Выявлено, что в экстремальных условиях островных природных комплексов у древесных растений протекает сложный разнонаправленный процесс адаптации. Современная поствулканическая деятельность вызывает не только количественные, но и качественные перестройки в стебле растения на протяжении всей его жизни. Выявлены структурные аномалии в строении коры и древесины молодых стеблей, которые, вероятно, являются откликом на специфические экстремальные условия газогидротермальных полей. Аномалии представляют собой неспецифические структуры с нарушенной осевой симметрией и формой близкой к шаровидной (рис. 30) (**Копанина А.В.** Структурные эколо-анатомические исследования древесных растений Сахалина и Курильских островов // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2016. Вып. 15, № 2. С. 36-38; **Вацерионова Е.О., Копанина А.В.** Особенности структуры молодых стеблей *Spirea beauverdiana* в условиях сольфатарных полей вулкана кальдеры Головнина, остров Кунашир // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2016. Вып. 15, № 2. С. 8-10).

33. Впервые изучены процесс и темпы становления структуры коры дальневосточной древесной лианы *Toxicodendron orientale*, произрастающей в условиях острова Кунашир (Южные Курильские острова). Выполнено исследование анатомических особенностей коры в онтогенезе. Выявлены особенности возрастных преобразований тканей и отдельных элементов коры (Власова И.И. Формирование тканей коры *Toxicodendron orientale* // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН, 2016. Вып. 15. № 2. С. 11-12).

34. Выделен наиболее оптимальный участок для вывода на поверхность высокотемпературных минеральных вод месторождения Дачное (о-в Итуруп) по данным детальной площадной малоуглубинной термосъемки. Получены новейшие данные по наиболее представительным для месторождения гидротермам скважин №1 и №5, включая полный химический состав, газовый и изотопный составы термальных вод. Результаты физико-химических исследований позволили провести оценку перспективности использования термоминеральных вод в бальнеотерапии (Рис.31) (**Веселов О.В., Казаков А.И.** Моделирование термального поля в зонах современной тектоно-магматической активности по результатам малоуглубинной термосъемки // Проблемы недропользования. 2016. № 3. С. 40–47; **Жарков Р.В.** Геохимические особенности современных термоминеральных вод Дачного месторождения (о. Итуруп, Курильские острова) // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. №1. С. 6-11).

35. Рассмотрена принципиальная возможность применения параметра LURR (LURR – load-unload response ratio) для анализа сейсмичности на Сахалине. Метод может быть эффективен метода при более длительном мониторинге и реализации двухступенчатого способа краткосрочного прогнозирования сильных землетрясений по следующей схеме: обнаружение высокой вероятности такого события с помощью алгоритма LURR и последующее уточнение момента его возникновения с помощью метода саморазвивающихся процессов (СРП) (Закупин А.С., Тихонов И.Н., Тараканов Р.З. Приливные деформационные возмущения как инструмент для прогноза сейсмической опасности (на примере Южного Сахалина) // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. № 1(26). С. 25-30).

36. На основе GPS наблюдений получены новые данные о горизонтальных движениях земной поверхности Северного Сахалина после Нefтегорского землетрясения 1995 Mw=7.0. Основным характером деформирования земной поверхности является сжатие островной суши в субширотном направлении, которое сменяется правосторонним сдвигом в окрестности Верхне-Пильтунского разлома, вскрывшегося в результате землетрясения. Характер деформирования окрестности разлома отражает его свободное состояние после землетрясения (Рис.32) (**Прытков А.С., Василенко Н.Ф.** Геодинамика Северного Сахалина после Нefтегорского землетрясения 1995 г. Mw=7.1 по данным GPS наблюдений // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. № 3(28). С. 9-12).

37. Развитие сети непрерывных и периодических GPS/ГЛОНАСС наблюдений на Сахалине и Курильских островах дало обширный материал для изучения современных геодинамических процессов в зонах конвергенции Евразийской, Североамериканской и Тихоокеанской литосферных плит. На основе методов спутниковой геодезии получены уникальные данные о геодинамике Курильской зоны субдукции и межплитовом взаимодействии на о. Сахалин (Рис.33) (**Василенко Н.Ф., Прытков А.С., Сапрыгин С.М.** Геодинамические GPS/ГЛОНАСС наблюдения исследования в Сахалин-Курильском регионе // История науки и техники. 2016. № 6. С. 72-80).



38. Впервые показана зона тени гидрогеодинамического предвестника для не глубоких (10-50 км) землетрясений Сахалина и Курильских островов. Ее появление связано с эффектом упрочения горных пород при сжатии, которое генерируется коровыми землетрясениями. Пьезометрическая реакция на боковое сжатие происходит при деформациях, на один-два порядка больше, чем в случае предвестника землетрясений, и зависит от пластовой трещиноватости, которая определяет проницаемость водоносного горизонта. Зона тени сохранится для коровых землетрясений Тихоокеанского пояса (Рис.34) (**Сапрыгин С.М., Сеначин В.Н., Сеначин М.В.** О гидрогеодинамическом предвестнике землетрясений // История науки и техники. 2016. № 6. С. 89-94).

39. В работе охарактеризовано современное состояние кальдеры Головнина: описаны все известные сольфатарные поля и газогидротермальные проявления (Центральное Восточное, Центральное Западное, Черепаховое, Безымянное, Набоковское, Подводное, Внешнее сольфатарные поля и Алехинские источники), а также вулканические кратерные озера Горячее и Кипящее, приводятся данные по химическому составу и типизации термальных вод (Рис.35) (**Жарков Р.В., Козлов Д.Н.** Современная поствулканическая активность в кальдере Головнина (о. Кунашир, Курильские о-ва) // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. №1 (26). С. 18-24).

40. Представлены первые результаты тефрохронологических исследований, направленных на реконструкцию эксплозивной активности вулканов о. Итуруп (Южные Курильские острова) в голоцене. Изучение истории развития отдельных вулканических построек позволили определить закономерности пространственно-временной эволюции вулканизма региона. Полученные данные составляют основу для организации мониторинга текущей эруптивной активности, долгосрочного прогноза и оценки вулканической опасности (Рис.36) (Дегтерев А.В., Рыбин А.В., Арсланов Х.А., Коротеев И.Г., Гурьянов В.Б., Козлов Д.Н., Чибисова М.В. Эксплозивные извержения на о. Итуруп в голоцене: предварительные результаты тефрохронологических исследований // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. Вып. 2. С. 6-10).

41. Представлены результаты исследований особенностей изменения параметров эпифитного лишайникового покрова в елово-пихтовых участках леса в окрестностях северо-западного сольфатарного поля вулкана Менделеева на о-ве Кунашир, а также содержания различных химических элементов (в том числе тяжёлых металлов и серы) в талломах эпифитного кустистого лишайника *Bryoria capillaris* на разном удалении от сольфатарного поля. Выявлена обратная экспоненциальная зависимость между содержанием S, Fe, Al, Cu, Pb и Cr и расстоянием до наиболее активных сольфатар. Также с приближением к активным сольфатарам происходит практически полная смена видового состава эпифитных лишайников. В этих условиях встречаются устойчивые к фумарольным газам виды (Рис.37) (**Кордюков А.В., Ежкин А.К., Жарков Р.В.** Содержание тяжёлых металлов и серы в лишайнике *Bryoria capillaris* в окрестностях северо-западного сольфатарного поля вулкана Менделеева (о. Кунашир, Курильские о-ва) // Проблемы региональной экологии. 2016. №1. С. 50–54;. **Ежкин А.К., Кордюков А.В.** Особенности изменения параметров эпифитного лишайникового покрова в окрестностях вулкана Менделеева (о-в. Кунашир, Южные Курилы) // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2016. № 15. С.26–28).

42. Проанализирована современная сейсмичность Северного Сахалина и его восточного шельфа по результатам детальных сейсмологических наблюдений, проводимых с 2006 года. Получены уникальные сведения о характере сейсмического режима в районах промышленного освоения месторождений нефти и газа. Заложена основа для уточнения линеаментно-доменной модели Сахалина в рамках прикладных задач сейсмического районирования (Рис.38) (**Коновалов А.В., Степнов А.А., Гаврилов А.В., Манайчев К.А., Сычев А.С., Клачков В.А., Сабуров М.С.** Особенности региональной сейсмичности на севере о. Сахалин в связи с промышленным освоением месторождений нефти и газа на шельфе // История науки и техники. 2016. № 6. С. 63-71).

43. Выполнен детальный анализ строения верхнеплейстоценовой аллювиально-морской равнины северо-западной части о-ва Сахалин, облик которой был существенно изменен в голоцене торфонакоплением, мерзлотными и эоловыми процессами. Установлен сложный полигенный и полихронный характер формирования поверхностей даже одного геоморфологического уровня. На участках побережья, характеризующихся большими объемами выноса обломочного материала с суши, главным образом в устьевых областях, развитие процессов эоловой аккумуляции связывается с понижением уровня моря. На побережье, где поступление наносов в береговую зону обеспечивается преимущественно морскими гидродинамическими процессами, эоловые отложения формируются в период волновой аккумуляции (Рис.39) (Афанасьев В.В. Геоморфологическое строение и история развития прибрежной равнины северо-западного Сахалина // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 11(53) С. 139-148).

44. Проведен анализ приборного обеспечения исследований волновых процессов в прибрежной зоне моря. Установлено, что для этого необходим недорогой регистратор волнения с использованием аналогового преобразователя гидростатического давления. Приведено описание такого измерителя АРВ-А, разработанного в ИМГиГ ДВО РАН совместно с Тамбовским государственным университетом им. Г.Р. Державина (Рис.40) (**Ковалев Д.П., Ковалев П.Д.** Приборное обеспечение исследований гидродинамики в прибрежной зоне моря // История науки и техники. 2016. № 6. С. 54-62).

45. На южных Курильских островах обнаружены новые и редкие для Курил виды мхов: 3 новых для Сахалинской области, 10 новых для Курил, 1 новый для Южных Курил, 1 новый для Кунашира, 5 новых для Итурупа и 7 редких на островах видов. На острове Кунашир выявлен крайне редкий в России вид мха *Cyrto-hypnum versicolor*. Данные молекулярно-филогенетического анализа, также указывают на принадлежность курильского образца к *C. versicolor*, хотя его довольно многочисленные отличия в последовательностях ITS говорят о необходимости более широкой выборки, что делает этот вид перспективным для изучения филогеографии (**Koroteeva T.I.**, Fedorova A.V., Ignatov M.S. *Cyrto-hypnum versicolor* (Thuidiaceae, Bryophyta) in Russia // *Arctoa*. 2016. Vol. 25 (1). P. 80-88; Игнатова Е.А., Игнатов М.С., **Коротеева Т.И.**, Тубанова Д.Я. Новые находки мхов в Сахалинской области. 5. Курильские острова. In: Sofronova E.V. (ed.) *New bryophyte records*. 6 // *Arctoa*. 2016. Vol. 25 (1). P. 221-222).



46. Проанализирована применимость соотношения взаимности к длинным волнам на мелкой воде с учетом вращения Земли. Выведен критерий подобия для источников, учитывающий неоднородность глубины океана, при котором соотношение взаимности выполняется. Показано, что соотношение взаимности справедливо при временах пробега между источниками, сравнимых с характерными периодами волн. Принцип взаимности при учете вращения Земли соблюдается в случаях, когда взаимные источники являются симметричными (**Королев Ю.П.** Принцип взаимности для длинных волн на мелкой воде с учетом вращения Земли // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2016. Т. 9, № 2. С. 3-14).

47. В коллективной монографии представлены результаты исследований морфоструктуры Японского и Охотского морей, Японо-Сахалинской и Курило-Камчатской островных дуг, Японского и Курило-Камчатского глубоководных желобов и прилегающего ложа Тихого океана (геолого-геофизическое строение, история геологического развития, палеогеография, геодинамика, признаки нефтегазоносности на региональном или локальном уровне). Приведены геолого-геофизические материалы, результаты их обработки, интерпретации или моделирования по современным методикам, собранные в 2012-2014 гг. и ранее. (О.В. Веселов, Д.Н. Козлов, А.В. Кочергин, Е.В. Кочергин, В.Л. Ломтев, Л.М. Лютая, В.П. Семакин, В.Н. Сеначин, М.В. Сеначин, В.А. Паровышний, **В.Н. Патрикеев**, **И.Н. Тихонов**, Особенности строения и геодинамики тектоносферы северо-западной части Тихого океана и дальневосточных морей / отв. редакторы В.Г. Варнавский, А.И. Обжиров, А.В. Савицкий. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – 148 с.).