

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
 Дальневосточного отделения Российской академии наук

УДК [551.35.:553.9] (265.51+265.52+265.53+265.54)

№ гос. регистрации 01201256064

Инв. №



ОТЧЕТ
 О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Проект 75. Мировой океан – физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы и континентальных окраин; роль океана в формировании климата Земли, современные климатические и антропогенные изменения океанских природных систем

Тема 5: Геология и минеральные ресурсы окраинных морей северо-востока Азии и примыкающих котловин Тихого и Северного Ледовитого океанов; влияние геологических процессов на палеоокеанологические условия кайнозоя, современный климат и природную среду

(промежуточный)

Руководители НИР:

зам. директора института
 д-р геол.-минер. наук

А.С. Астахов

зав. отделом геологии и геофизики
 д-р геол.-минер. наук

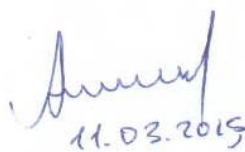
А.И. Обжиров

Владивосток 2015

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководители работы:

Зам. директора ТОИ ДВО РАН
д-р геол.-минер. наук



11.03.2015

А.С. Астахов
(реферат, введение,
заключение, раздел 4.1,
4.2, общее

Зав. лабораторией газогеохимии
ТОИ ДВО РАН, д-р геол.-минер.
наук



11.03.2015

редактирование)
А.И. Обжиров
(реферат, заключение,
раздел 5.1, 5.2, 7.1, 7.4, 7.)

Ответственные исполнители:

Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук



11.03.2015

К.И. Аксентов (раздел
4.2)

Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук



11.03.15

А.В. Артемова
(раздел 6.1)

Ведущий научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук



11.03.15

Н.В. Астахова
(раздел 4.3, 4.4)

Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геогр. наук



11.03.15

А.А. Босин
(раздел 6.2, 7.3)

Ведущий инженер ТОИ ДВО РАН



11.03.2015

Б.А. Буров
(раздел 5.6)

Младший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН



12.03.2015

Л.Н. Василенко (раздел
2.7)

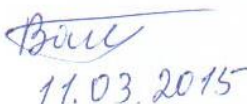
Научный сотрудник ТОИ ДВО
РАН, канд. геогр. наук



11.03.2015

Ю.П. Василенко
(раздел 6.1)

Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук



11.03.2015

Н.Г. Ващенко (раздел
1.1)

Зав. лабораторией геологических
формаций ТОИ ДВО РАН, д-р
геол.-минер. наук



11.03.15

С.А. Горбаренко
(раздел 3.1, 6.1, 6.2)

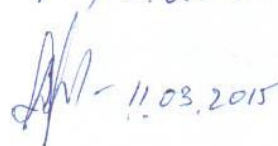
Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук



11.03.2015

А.И. Гресов (раздел 5.4)

Зав. лабораторией седиментологии
и стратиграфии ТОИ ДВО РАН,
д-р геол.-минер. наук



11.03.2015

А.Н. Деркачев
(раздел 3.3, 5.2, 7.1)

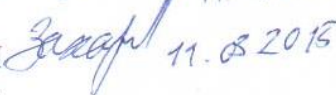
Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук



11.03.15

Т.А. Емельянова
(разделы 2.1, 2.2, 2.3)

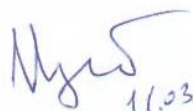
Ведущий научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук



11.03.2015

С.П. Захарков
(раздел 6.3)


Главный научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, д-р геол.-минер. наук


11.03.2015 Л.А. Изосов
(раздел 1.2, 1.3)


Зав. лабораторией сейсмических
исследований


11.03.2015 В.Н. Карнаух (раздел 5.5)

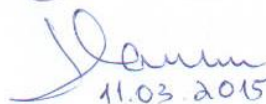
Научный сотрудник ТОИ ДВО РАН


11.03.2015 А.Н. Колесник
(раздел 4.1, 4.5, 4.6)

Научный сотрудник ТОИ ДВО
РАН, канд. геол.-минер. наук


11.03.2015 О.Н. Колесник
(раздел 4.3, 4.5, 4.6)

Старший инженер ТОИ ДВО РАН


11.03.2015 К.Ю. Крамчанин (раздел
1.2)


Главный научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, д-р геол.-минер. наук


11.03.2015 Е.П. Леликов
(разделы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4)


Старший инженер ТОИ ДВО РАН


11.03.2015 Н.С. Ли (раздел 1.2)


Аспирант ТОИ ДВО РАН


11.03.2015 Е.А. Лопатников (раздел
1.1, 4.4, 7.2)


Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук


С.Н. Медведев
(раздел 1.4)

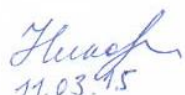
Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН канд. геогр. наук


11.03.2015 Г.И. Мишукова (раздел
5.3)


Зав. сектором физико-химического
анализа ТОИ ДВО РАН, канд. геол.-
минер. наук


11.03.15 А.В. Можеровский
(раздел 4.4)


Научный сотрудник ТОИ ДВО РАН


11.03.15 Н.А. Николаева (раздел
5.2, 7.1)


Научный сотрудник ТОИ ДВО
РАН, канд. геол.-минер. наук


11.03.15 М.С. Обрезкова (раздел
4.1)

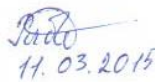
Научный сотрудник ТОИ ДВО РАН


11.03.2015 А.К. Окулов
(раздел 7.4)


Ведущий научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, д-р геогр. наук


11.03.2015 С.П. Плетнев (раздел 3.4,
3.5)

Научный сотрудник ТОИ ДВО РАН


11.03.2015 Ю.В. Рыбьякова
(раздел 6.2)

Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук


11.03.15 В.Т. Съедин
(раздел 1.1, 4.3, 4.4, 7.2)

Ведущий научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер наук

Точилина
12.03.15.

С.В. Точилина (раздел
2.7)

Старший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН

Уткин
11.03.2015

И.В. Уткин
(раздел 3.2, 3.6)

Зав. лабораторией геологических
формаций ТОИ ДВО РАН, д-р
геол.-минер. наук

Цой
11.03.2015

И.Б. Цой
(раздел 1.1, 2.5, 2.6)

Ведущий научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН, канд. геол.-минер. наук

Шакиров
11.03.2015

Р.Б. Шакиров
(раздел 5.1, 5.2)

Младший научный сотрудник ТОИ
ДВО РАН

Шамбарова
11.03.2015

Ю.В. Шамбарова
(раздел 6.3)

Научный сотрудник ТОИ ДВО
РАН, канд. геол.-минер. наук

Штрайхерт
11.03.2015

Е.А. Штрайхерт
(раздел 6.3)

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	9
Реферат.....	11
1 Морфоструктурное и неотектоническое районирование, геодинамическое моделирование типовых районов активной континентальной окраины	12
1.1 Новые данные по географическому положению, рельефу и геологической структуре подводных возвышенностей глубоководной котловины Японского моря. Съедин В.Т. Ващенко Н.Г., Лопатников Е.А., Цой И.Б.....	12
1.2 Модели строения земной коры структур дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана по данным линеаментного анализа сейсмоактивных зон. Изосов Л.А., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю.....	13
1.3 Геологическая и структурно-формационная карты залива Петра Великого и его побережья масштаба 1:1000000 с элементами глубинного строения. Изосов Л.А	15
1.4 Модель строения осадочной толщи Центральной (Японской) котловины Японского моря на основе метода кинематической миграции. Медведев С.Н....	19
2 Магматические и осадочные формации дальневосточных окраинных морей и Курильской островной дуги	20
2.1 Источники магмогенезиса позднекайнозойских вулканитов Японского и Охотского морей. Емельянова Т.А., Леликов Е.П.....	20
2.2 Анализ механизмов тектономагматической активизации в мезокайнозое Японского моря по петрохимии андезитов. Леликов Е.П., Емельянова Т.А.	21
2.3 Механизмы тектономагматической активизации Курило-Камчатской островной дуги в мел-палеогене. Леликов Е.П., Емельянова Т.А.....	21
2.4 Обоснование границы континентального шельфа РФ. Леликов Е.П.....	21
2.5 Возраст и условия формирования пород осадочного чехла континентального склона Приморья. Цой И.Б.....	22
2.6 Комплексы диатомей верхнего олигоцена – нижнего миоцена осадочного чехла южного плато подводного хребта Витязь Цой И.Б.....	23
2.7 Экостратиграфический анализ радиолярий среднего-позднего миоцена в скважинах глубоководного бурения Японского глубоководного желоба Точилина С.В., Василенко Л.Н.....	24
3 Изучение и моделирование процессов приконтинентального осадконакопления	25

3.1	Особенности голоцен-плейстоценовых вулканических эксплозий Курило-Камчатской островной дуги по результатам анализа криптотефры в осадках Охотского моря. Горбаренко С.А.....	25
3.2	Новые данные по этапам эксплозивной активности вулкана Пектусан (Корея). Уткин И.В.	26
3.3	Химический состав минералов из прослоев тефры и минеральные термобарометры при реконструкции голоцен-плейстоценовых вулканических эксплозий Курило-Камчатской островной дуги. Деркачев А.Н.....	27
3.4	Видовой состав и изотопия раковин фораминифер из газовых источников Охотского моря как индикаторы активизации выхода метана. Плетнев С.П....	28
3.5	Особенности строения и залегания слоев погребенных конкреций в осадочных разрезах на различном субстрате Магеллановых гор Плетнев С.П.....	28
3.6	Моделирование перемещения тонких частиц в Восточно-Корейском заливе по результатам комплексной математико-статистической обработки данных гранулометрического анализа. Уткин И.В.....	29
4	Геохимия осадконакопления, осадочное и гидротермальное рудообразование.....	30
4.1	Детальные временные вариации химического состава морских отложений Арктики как индикаторы кратковременных катастрофических и экстремальных событий прошлого. Астахов А.С., Колесник А.Н, Обрезкова М.А.....	30
4.2	Детальные временные вариации химического состава шельфовых отложений Японского моря как индикаторы катастрофических наводнений прошлого; сопоставление с историческими данными. Астахов А.С., Аксентов К.И.....	31
4.3	Первые данные о рудной минерализации в магматических породах подводных возвышенностей Японского моря. Астахова Н.В., Колесник О.Н., Съедин В.Т.....	32
4.4	Новые проявления марганцевых руд в Японском море. Астахова Н.В., Съедин В.Т., Можеровский А.В., Лопатников Е.А.....	32
4.5	Распределение редкоземельных элементов и иттрия в железомарганцевых конкрециях Чукотского моря. Колесник О.Н., Колесник А.Н.....	33
4.6	Первая находка метанопроизводных аутигенных карбонатов в Чукотском море. Колесник А.Н., Колесник О.Н.....	33
5	Флюидодинамика, изучение и моделирование газогеохимических полей и условий формирования/разрушения газогидратов.....	34

5.1	Газогеохимическое районирование Охотского моря. Шакиров Р.Б., Обжиров А.И.....	34
5.2	Закономерности формирования и распределения скоплений газогидратов в Охотском и Японском морях. Обжиров А.И., Деркачев А.Н., Николаева Н.А., Шакиров Р.Б.....	35
5.3	Потоки метана в районах подводных выходов газов на акватории Татарского пролива Японского моря. Мишукова Г.И.....	36
5.4	Углегазоматеринские формации северо-востока Азии и их роль в формировании углеводородного потенциала окраинных морей. Гресов А.И..	37
5.5	Сейсмоакустические критерии для диагностики присутствия свободного газа в осадках. Карнаух В.Н.....	39
5.6	Новые методы газогеохимических исследований. Буров Б.А.....	39
6	Палеоокеанология дальневосточных морей.....	41
6.1	Тысячелетние и столетние изменения климата, среды и продуктивности Охотского моря в позднем плейстоцене голоцене и их отклики на глобальные изменения климата. Горбаренко С.А., Артемова А.В., Василенко Ю.П.	41
6.2	Высокоразрешающая стратиграфия опорных колонок осадков северной и центральной частей Японского моря. Горбаренко С.А., Рыбьякова Ю.В., Босин А.А.....	42
6.3	Параметры поверхностных вод северной и центральной частей Японского моря, приводного слоя атмосферы и продуктивности по данным судовых и спутниковых наблюдений. Захарков С.П., Шамбарова Ю.В., Штрайхерт Е.А.	43
7	Геолого-геофизические экспедиционные работы 2014 года в дальневосточных морях и на побережье.....	45
7.1	Международная экспедиции в Охотском и Японском морях (НИС «Академик М.А.Лаврентьев рейс 67). Обжиров А.И., Деркачев А.Н., Николаева Н.А.....	45
7.2	Комплексная экспедиции в Японском море (НИС «Академик М.А. Лаврентьев», рейс 68). Съедин В.Т., Лопатников Е.А.....	46
7.3	Участие в международной экспедиции в Чукотское, Берингово моря и северную часть Пацифики на НИС «Хуе Лонг» (КНР). Босин А.А.....	47
7.4	Изучение газогеохимических полей в заливе Петра Великого. Окулов А.К., Обжиров А.И.....	47
7.5	Распределение природных газов в воде гидрогеологических скважин на прибрежной территории к востоку от Уссурийского залива. Обжиров А.И....	48

	8
Заключение	50
Статьи, в которых отражены результаты выполнения проекта, опубликованные в 2014-2015 г. г. и находящиеся в печати	51

ВВЕДЕНИЕ

Научно исследовательская работа выполнялась в рамках Задания 61 Программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2015 гг. «Мировой океан – физические, химические и биологические процессы, геология, геодинамика и минеральные ресурсы океанской литосферы, роль океана в формировании климата Земли».

Дальневосточные моря России, в отличие от других российских акваторий, относятся к геодинамически активному региону планеты с продолжающимися процессами рифтогенной деструкции земной коры и широким развитием спрединговых структур и раздвиговых (pull-apart) бассейнов на границах литосферных плит и в задуговых котловинах. В Охотском и Японском морях спрединговые структуры приурочены к границе Амурской и Охотоморской плит (Дерюгинский прогиб, Татарский пролив), к задуговым котловинам и даже к некоторым поперечным структурам островных дуг. Все эти зоны характеризуются повышенной проницаемостью земной коры и большим вертикальным теплопереносом, что приводит к поступлению тепла, развитию вулканизма и гидротермальной деятельности, ускоренному преобразованию накапливающихся осадочных толщ. Последние генерируют низкотемпературные термальные воды, жидкие и газообразные углеводороды. Таким образом, в спрединговых структурах и на границах литосферных плит создаются условия для формирования как различных рудных гидротермально-осадочных и осадочных залежей с большим набором полезных компонентов, так и для нефтегазовых скоплений. К ним приурочены наиболее крупные нефтегазовые бассейны региона (граница Амурской и Охотоморской литосферных плит в районе о-ва Сахалин), выявлены приповерхностные залежи газогидратов метана, железомарганцевые оксидные руды, часто с повышенным содержанием благородных металлов, крупные скопления барита, проявления полиметаллических сульфидов, металлоносные осадки, фосфориты. Все эти типы полезных ископаемых могут оказаться перспективными для освоения в относительно недалеком будущем при достижении определенного уровня развития технологий и дальнейшем увеличении потребности промышленности в минеральном сырье.

Повышенная геодинамическая активность региона определяет специфические геоэкологические условия отдельных участков дна и береговой полосы, а также поступление в океан и атмосферу над ним большого количества вулканокластического материала и эндогенных флюидов, содержащих как токсичные вещества (ртуть, радон, диоксины...), так и парниковые газы. Влияние эндогенных флюидов необходимо учитывать не только при анализе локальных природных условий, но и при моделировании глобальных климатических изменений. Реконструкции изменений природной среды

прошлого, обусловленные как геологическими процессами, так и изменениями динамики и физико-химических характеристик водных масс Мирового океана, и прогноз на этой основе возможных изменений в будущем, требует детального анализа различных характеристик осадочных слоев и изучения палеоокеанологии. Этим вопросам посвящена значительная часть данного отчета.

В то же время дальневосточные моря являются слабо изученными акваториями, из числа входящих в состав исключительной экономической зоны России в Мировом океане. Поэтому в работах по теме в 2014 г. большое внимание было уделено сбору новых геоморфологических, геологических и геохимических данных и получению проб донных осадков и колонок в морских экспедициях. В отчет включена информация о предварительных результатах морских экспедиций в Японское, Охотское, Берингово, Чукотское моря, выполненных в 2014 г. на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейсы 66, 67, 68).

Отчет представлен как информационный, он скомпанован из семи глав, в каждой из которых кратко представлены основные результаты исследований со ссылками на публикации в рецензируемых журналах, где эти исследования представлены полностью. Первая глава включает результаты обобщения геофизических и геоморфологических данных, моделирования геодинамических процессов в литосфере и земной коре, результаты геологического изучения островов залива Петра Великого. Вторая глава включает результаты изучения магматических пород и вулканизма Японского, Охотского морей и тихоокеанского склона Курильской островной дуги, стратиграфии тихоокеанского склона Курильской островной дуги и Японского моря, сейсмостратиграфического анализа отложений Япономорской котловины. В третьей главе приводятся новые данные по вещественному составу тефровых прослоев в осадках Японского и Охотского морей, и некоторые результаты моделирования седиментационных процессов. В четвертой главе представлены данные по минералогии и условиям формирования марганцевых руд Японского моря и Магеллановых гор, и результаты высокоразрешающих геохимических исследований в Чукотском и Японском морях. В пятой главе представлены результаты газогеохимических исследований, включая анализ ресурсов метана углегазоносных толщ побережья и шельфа. Шестая глава, выполненная лабораторией палеоокеанологии, посвящена хроностратиграфии верхнеплейстоценовых и голоценовых отложений и палеоокеанологическим реконструкциям среды Охотского и Японского морей. В главе 7 представлены сведения о проведенных морских и прибрежных экспедициях.

Результаты исследований 2014 года, помимо текста отчета, представлены также в многочисленных журнальных публикациях исполнителей, список которых приведен в конце отчета.

РЕФЕРАТ

Уточнены географическое положение, рельеф и геологическая структура подводных возвышенностей глубоководной котловины Японского моря, находящихся в исключительной экономической зоне России. Установлены источники магмообразования в пределах изученных регионов. Они связаны с современным базальтовым вулканизмом (кольцевыми вулканогенными структурами). В Японском глубоководном жёлобе чётко выделяются три локальных «сейсмических кольца»: Фукусима (Ф), Иваки (И) и Хитати (Х). Составлены геологическая и структурно-формационная карты залива Петра Великого и его побережья масштаба 1:1000000 с элементами глубинного строения, морфологии и модели строения земной коры структур ДВ морей и северо-западной части Тихого океана. Разработаны сейсмоакустические критерии для диагностики присутствия свободного газа в верхней части осадочного чехла ДВ морей и морей восточного сектора Арктики.

Изучен химический состав минералов из прослоев тефры в донных осадках, реконструированы физико-химические особенности голоцен-плейстоценовых вулканических эксплозий Курило-Камчатской островной дуги, уточнены этапы эксплозивной активности вулкана Пектусан (Корея). Изучена роль палеодолин в современном транспорте наносов по результатам комплексной математико-статистической обработки данных гранулометрического анализа, дана оценка перемещения тонких частиц в Восточно-Корейском заливе. Установлены временные этапы активизации выхода метана из газовых источников Охотского моря по данным видового состава и изотопии раковин фораминифер.

Изучены новые проявления марганцевых руд в Японском море, распределение редкоземельных элементов и иттрия в железомарганцевых конкрециях Чукотского моря, раскрыты особенности строения и залегания слоев погребенных конкреций в осадочных разрезах на различном субстрате Магеллановых гор.

Выявлены закономерности формирования и распределения газогидратов в Охотском, Японском морях и сделана прогнозная оценка обнаружения газогидратов в Беринговом море. Проведено газогеохимическое районирование ДВ морей. Выполнена оценка потоков метана. Построены карты углегазоматеринских формаций, дана геохимическая классификация углеводородных газов донных отложений осадочных

бассейнов Японского моря, оценена роль углегазоматеринских формаций в формировании углеводородного потенциала окраинных морей.

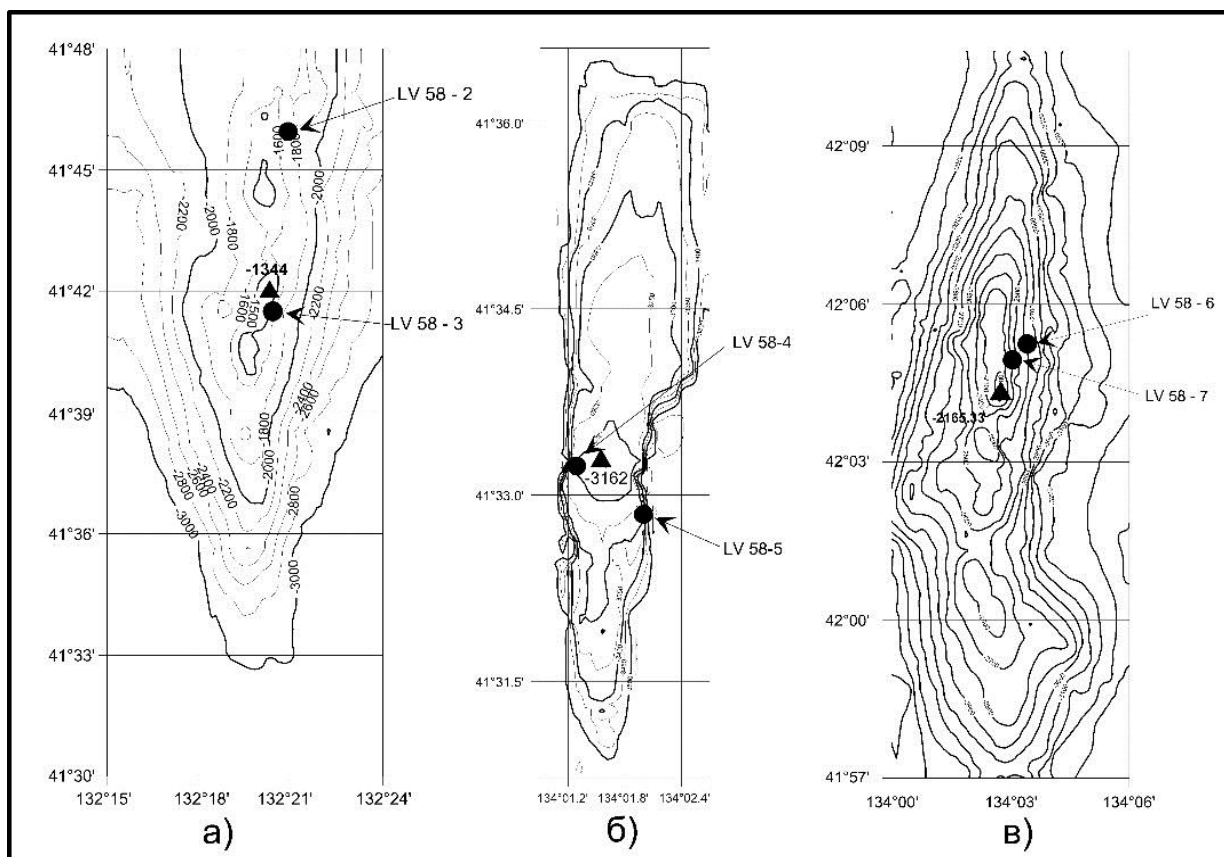
Проведена высокоразрешающая стратиграфия опорных колонок осадков северной и центральной частей Японского и Охотского морей. Выявлены орбитальные, тысячелетние и столетние изменения климата, среды и продуктивности Японского и Охотского морей в позднем плейстоцене и голоцене и их отклики на глобальные изменения климата и муссонов Восточной Азии. Проанализированы изменения продукционных параметров поверхностных вод северной и центральной частей Охотского моря в зависимости от освещённости, температуры, атмосферных осадков, скорости и направления ветра по данным судовых и спутниковых наблюдений.

Ключевые слова: *Дальневосточные и Арктические моря, морфоструктуры, тектонические активизации, магматизм, геохимия редких элементов, Fe-Mn рудообразование, анализ радиолярий и диатомей, флюидогазморфодинамика, криптотефра, углематеринские формации, газогидраты, углеводородные газы, геологические карты.*

1. Морфоструктурное и неотектоническое районирование, геодинамическое моделирование типовых районов активной континентальной окраины

1.1. Новые данные по географическому положению, рельефу и геологической структуре подводных возвышенностей глубоководной котловины Японского моря

Уточнено географическое положение, рельеф и геологическая структура подводных возвышенностей Центральной глубоководной котловины Японского моря, находящихся в исключительной экономической зоне России. Геологические исследования, включающие детальные батиметрические промеры и драгирование, выполнены на трех возвышенностях (рисунок 1): юго-западная часть возвышенности Первенец, возвышенность Стащука, хребет Васильковского. На двух последних возвышенностях такие работы выполнялись впервые. Детальные батиметрические исследования на возвышенности Стащука, показали, что она представляет собой горст; подобные структуры в Японском море не были известны. Установлено, что на хребте Васильковского и горсте Стащука имела место плейстоценовая Fe-Mn и кварц-глауконитовую минерализация, а горсте Стащука впервые для Японского моря обнаружен чистый пиролюзит (двуокись марганца – MnO_2) в виде отдельных обломков (Съедин и др., 2014).



Условные обозначения: а – южная часть возвышенности Первенец; б - возвышенность Стащука; в – хребет Васильковского.

Рисунок 1 – Изученные морфоструктуры Центральной котловины Японского моря.

1.2. Модели строения земной коры структур дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана по данным линеamentного анализа сейсмоактивных зон

На основе проведения линеamentного анализа с учётом геолого-геофизических и морфоструктурных признаков выявлена связь сейсмоактивных зон: 1) с фронтальной частью Японской островной дуги, 2) с Япономорской вихревой структурой, 2) с системами разломов повышенной глубинности (сейсмолинеamentами) и 3) с ареалами современного базальтового вулканизма (кольцевыми вулканогенными структурами): в Японском глубоководном жёлобе чётко выделяются три локальных «сейсмических кольца»: Фукусима (Ф), Иваки (И) и Хитати (Х) (рисунки 2, 3). При этом в центре первого располагается эпицентр катастрофического землетрясения Фукусима. Ясно, что названные «сейсмические кольца» являются исключительно сейсмоопасными структурами. Полученные данные следует учитывать при прогнозировании сейсмоактивных зон в западно-тихоокеанских окраинных морях (Изосов и др., 2014; Изосов, Ли, 2014).

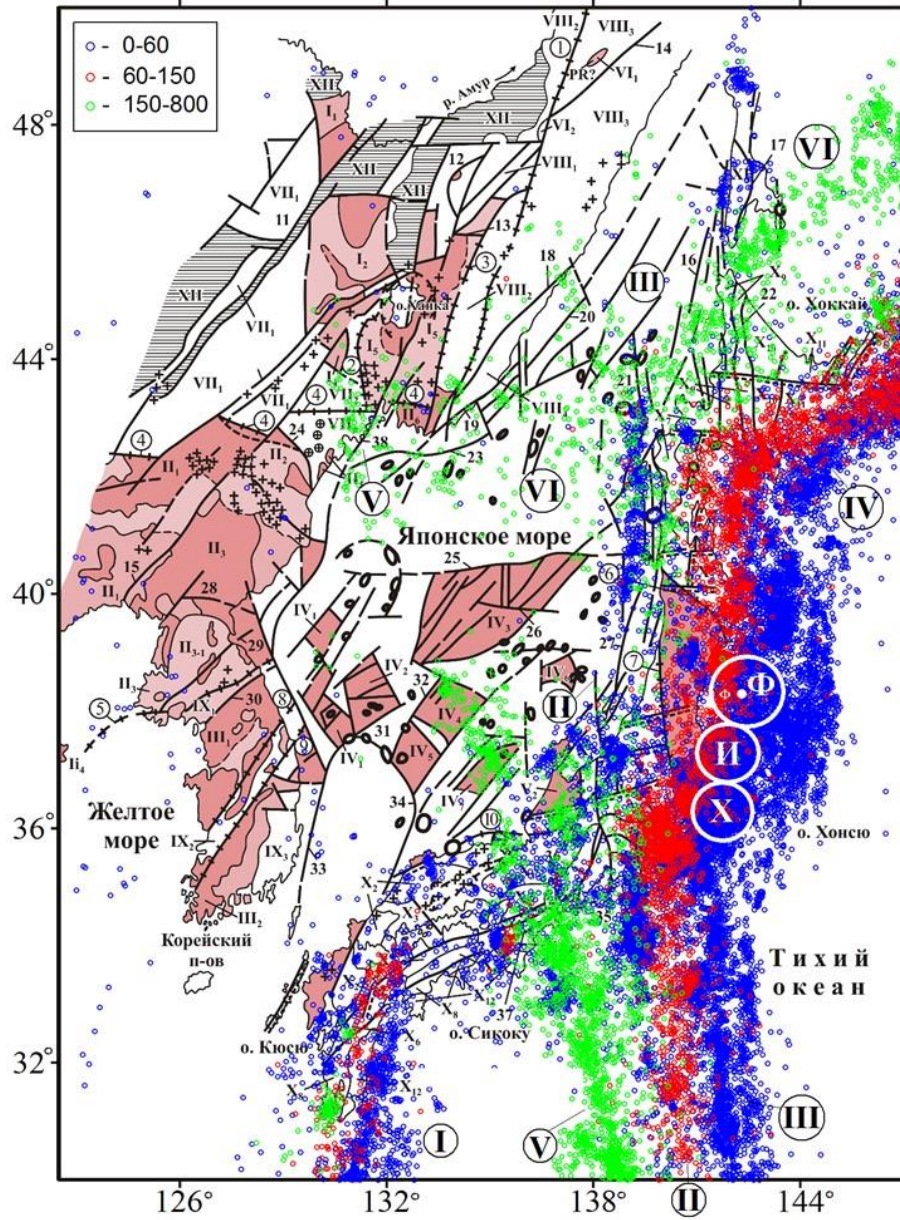


Рисунок 2 – Тектоническая карта и карта неоген-четвертичного магматизма Япономорского звена Западно-Тихоокеанской мегазоны перехода континент–океан с эпицентрами землетрясений и глубинами гипоцентров.

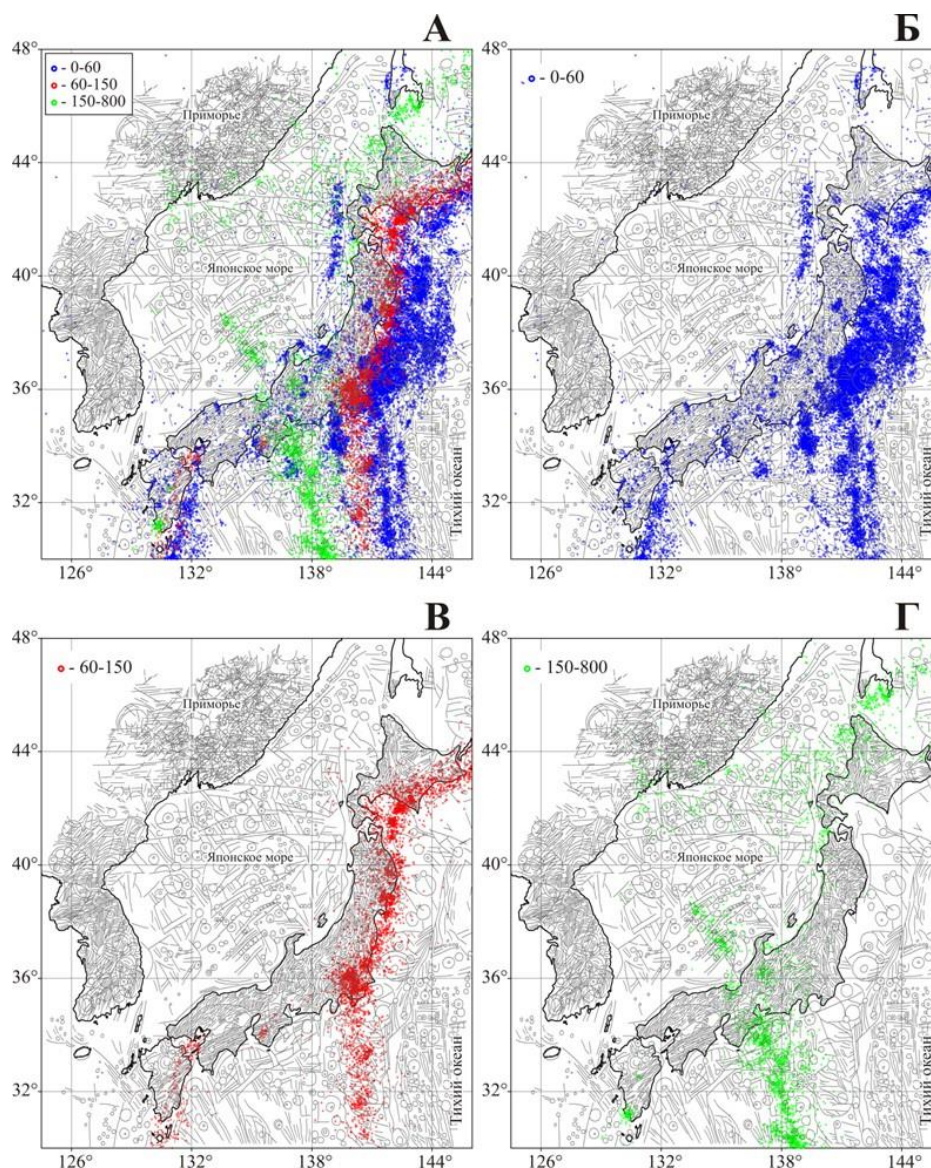


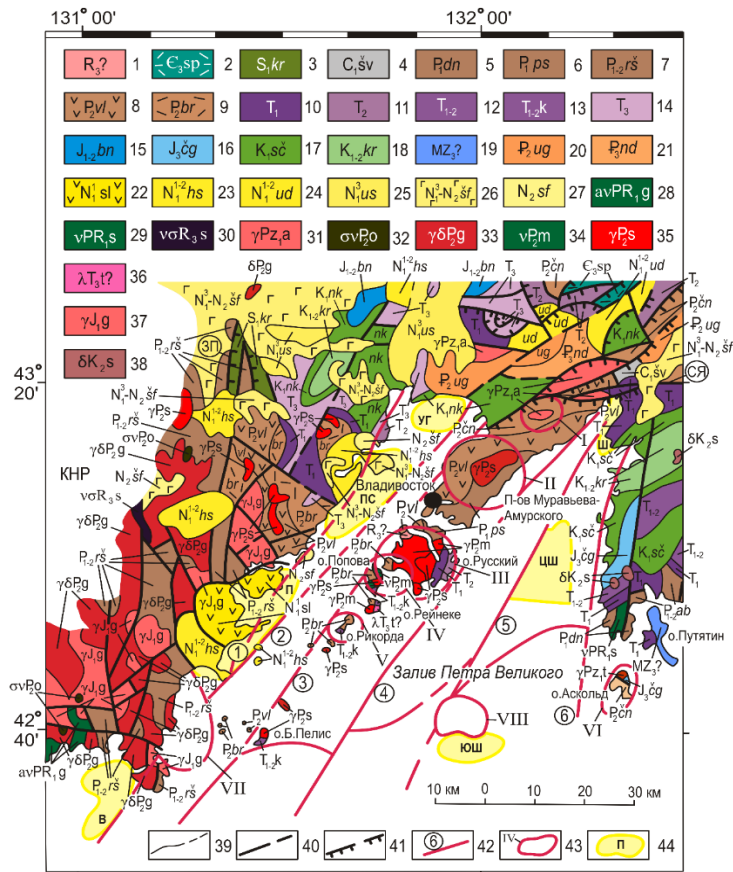
Рисунок 3 – Схема линеаментов Япономорского звена, составленная по данным дешифрирования космофотоснимков масштаба 1: 1000000 (Приморье, Северо-Восточный Китай), 1:4500000 (Корейский п-ов), 1:2200000 (Япония) и батиметрической карты Японского моря (масштаб 1:1000000) с данными о размещении эпицентров землетрясений и глубинами гипоцентров.

1.3 Геологическая и структурно-формационная карты залива Петра Великого и его побережья масштаба 1:1000000 с элементами глубинного строения

Составлены детализированные геологическая и структурно-формационная карты залива Петра Великого и его побережья масштаба 1:1000000 с элементами глубинного строения (Изосов и др., в печати 1). Охарактеризованы докайнозойские геологические формации залива Петра Великого и его побережья: 1) древних платформ (кристаллический фундамент и активизированный чехол), 2) мобильных раздвиговых зон,

3) молодых платформ (чехол). В процессе исследований: 1) впервые на островах Рейнеке и Большой Пелис выявлены глубоководные отложения, содержащие радиолярии раннего и среднего триаса; 2) установлен раннепермский возраст поспеловской свиты, которая по палеонтологическим данным традиционно относилась к нерасчленённой нижней – верхней перми; 3) составлена геологическая карта докайнозойских образований залива Петра Великого и его побережья с элементами глубинного строения. Характерными тектоническими формами, свойственным позднепермским магматическим формациям, являются кольцевые структуры, связанные с заложением и функционированием региональных магмоконтролирующих сдвигов северо-восточного простирания, ярко выраженных в Южном Приморье и прослеживающихся по дну залива Петра Великого. Химический состав индикаторных для региона позднепермских магматитов свидетельствует о значительной роли сиалической коры в процессе их формирования, а также указывает на участие в нём океанических базальтовых расплавов.

Кайнозойские формации залива Петра Великого (Японское окраинное море) и его побережья входят в состав активизированного чехла (триас – неоген) молодой платформы (Изосов и др., в печати 2). Они отражают процесс кайнозойской деструкции континентальной коры, сопровождавшейся активным базальтоидным магматизмом, и преобразованием ее в окраинноморскую в приконтинентальной части полигенной (поздний кембрий – кайнозой) Япономорской зоны перехода континент – океан. Среди кайнозойских формаций выделяются промышленно угленосная и потенциально нефтегазоносная группа палеогеновых и ранне-среднемиоценовых формаций, а также потенциально алмазоносная позднемиоценовая-плиоценовая формация (рисунок 4).



Условные обозначения: 1 – верхний рифей (?): амфиболиты, плейчатые кристаллические сланцы пироксен-амфиболовые, гиперстен-биотит-плагиоклазовые и кордиерит-силлиманитовые; 2 – верхний кембрий. Супутинская толща: риолиты и их туфы; 3 – нижний силур (лландовери – венлок). Кордонкинская свита: базальты, спилиты, туффиты, граптолитовые сланцы, алевролиты, аргиллиты, песчаники, кремни, конгломераты и гравелиты; 4 – нижний карбон. Шевелевская толща: туфоалевролиты, песчаники, конгломераты, туфоконгломераты, туфобрекчии; 5–6 – нижняя пермь: 5 – дунайская свита: андезиты и их туфы, туфоконгломераты, туфопесчаники, туффиты, туфоалевролиты; 6 – поселовская свита: алевролиты, аргиллиты, песчаники, углистые сланцы, базальты, андезиты; 7 – нижняя–верхняя пермь. Решетниковская свита (болорский – кубергандинский ярусы): алевролиты, песчаники, углистые сланцы, андезиты, риолиты. Абрекская свита (ab): алевролиты, аргиллиты, углистые сланцы, песчаники, конгломераты, гравелиты; 8–9 – верхняя пермь: 8 – владивостокская свита (мургабский ярус): андезиты, риолиты, туфобрекчии, туффиты, песчаники, алевролиты. Мидийский ярус: 9 – барабашская свита: базальты, их туфы, известняки, туфы кислого состава, аргиллиты, андезиты и их туфы, песчаники, алевролиты, туффиты, риолиты, дациты и их туфы. Чандалазская свита (сн): конгломераты, алевролиты, известняки, андезиты, дациты, риолиты, гравелиты, песчаники; 10 – нижний триас: конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, ракушняки; прослой каменных углей; 11 – средний триас: песчаники, алевролиты, аргиллиты; 12–13 – нижний-средний триас: 12 – конгломераты, алевролиты, аргиллиты, песчаники, гравелиты и ракушняки; 13 – толща кремней, кремнистых известняков, алевролитов, песчаников, базальтов, туфоконгломератов; 14 – верхний триас: песчаники с прослоями углей, алевролиты, гравелиты, аргиллиты, туфоконгломераты; 15 – нижняя–средняя юра. Бонивуровская свита: песчаники, алевролиты, гравелиты, туффиты; 16 – верхняя юра. Чигановская свита: песчаники, алевролиты, углистые сланцы, известняки, ракушняки; 17 – нижний мел. Готтерив-альбский ярусы. Сучанская серия: песчаники, алевролиты, аргиллиты,

каменные угли. *Никанская серия (nk)*: песчаники, алевролиты, аргиллиты, каменные угли; 18 – нижний – верхний мел. Альб-сеноманский ярус. *Коркинская серия*: туфопесчаники, алевролиты, гравелиты, конгломераты, туффиты, редко – андезиты; 19 – мезозой: предположительно олистостромовый комплекс; 20 – палеоген. Эоцен. Средний подотдел. *Угловская свита*: песчаники, алевролиты, аргиллиты, бурые угли, конгломераты, конгломератобрекчии; 21 – олигоцен. *Надеждинская свита*: аргиллиты, туфоалевролиты, туффиты, пепловые туфы, песчаники; 22 – неоген. Нижний миоцен. Славянская толща: туфы андезибазальтов, андезитов, андезиты, туфопесчаники, андезидациты, дациты, риодациты; 23–24 – нижний–средний миоцен. *Хасанская свита (23)*: песчаники, алевролиты, аргиллиты, бурые угли, туффиты; в основании – конгломераты; *усть-давыдовская свита (24)*: песчаники, аргиллиты, алевролиты, бурые угли, лигниты; 25 – верхний миоцен. *Усть-суйфунская свита*: галечники, гравийники, пески, туфопесчаники, алевролиты, аргиллиты, туффиты, пепловые туфы среднего состава, диатомиты, песчаники, базальты; 26 – верхний миоцен–плиоцен. *Шуфанская свита*: базальты, андезибазальты, долериты, туфобрекчии, гиалокластиты; прослойки галечников, глин, алевролитов, песков, туфодиатомитов, лигнитов; 27 – плиоцен. *Суйфунская свита*: галечники, гравийники, пески, глины, алевролиты; 28–29 – раннепротерозойские интрузивные образования. Гаккелевский комплекс (28): габбро-гнейсы плагиоклаз-амфиболовые, диорито-гнейсы плагиоклаз-биотит-амфиболовые, амфиболиты, плагиограниты и плагиомигматиты; сергеевский комплекс (29): метагабброиды; 30 – позднерифейский суловский комплекс: габбро, перидотиты, кортландиты; 31 – раннепалеозойские артемовские (а) и таудеминские (t) комплексы: граниты, гранодиориты, плагиограниты; 32–35 – позднепермские магматические образования: одноречьянский комплекс (32): дуниты, горнблендиты, габбро; гамовский комплекс (33): гранодиориты гнейсовидные, гранодиориты, лейкограниты, диориты и кварцевые диориты, гранитные пегматиты, аплиты; муравьевский комплекс (34): габбро, гранодиориты, меланократовые граниты; седанкинский комплекс (35): граниты, гранит-порфиры, риолиты; 36 – позднетриасовый тальминский комплекс экструзий риолитов, риодацитов и их кластолав; 37 – раннеюрский гвоздевский комплекс: граниты, лейкограниты, субщелочные лейкограниты, гранит-порфиры, пегматиты; 38 – позднемеловой синанчинский комплекс: диориты; 39 – геологические границы установленные и предполагаемые; 40 – разломы установленные и предполагаемые (тектонические швы: ЗП – Западно-Приморский, СЯ – Северо-Янцзиньский); 41 – надвиги установленные и предполагаемые; 42 – разломы повышенной глубинности, выделенные по гравиметрическим данным в акватории залива Петра Великого (1 – Уссурийский, 2 – Надеждинский, 3 – Береговой, 4 – Муравьевский, 5 – Шкотовский, 6 – Дунайский); 43 – вулканогенно-интрузивные купола, выделенные по геофизическим данным. Среднего-основного состава: I – Лянчихинский, II – Седанкинский, III – о. Русский, VI – о. Аскольда, VIII – Южная; кислого состава: IV – о. Попова, VII – Гамова; основного состава: V – о. Рикорда; 44 – кайнозойские депрессии: выделенные по гравиметрическим данным в акватории залива Петра Великого: Уг – Угловская, Ш – Шкотовская; ЦШ – Центрально-Шкотовская, ЮШ – Южно-Шкотовская, П – Пойменная, Пс – Песчаная, В – Витязя.

Рисунок 4 – Геологическая карта залива Петра Великого и его побережья с кайнозойскими формациями и элементами глубинного строения.

1.4. Модель строения осадочной толщи Центральной (Японской) котловины Японского моря на основе метода кинематической миграции

Разработанная в ТОИ ДВО РАН экономичная и информативная технология морской сейсморазведки, названная кинематической миграцией, позволяет одновременно определять скоростные характеристики слоистой среды (т.е. осуществлять сейсмоизмерения) и получать изображения границ на временном и глубинном разрезе (т.е. решать задачу сейсмовидения) без многократных перекрытий. На вход компьютерной обрабатывающей системы подается сейсмограмма общей точки приема, получаемая с помощью акустического радиобуя или донной сейсмостанции. На выходе системы получаются скоростные параметры изучаемой слоистой среды, изображения границ среды на временном и глубинном разрезе, а также амплитудные кривые целевых волн (Медведев, в печати). Технология готова к практическому применению. Пример использования кинематической миграции в режиме точечного зондирования приводится ниже (рисунок 5).

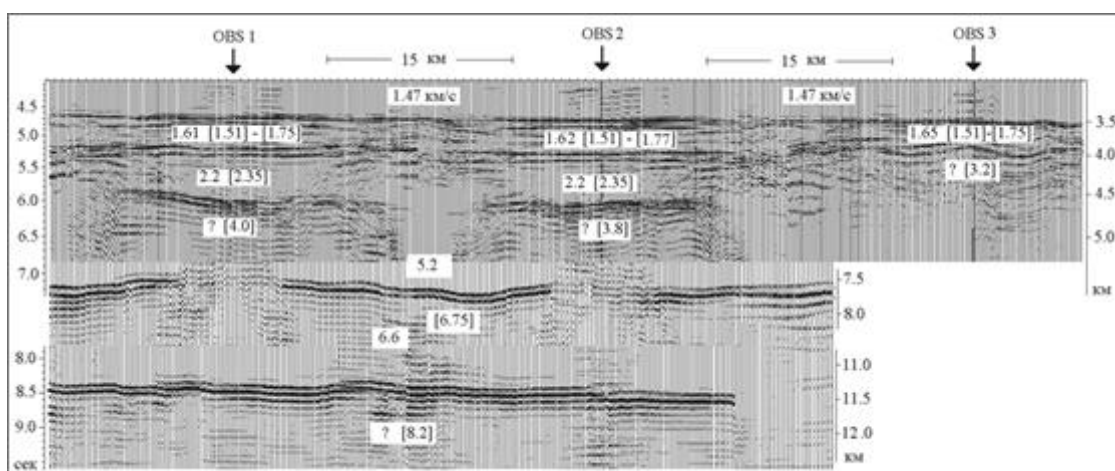


Рисунок 5 – Результат кинематической миграции записей трех донных сейсмических станций (OBS) в Центральной котловине Японского моря на участке между возвышенностью Первенца и горой Берсенева. Цифры обозначают средние скорости по вертикали в соответствующих слоях, определенные по отраженным волнам. Цифры в скобках обозначают значения горизонтальных скоростей, определенны по преломленным волнам.

2. Магматические и осадочные формации дальневосточных окраинных морей и Курильской островной дуги

2.1. Источники магмогенезиса позднекайнозойских вулканитов Японского и Охотского морей

Установлены источники магмогенезиса позднекайнозойских вулканитов Японского и Охотского морей и возможные глубинные механизмы формирования глубоководных котловин. В котловинах Японского моря выявлены две группы пород внутриплитовой природы (WPB+OIB) – миоцен-плиоценовые окраинноморские и плиоцен-голоценовые щелочные базальтоиды (Цусимская котловина). Но существенные различия в концентрациях многих несовместимых элементов и изотопов Nd и Sr (рисунок б) указывают на разный химический состав исходных плюмовых источников – апофиз Тихоокеанского и Северо-Азиатского суперплюмов. Не исключено, что столкновение этих двух суперплюмов привело к формированию глубоководных котловин Японского и Охотского морей, а возможно, и всей уникальной зоны перехода континент – океан (Емельянова, Леликов, 2014).

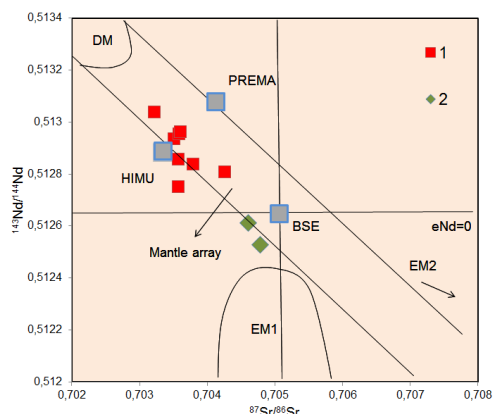


Рисунок б – Диаграмма $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ для миоцен-плиоценовых окраинноморских (1) и плиоцен-голоценовых базальтоидов Японского моря.

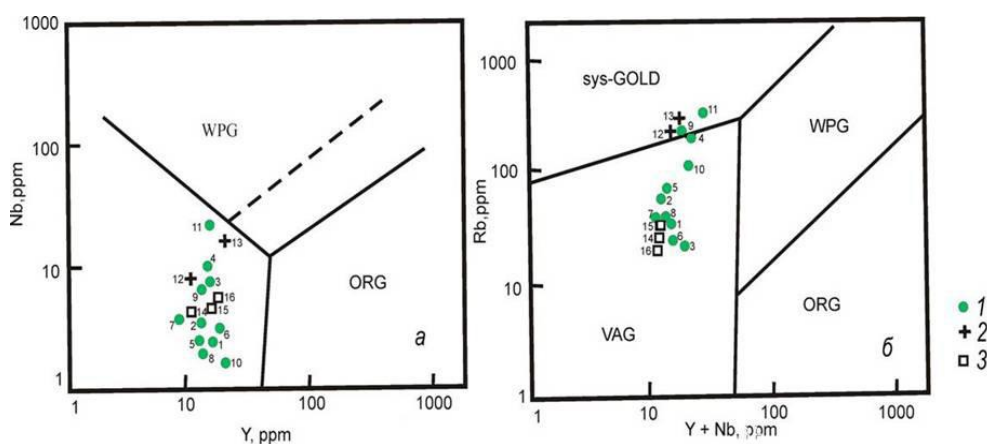
2.2. Анализ механизмов тектономагматической активизации в мезокайнозое Японского моря по петрохимии андезитов

Установлено наличие прямой и обратной зональности в фенокристаллах плагиоклаза (зондовый анализ) в позднемеловых известково-щелочных андезитоидах возвышенности Ямато (Японское море). Это указывает на смену конвергентного (субдукционного) режима, существовавшего на окраине континента в позднем мелу, на режим трансформной окраины (коллизии плит) в конце позднего мела – начале раннего кайнозоя, для которого характерны процессы растяжения и деструкции. В результате

умеренно-кислые расплавы смешивались с базальтовыми магмами, поступавшими из астеносферной океанической мантии через субдукционные «окна» (Бурикова и др., 2014).

2.3. Механизмы тектономагматической активизации Курило-Камчатской островной дуги в мел-палеогене

Впервые выделены гранитоиды трех возрастных комплексов (ранне-позднемелового, позднемелового и эоценового) фундамента Курильской островодужной системы и показана их роль в его формировании. Все они представляют собой гипабиссальные образования, производные андезитовой магмы, для которых характерно накопление крупноионных литофильных элементов (рисунок 7) от древних комплексов к молодым, т.е. гомодромная направленность магматического процесса. Они обладают также рядом общих черт, что обусловлено их формированием на континентальной коре в конвергентных геодинамических условиях, связанных с напряжением сжатия при перемещении и погружении Тихоокеанской плиты под Азиатский континент. Субдукционные процессы на окраинах континентальных плит сопровождаются плавлением континентальной коры и формированием гранитов (Леликов, Емельянова, 2014а; 2014б).



Условные обозначения: Обр. 1 – мелового, 2 – эоценового комплекса. Поля на диаграммах: ORG – граниты океанических хребтов; WPG – внутриплитные граниты; VAG – граниты вулканических дуг; sys-COLG – коллизионные граниты.

Рисунок 7 – Дискриминационные диаграммы Nb-Y и Rb-Y+Nb для гранитоидов хребта Витязя (1-2) и Броутоновской группы вулканов (3).

2.4. Обоснование границы континентального шельфа РФ

Результаты проведенных ранее геологических исследований вулканических формаций центральной части Охотского моря (Леликов и др., 2011), расположенной за пределами экономической зоны РФ, были использованы при доказательстве единства

изученной структуры со структурами континентального шельфа Охотского моря, входящего в исключительную экономическую зону Российской Федерации (рисунок 8). Эти материалы, наряду с геофизическими данными «Севморгео», были учтены при решении Комиссии ООН в марте 2014 года по определению границ континентального шельфа о принадлежности 52000 квадратных километров акватории центральной части Охотского моря исключительной экономической зоне РФ. Решение комиссии, согласно Конвенции (о континентальном шельфе), является безоговорочным. Обратного действия оно не имеет. По оценкам геологов, общий объем обнаруженных на этом участке углеводородов превышает 1 млрд. тонн.

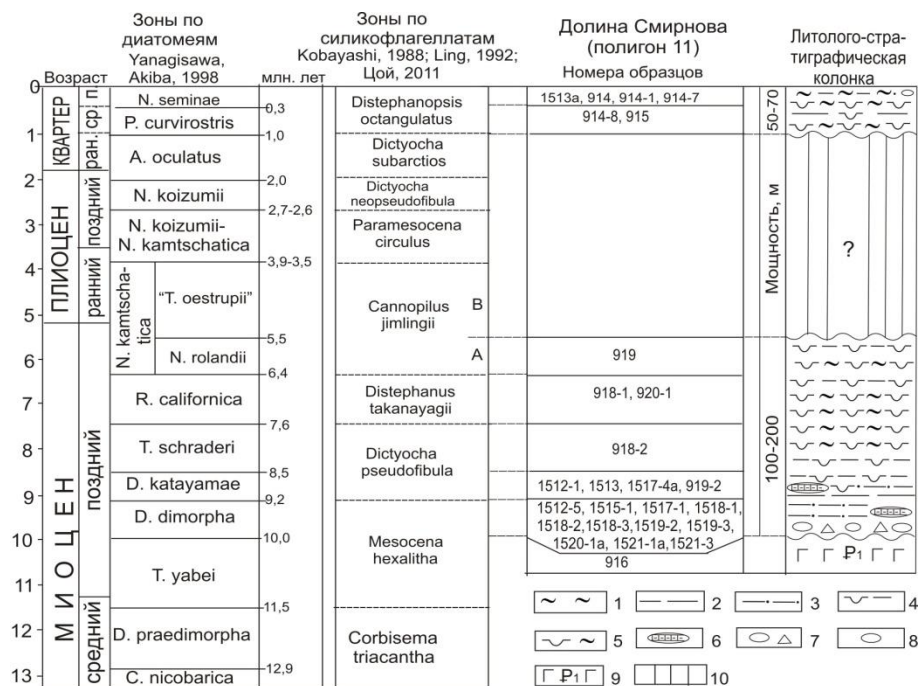


Рисунок 8 – Местоположение анклава в центральной части Охотского моря, включенного в исключительную экономическую зону РФ.

2.5. Возраст и условия формирования пород осадочного чехла континентального склона Приморья

Петрографическое и микропалеонтологическое изучение пород континентального склона Приморья в районе залива Владимира (Японское море) позволило уточнить возраст и условия формирования пород осадочного чехла в этом районе (рисунок 9). Осадочный чехол в этом районе сложен разнофациальными комплексами пород позднемиоценового возраста. Первый фациальный комплекс состоит из терригенных пород, накопившихся в мелководных условиях шельфа – самой верхней части материкового склона, второй – из диатомово-глинистых пород, накопился в более глубоководных условиях. Карбонатные конкреции, широко развитые преимущественно среди отложений первого комплекса образовались в результате диагенетических

процессов в уже сформировавшихся терригенных или кремнисто-терригенных осадках (Ващенко, Цой, 2014).



Условные обозначения: 1 – глина, илы; 2 – алевролит; 3 – алевропесчаник, алевролит песчанистый; 4 – диатомит алевролитистый; 5 – диатомит глинистый; 6 – конкреция карбонатная; 7 – конгломерат; 8 – галька, гравий; 9 – базальты палеоценовые; 10 – несогласие стратиграфическое предполагаемое.

Рисунок 9 – Схема стратиграфии осадочного чехла континентального склона Приморья в районе залива Владимира (Японское море) на основе диатомей и силикофлагеллат.

2.6. Комплексы диатомей верхнего олигоцена – нижнего миоцена осадочного чехла южного плато подводного хребта Витязь

Установлены и детально описаны комплексы диатомей верхнего олигоцена – нижнего миоцена (зоны *Rocella gelida*, *Thalassiosira praeфрага* и *T. фрага*, 28.2-18.4 млн. лет назад) из осадочного чехла южного плато подводного хребта Витязь (тихоокеанский склон Курильской островной дуги) (рисунок 10). Учитывая, что ранее на хребте Витязь уже были установлены зональные диатомовые комплексы нижнего олигоцена, предполагается, что осадочный чехол в этом районе формировался без значительных перерывов в течение олигоцена – раннего миоцена. Сравнение с одновозрастными комплексами из разрезов Сахалина, Охотского моря, Камчатки, Японского желоба и подводной возвышенности Детройт показало, что практически все комплексы, за исключением комплекса из возвышенности Детройт, формировались в близких относительно мелководных условиях. Район южного плато подводного хребта Витязь

можно рекомендовать для глубоководного бурения осадочного чехла для биостратиграфических и палеоокеанологических целей (Цой, 2014).

млн. лет	Отдел	Подотдел	Ярус	Возраст, млн. лет	Диатомовые зоны (Gladenkov, Barron, 1995)	Возраст, млн. лет	Хребет Витязя	
							Номера образцов	Диатомовые комплексы
17	МИОЦЕН	нижний	Бурдигальский	20.52	<i>Crucidentricula sawamurae</i>	18.4		
20					<i>Thalassiosira fraga</i>	20.3	12-1	Комплекс 3
			Аквитанский		<i>Thalassiosira praeфрага</i>	23.8	11-1, 11-2, 11-4, 13-2, 13-3, 14-5	Комплекс 2
25	ОЛИГОЦЕН	верхний	Хаттский	28.5	<i>Rocella gelida</i>	24.0	13-6, 14-1, 14-2, 14-3, 14-4, 3-6	Комплекс 1
					<i>Cavitatus rectus</i>	28.2		
30		нижний	Рюпельский		<i>Rocella vigilans</i>	29.6 30.2		

Рисунок 10 – Корреляция комплексов диатомей из туфогенно-осадочной толщи подводного каньона восточного склона южного плато хребта Витязь с северотихоокеанскими диатомовыми зонами.

2.7. Экостратиграфический анализ радиолярий среднего-позднего миоцена в скважинах глубоководного бурения Японского глубоководного желоба

В результате радиоляриевоего анализа с применением статистических методов выявлена стратиграфическая последовательность кайнозойской седиментации в осадочной толще островного склона Японского желоба (скважины 434 и 434В: координаты: 39°44.76' с.ш.; 144°06.12' в.д., глубина воды над устьем скважины 434: 5996 м) и несколько перерывов: 15,0-12,8 млн. лет и 10,0-7,0 млн. лет, что соответствует средне-позднемиоценовому времени (в интервале глубин 427,5-253,5 м). Впервые установлен возраст базального уровня осадочного слоя – 24,0-23,0 млн. лет – граница позднего олигоцена и раннего миоцена (рисунок 11). Полученные данные подтверждают отсутствие осадков аккреционной призмы в неоген-плейстоцене в осадочной толще островного склона Японского жёлоба, что меняет представления о его геологическом строении (Точилина, Василенко, 2014).

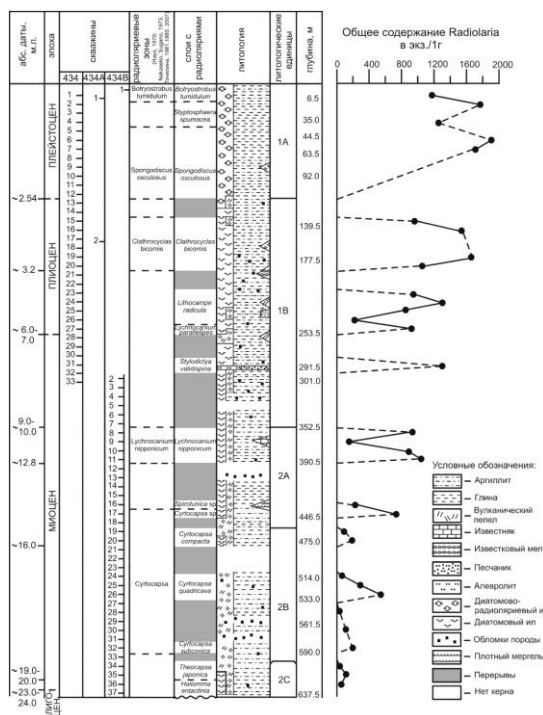


Рисунок 11 – Глубоководный разрез северо-западной области Тихого океана (56 рейс «Glomar Challenger», скважины 434, 434А и 434В).

3. Изучение и моделирование процессов приконтинентального осадконакопления.

3.1. Особенности голоцен-плейстоценовых вулканических эксплозий Курило-Камчатской островной дуги по результатам анализа криптотефры в осадках Охотского мор.

Предложен и выполнен новый подход в изучении тефростратиграфии морских осадков по данным их элементного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (рисунок 12). На основании высокоразрешающего анализа 60 элементов осадков датированной ранее колонки Охотского моря (Gorbarenko et al., 2010) с временным разрешением около 200 лет и применения методов математической статистики выявлены и датированы проявления 31-ой скрытой тефры (криптотефры) в результате аккумуляции на дне продуктов вулканизма окружающей суши за последние 350 тысяч лет (Gorbarenko et al., 2014a).

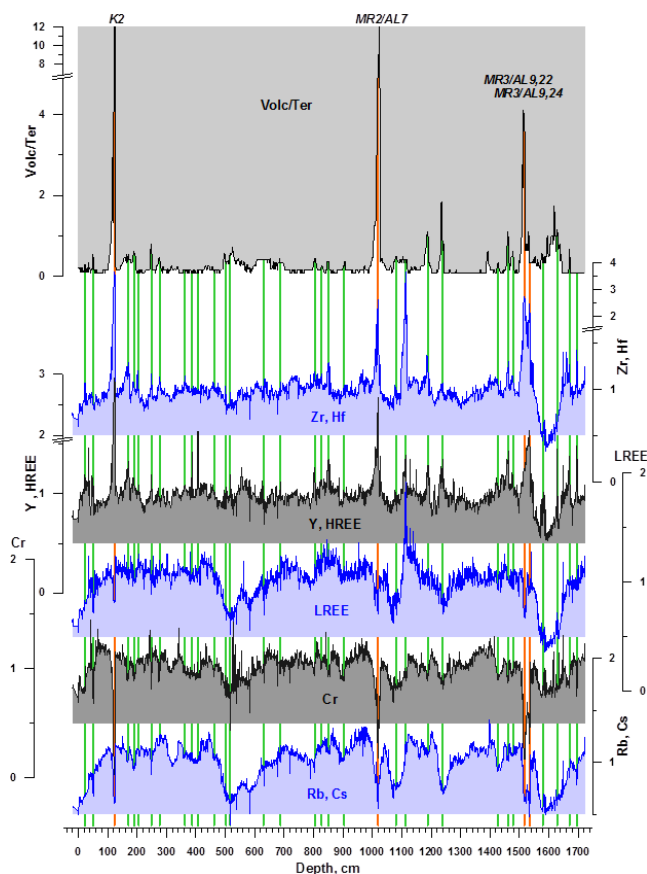


Рисунок 12 – Сравнение индекса Volc/Ter и наиболее чувствительных индикаторов элементного состава тephры в осадках Охотского моря по глубине колонки PC-7R (содержания Zr, Hf, Cr, Rb, Cs и Y и стека тяжелых редкоземельных элементов (Ho, Er, Tm, Yb, Lu). Пики (зеленые вертикальные полосы) показывают наличие криптотефры.

3.2. Новые данные по этапам взрывной активности вулкана Пектусан (Корея)

Предложен комбинированный подход оценки путей перемещения частиц в водно-воздушной среде, который в полном объеме ни в российских, ни в зарубежных исследованиях ранее не применялся (рисунок 13). В его основу положены современные математические методы обработки информации: разбиение гранулометрического спектра на популяции (SFT-метод последовательного дробления и селекции (sequential fragmentation transport), тренд-анализ STA, кластерный анализ). На его основе детально проанализированы особенности залегания и аккумуляции на морском дне тонкозернистого пеплового материала из прослоя Байтоушань-Томакомаи (В-Тм), осажденного после мощной взрывной активности, имевшей место в 938 г. нашей эры. В результате получены неизвестные ранее сведения о характере извержения, путях воздушного и водного переноса пироклаستيкулы. Установлено, что имели место два близких по времени взрывных эпизода в условиях атмосферной циркуляции, характерных для весны (более ранний эпизод) и осени (более поздний эпизод). Выявлена сложная структура

участков концентрирования частиц на дне бассейна, отражающая особенности вихреобразной структуры водной толщи Японского моря во время извержения. Представленная модель аккумуляции тефры на поверхности моря с последующим захоронением ее на морском дне может быть рекомендована для исследования любых пепловых горизонтов, для которых имеется подробная информация о гранулометрическом составе (Уткин, 2014).

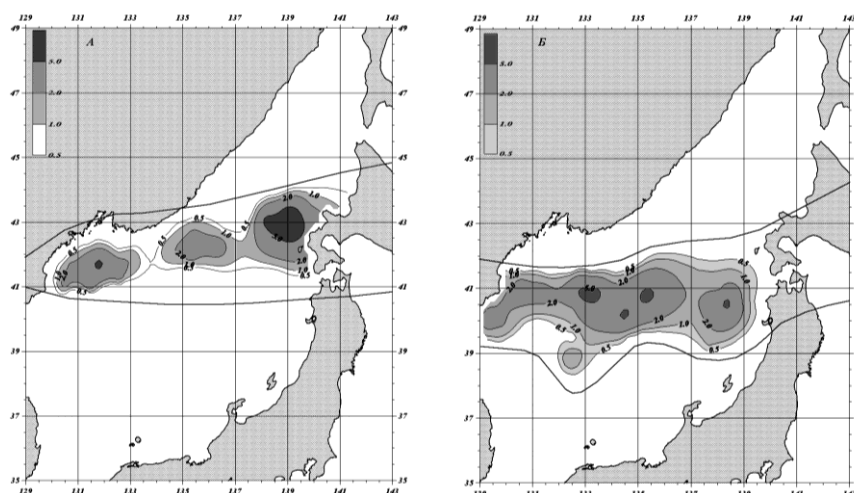


Рисунок 13 – Общая масса (в г/см³) прослоя пепла В-Тм, выпавшая на поверхность Японского моря: А – модель для раннего взрывного эпизода, Б – модель для позднего взрывного эпизода.

3.3. Химический состав минералов из прослоев тефры и минеральные термобарометры при реконструкции голоцен-плейстоценовых вулканических эксплозий Курило-Камчатской островной дуги

Выполнены комплексные исследования ассоциаций тяжелых минералов и их химического состава в прослоях тефры из четвертичных отложений Охотского моря. Показано, что подобные исследования могут быть применены в решении вопросов тефростратиграфической корреляции отложений. Дана оценка возможности использования минерального состава дистальной тефры для целей идентификации, в частности в оценке принадлежности тефр к взрывному вулканизму тыловой или фронтальной зон островных дуг. Изучение химического состава минералов (457 представительных микронзондовых анализов) с использованием минеральных геотермобарометров (двупироксенового, магнетит-ильменитового, амфиболового) дало возможность оценить физико-химические параметры кристаллизации расплавов при взрывных извержениях вулканов, в результате которых сформировались прослои дистальной тефры. Для ряда прослоев тефры установлено, что при взрывных

извержениях пирокластический материал поступал не только из близповерхностных магматических очагов, но и из более глубоких высокотемпературных источников. В дополнение к исследованиям геохимии вулканических стекол, полученные результаты по минеральным ассоциациям и геохимии минеральных включений могут быть применены при сравнительном анализе и корреляции тефры из морских и континентальных отложений, а также при идентификации с продуктами взрывных извержений прилегающей суши (Деркачев и др., в печати).

3.4. Видовой состав и изотопия раковин фораминифер из газовых источников Охотского моря как индикаторы активизации выхода метана

На основе анализа фораминифер и изотопии их раковин ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) из зон современных выхода метана в юго-западном секторе Охотского моря установлены виды-индикаторы метановых экосистем. Сравнительный анализ изотопов кислорода и углерода в карбонате раковин бентосных фораминифер показал, что внутривидовые и межвидовые изменения изотопа ^{18}O в зоне метановых сипов незначительные и, вероятно, отражают температуру придонной воды. У тех же видов амплитуда значений изотопа ^{13}C намного выше и достигает 2-3 промилле, что указывает на важность анализа изотопов углерода при регистрации современных и древних потоков метана. Полученные данные позволяют выполнять сравнительный анализ с другими районами Мирового океана, а также открывает возможность давать оценку времени и степень древних потоков метана в донных осадках Охотского моря (Плетнев и др., 2014а).

3.5. Особенности строения и залегания слоев погребенных конкреций в осадочных разрезах на различном субстрате Магеллановых гор

Изучены особенности залегания и восстановлены условия образования погребенных железомарганцевых конкреций в литифицированных породах мела и кайнозоя, отобранных драгами и мелким бурением с гайотов Магеллановых гор в период 2001-2010 гг. Погребенные конкреции могут встречаться в виде горизонтов до 20 см или как отдельные индивиды в толще породы. В основном они представлены сферическим (51 %) и эллипсоидальным (33 %) морфотипами. Чаще ядра конкреций представлены обломками базальтов, известняков, брекчий и других пород и занимают от 10 до 40 % площади среза. Мощность рудной оболочки изменяется от нескольких миллиметров до 2-4 см, в зависимости от фракции.

Цементирует конкреции нанофораминиферовая, часто фосфатизированная, масса. Иногда помимо конкреций в ней могут присутствовать мелкие обломки рудных корок и

пород. Одиночные конкреции чаще встречаются в эдафогенных брекчиях. Они могут также располагаться в основании разреза корок, но довольно часто находятся глубже, в породах субстрата.

Установлен возраст горизонтов погребенных конкреций. Наиболее древние из них имеют позднесенноманский возраст. Наиболее часто встречены слои конкреций, относящихся ко времени позднего палеоцена-эоцена. Процесс образования изученных горизонтов приурочен к периоду формирования одного из комплексов осадочных пород в данном районе.

Горизонты, датированные поздним мелом, в основном, содержат мелкие конкреции с визуально массивным строением рудной оболочки. Восемь определений (20 %) соответствуют сенону. Коньяк и сантон выделены в единичных пробах, несколько чаще отмечается кампанская фауна, а преобладает маастрихтская, причем близкая к переходным слоям с ранним палеоценом. Горизонты такого возраста отмечены только на гайотах Альба и Федорова, что, вероятно, связано с большей обнаженностью здесь относительно древних пород. Кайнозойские горизонты погребенных конкреций отмечены практически на всех относительно детально исследованных гайотах (Плетнев и др., 2014б). Полученные данные позволяют считать находки погребенных конкреций сеномана признаком того, что рудогенный процесс на Магелановых горах уже начался в сеноманское время позднего мела.

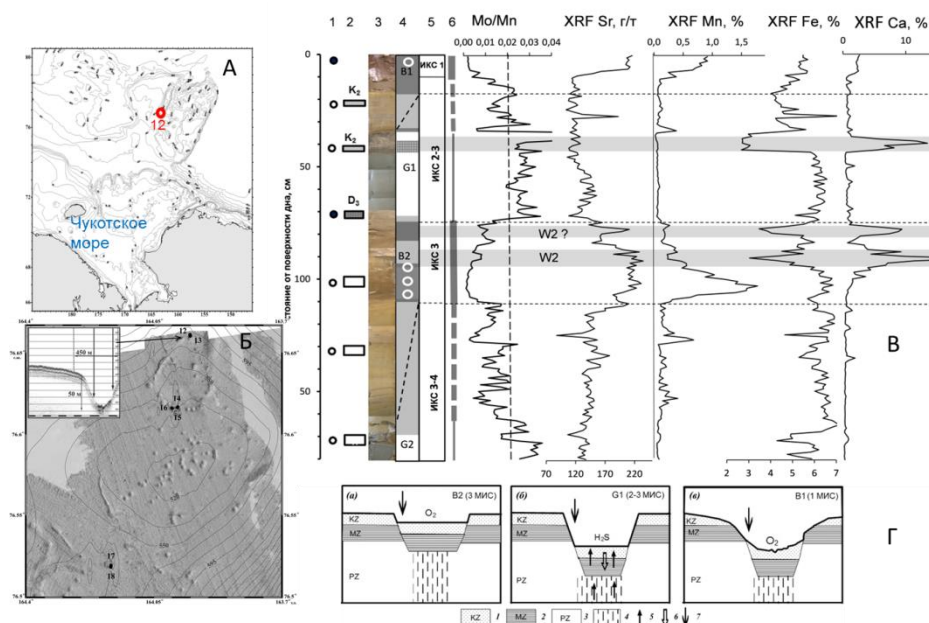
3.6. Моделирование перемещения тонких частиц в Восточно-Корейском заливе по результатам комплексной математико-статистической обработки данных гранулометрического анализа

Проведено вероятностно-статистическое изучение гранулометрического спектра частиц тонкозернистых голоценовых морских отложений Восточно-Корейского залива для оценки их возможного транспорта по затопленным реликтовым палеодолинам рек на шельфе. Работа актуальна, поскольку данный район сейчас не доступен для любых российских экспедиционных исследований. Предложена косвенная оценка путей перемещения частиц на основе методики, которая для терригенных осадков ни в российских, ни в зарубежных исследованиях ранее не применялась. Исследованы морфометрические особенности палеодолин и их изменения во времени. Составлены схемы перемещения тонкого нефелоидного вещества по ряду палеодолин в пределах Восточно-Корейского залива. Предложенная методика может быть рекомендована и для других акваторий для целей мониторинга экологического состояния морского дна и гидротехнического строительства (Уткин, Коробов, 2015, в печати).

4. Геохимия осадконакопления, осадочное и гидротермальное рудообразование.

4.1. Детальные временные вариации химического состава морских отложений Арктики как индикаторы кратковременных катастрофических и экстремальных событий прошлого

При изучении донных осадков, накопившихся за последние 60-65 тыс. лет в воронках покмарков Чукотского плато в Северном Ледовитом океане, выявлено, что состав отложений и их литостратиграфия в общем виде подобны фоновым районам. Специфической особенностью является наличие прослоев и горизонтов осадков с признаками гравитационного перемещения, карбонатной минерализацией, признаками накопления в условиях сероводородного заражения (рисунок 14). Микропалеонтологические остатки в осадках покмарков, накопившихся в ледниковые периоды, представлены переотложенными формами, характеризующими палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения, эпизодически обнажавшиеся в бортах. Сделан вывод, что формирование покмарков связано с действием пульсирующих флюидных потоков. Последний этап активной дефлюидизации, во время которого сформировался современный рельеф покмарков, имел место в период 35-20 тыс. лет назад.



Условные обозначения: В – литолого-геохимическая характеристика осадков колонки 12 и элементы литостратиграфии (W3 – горизонт обломочных карбонатов с возрастом около 40 тыс. лет).

1 – места отбора образцов на количественный диатомовый анализ (незалитые кружки – остатки диатомовых водорослей не обнаружены, залитые – обнаружены); 2 – места отбора образцов на споро-пыльцевой анализ и его результаты: незалитые прямоугольники – споры и пыльца не обнаружены, прямоугольник со сплошной заливкой – палеозойский споро-пыльцевой комплекс, прямоугольники с поперечной штриховкой – меловой споро-

пыльцевой комплекс; 3 – фотография колонки; 4 – литостратиграфические горизонты (B1, G1, B2, G2), цвет и другие характеристики осадка: темная заливка – бурый, коричневый; без заливки – серый, оливково-серый; светлая заливка – переходные разности осадков, либо неяснослоистое или линзовидное переслаивание коричневых и серых осадков; кружки – находки остатков бентосных фораминифер; штриховка – «комковатый» песчано-глинистый горизонт; косые линии – горизонты осадков с переслаиванием коричневых и серых осадков; 5 – возрастной интервал в соответствии с морскими изотопно-кислородными стадиями (МИС); 6 – места отбора образцов на изотопный анализ $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ валовых карбонатов и его результаты: залитые квадраты – группа 1, ромб – группа 2, треугольник – группа 3; 7 – реконструкция гидрохимических условий придонных вод: оксидные – жирная сплошная линия, аноксидные с сероводородным заражением – тонкая сплошная линия, чередование оксидных и аноксидных условий – штриховая линия.

Г – модель флюидодинамики и развития воронки покмарка в ледниковую (б) и межледниковую (а, в) стадии (O_2 и H_2S – оксидные и аноксидные сероводородные условия в придонных водах).

1–3 – кайнозойские, мезозойские и палеозойские отложения, соответственно, в составе осадочного чехла; 4 – вертикальная флюидопроницаемая зона на пересечении полигональных разломов; 5 – направление миграции флюидов; 6 – погружение днища воронки; 7 – место отбора колонки 12.

Рисунок 14 – Местоположение (А), генерализованный рельеф дна, особенности микрорельефа и места отбора колонок донных осадков на Чукотском плато в Северном Ледовитом океане (Б); на врезке – фрагмент записи придонного профилографа через воронку покмарка.

4.2. Детальные временные вариации химического состава шельфовых отложений Японского моря как индикаторы катастрофических наводнений прошлого; сопоставление с историческими данными

При детальном сканировании с шагом 0.5 мм химического состава верхнего слоя осадков Амурского залива Японского моря, с возрастом несколько десятков лет, выявлены прослой 3-8 мм с аномально низким содержанием брома. Они сформированы выносами реки Раздольная, распространяющимися в центральную часть залива во время экстремальных наводнений, сопровождающихся сильными штормами на море. Такие условия в регионе характерны для периодов прохождения глубоких тропических циклонов (тайфунов), с которыми и были сопоставлены по времени выделенные прослой. Подход оказался возможным благодаря высокой скорости осадконакопления в заливе (3-5 мм/год) и малой биотурбации осадков из-за аноксидных условий (Астахов и др., 2015).

4.3. Первые данные о рудной минерализации в магматических породах подводных возвышенностей Японского моря

Впервые в магматических породах подводных возвышенностей задугового рифтогенного бассейна (Японское море) обнаружены включения зерен цветных и благородных металлов: Ag, Cu, Zn, Sn, Ni, Co, As, Pb, Sb, W, V и заполнение пор базальтов гидроокислами Fe и Mn (рисунок 16). Аналогичные включения этих же металлов установлены в железомарганцевых корках, образовавшихся на привершинных частях вулканов. Сходный минеральный состав, особенности морфологии и локализации наложенной минерализации указывают на единый постмагматический газо-гидротермальный источник цветных и благородных металлов (рисунок 15). Это существенно увеличивает перспективы подобных бассейнов на обнаружение полиметаллических сульфидных руд (Астахова и др., 2014).

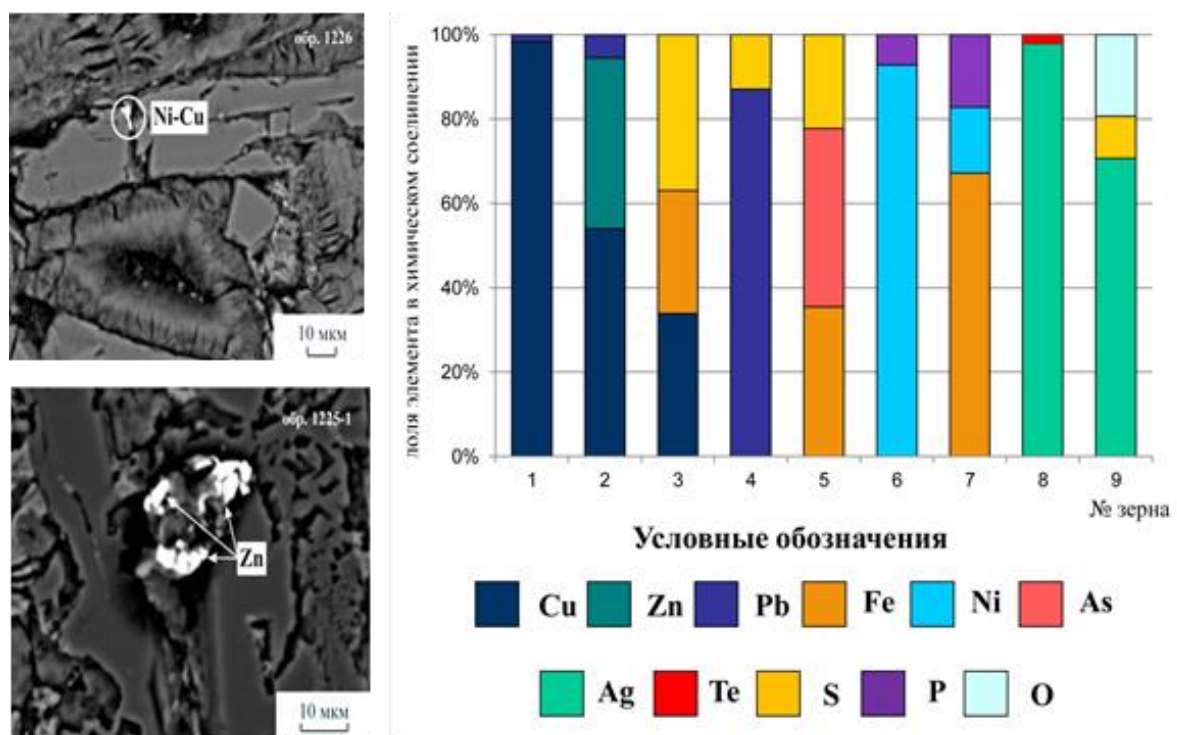


Рисунок 15 – Включения зерен цветных металлов в базальтах Японского моря, вид в отраженных электронах (слева) и разновидности зерен цветных и благородных металлов по химическому составу (результаты электронного микрозондирования).

4.4. Новые проявления марганцевых руд в Японском море

Изучены химический состав и содержания микроэлементов, в том числе РЗЭ в образцах пиролюзита, тодорокита и бернессита, поднятых с глубины 3500-3200 м при драгировании безымянной возвышенности в Центральной котловине Японского моря.

Массивные пиролюзиты впервые обнаружены в Японском море, его образцы очень твердые, с большим удельным весом ($3,35 \text{ г/см}^3$), в них отмечено максимально возможное для марганцевых руд содержание Mn – 62 %. Делается вывод о гидротермальном генезисе первичных марганцевых руд возвышенности (Астахова и др., 2015).

Изучен химический состав марганцевых конгломератов, впервые поднятых при дражировании возвышенности Витязя (северная часть Японского моря). Конгломераты представляют собой гравийно-галечный материал с базальным марганцевым цементом. Верхняя и нижняя поверхности конгломерата покрыты слоистыми почковидными корками, мощностью до 6 см, такого же марганцевого состава (Mn/Fe – 802). Особенностью корок является обогащение некоторых слоев хлоридом натрия или сульфатом кальция. Причем и NaCl и CaSO₄ отлагались одновременно с марганцем. В корках также присутствуют включения зерен интерметаллов на основе Cu и Ni, и самородное серебро. Делается вывод о гидротермальном происхождении марганцевых отложений (Астахова и др., 2015, в печати).

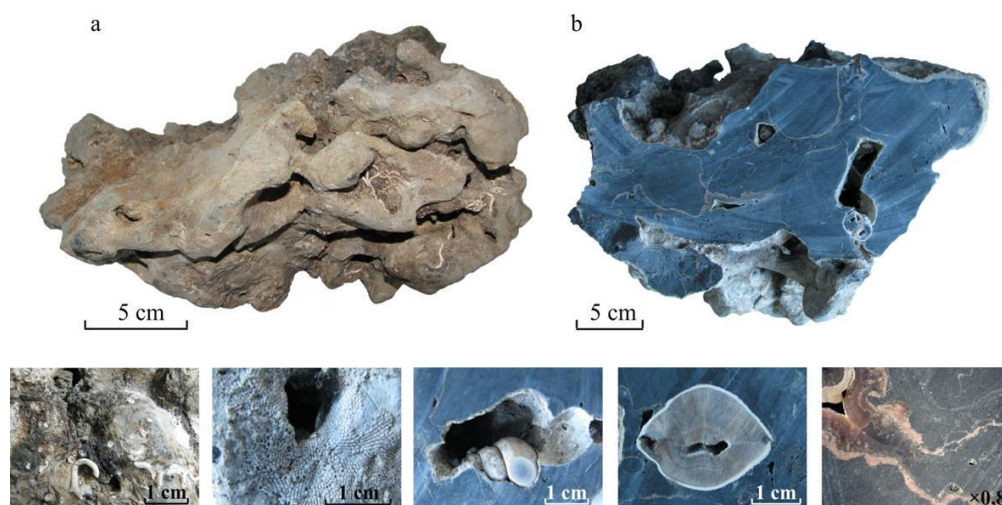
4.5. Распределение редкоземельных элементов и иттрия в железомарганцевых конкрециях Чукотского моря

Изучены морфология, микростроение, химический и минеральный состав железомарганцевых конкреций (ЖМК) Чукотского моря. Подробно рассмотрены особенности распределения и минеральные формы выделения редкоземельных элементов (РЗЭ) и иттрия. Для изученных конкреций характерно низкое суммарное содержание РЗЭ, отрицательная цериевая и слабоположительная (практически нейтральная) европиевая аномалии: $\sum(\text{РЗЭ}) - 185.26-299.10 \text{ г/т}$, $\text{Ce}_{\text{ан}} - 0.73-0.96$, $\text{Eu}_{\text{ан}} - 1.01-1.13$. Отношение Y/No изменяется от 23.19 до 29.88, легких и тяжелых РЗЭ (ЛРЗЭ/ТРЗЭ)^{NASC} – от 0.74 до 1.50. Большинство геохимических показателей свидетельствуют в пользу диагенетического происхождения ЖМК. Наиболее специфическая черта изученных конкреций – высокие, до 295.05, значения модуля (Fe+Mn)/Ti (Колесник, Колесник, 2015).

4.6. Первая находка метанопродуктов аутигенных карбонатов в Чукотском море

Впервые в Чукотском море обнаружены и изучены метанопродукты аутигенные карбонаты. Они отличаются чрезвычайно легким изотопным составом углерода ($\delta^{13}\text{C} = -63.6 \dots -55.6 \text{ ‰}$); высокие значения $\delta^{18}\text{O}$ (2.7–3.9‰) свидетельствуют о весьма низких температурах карбонатообразования (не более 6°C). Морфологические и текстурно-структурные особенности (брекчиевидность, включения раковин моллюсков,

макропористость), а также химический, минеральный и изотопный составы АКО свидетельствуют о его формировании на морском дне в результате микробиального окисления метана.



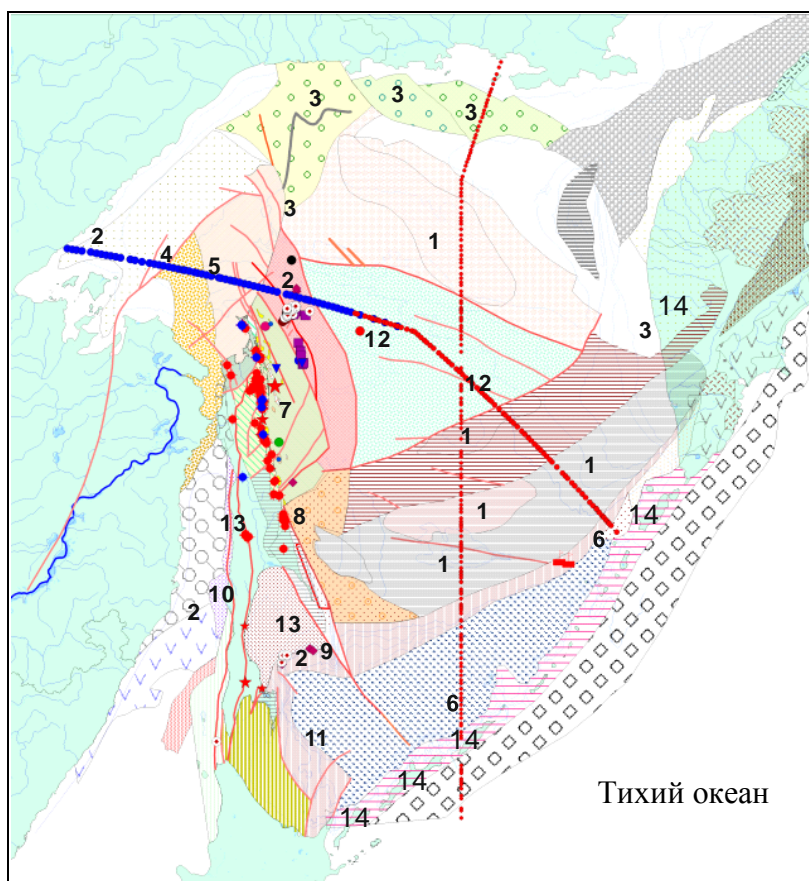
а – общий вид; б – пришлифованные срезы.

Рисунок 16 – Фрагменты массивных аутигенных карбонатов Чукотского моря.

5. Флюидодинамика, изучение и моделирование газогеохимических полей и условий формирования/разрушения газогидратов

5.1. Газогеохимическое районирование Охотского моря

Выявлено, что аномальные газогеохимические поля морских осадочных отложений (голоцен) Охотского моря отражают газогеохимические характеристики недр, условий генерации и миграции, сингенетичных материнским толщам, и фундамента газовым флюидам (рисунок 17). При этом аномальные газогеохимические поля сформированы при участии миграционных газов (не менее 30 %). Распределение газов в морских отложениях согласуется с сухопутным обрамлением, на котором доказана возможность участия дополнительных, глубинных, источников углеводородных газов. При этом при внедрении интрузивных тел могут также формироваться изотопно тяжелые углеводороды и углекислый газ, а Курильская островная дуга является поставщиком метаморфогенного и магматогенного метана.



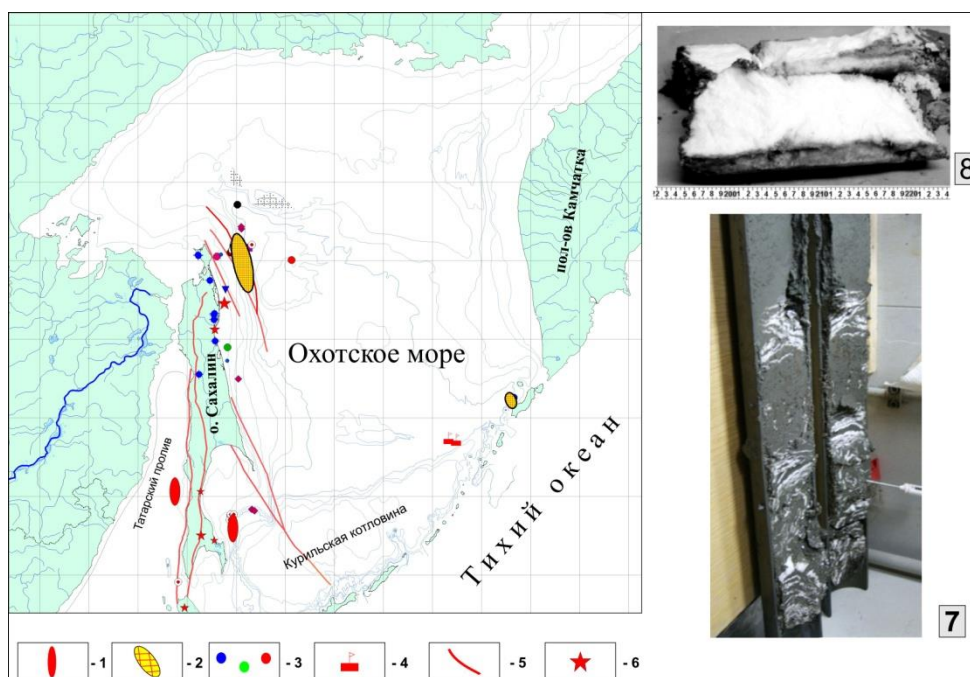
Условные обозначения: 1 – фоновые газогеохимические поля; 2 – термогенные газогеохимические поля с преобладанием микробиальной компоненты; 3 – слабо выраженные миграционные поля термогенных газов; 4 – приразломные аномальные поля УВГ с долей миграционной компоненты 30 % об.; 5 – аномальные поля низкой интенсивности; 6 – термогенные аномальные газогеохимические проявления с увеличенной долей УВГ; 7 – умеренно выраженные площадные поля аномальных УВГ со значительной долей микробиальной компоненты; 8 – слабо выраженные площадные аномальные поля термогенных УВГ со значительной долей микробиальной компоненты; 9 – полигенезисные аномальные поля с термогенной и микробиальной компонентой, гелиеносные; 10 – термогенные УВГ газы, вероятно, углеметаморфогенного генезиса; 11 – термогенные газы, возможно, грязевулканического ряда; 12 – термогенные газы постагматических очагов или пост-гидротермальных процессов; 13 – аномальные поля углеметаморфогенного и микробиального метана; 14 – проявления термогенных газов нефтяного ряда и углеметаморфогенные газы.

Рисунок 17 – Распределение газогеохимических полей в Охотском море.

5.2. Закономерности формирования и распределения скоплений газогидратов в Охотском и Японском морях

В Охотском и Японском морях в донных отложениях установлены две новые провинции с гидратами метана: на западном склоне Курильской котловины и в Татарском проливе на глубинах 720 и 1000 м и 320 м соответственно. Давление 320-метрового столба воды является меньше для стабильности газогидратов, которая проходит на глубине 380-400 м в этом районе Татарского пролива. Возможно, в период формирования газогидратов

этот район был покрыт многолетней мерзлотой (рисунок 18). Открытые провинции газогидратов являются альтернативным энергоресурсом будущего (Акуличев и др., 2014).

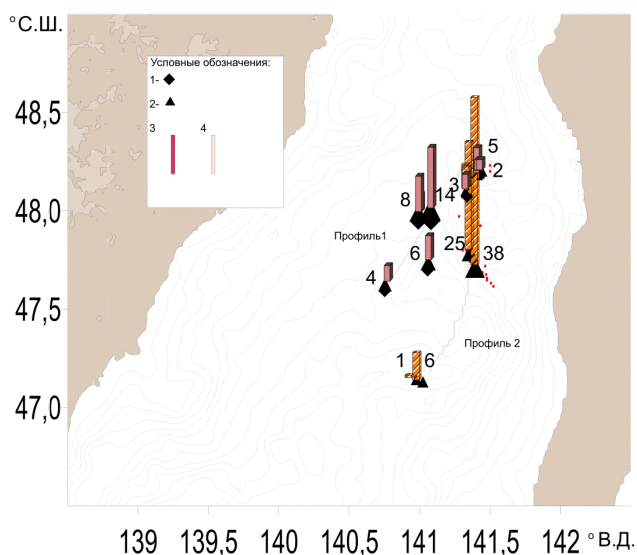


Условные обозначения: 1 - красные поля – новые провинции газогидратов; 2 - желтые поля – провинции газогидратов, открытые ранее; 3, 4 – проявления углеводородных газов; 5 – зоны разломов; 6 – грязевые вулканы; 7, 8 – газогидраты (белый цвет, заполнение газогидратами около 20 % об.).

Рисунок 18 – Районы открытых газогидратов в Охотском и Японском морях с геологическими характеристиками.

5.3. Поток метана в районах подводных выходов газов на акватории Татарского пролива Японского моря

Впервые определены акватории активного выделения преимущественно термогенного метана в атмосферу в районах подводных выходов газов на акватории Татарского пролива Японского моря (рисунок 19). Повышенные концентрации метана в поверхностных морских водах, пересыщение их метаном и значительные скорости ветров вызвали интенсивное выделение метана в атмосферу из морской воды. Наибольший поток метана 38 моль/км²*сут в атмосферу наблюдался в районах выделения пузырьков природного газа над газогидратоносными участками в южной части Татарского пролива (рейс 69 НИС «Академик М.А. Лаврентьев») (Мишукова и др., 2015, в печати).



Условные обозначения: 1, 2 – станции отбора проб воды для НИС «Академик Лаврентьев» рейс 59, август 2012 г.; и НИС «Академик Лаврентьев» рейс 62, июнь 2013 г., соответственно; 3,4 и цифры – поток метана в моль/ км²*сут для НИС «Академик Лаврентьев» рейс 59, август 2012 г., и НИС «Академик Лаврентьев» рейс 62, июнь 2013 г., соответственно.

Рисунок 19 – Распределение метана в поверхностных водах (нмоль/л) и значения потока метана в моль/ км²*сут на акватории Японского моря.

5.4. Углегазоматеринские формации северо-востока Азии и их роль в формировании углеводородного потенциала окраинных морей

Во всех изученных геоструктурах региона (рисунок 1) установлены угольные бассейны, различающиеся размерами, геотектоническим положением, мощностью угленосных отложений и их возрастом, количеством угольных пластов, вещественным и петрографическим составом, как углей, так и вмещающих их пород, особенностями внутреннего тектонического строения, условиями накопления и преобразования органического вещества. Большинство из них характеризуется высокой метаносностью, значительными метаноресурсным потенциалом и по своей геолого-промышленной значимости относится к углегазоносным (Гресов, 2014). Наиболее древние углегазоносные бассейны с верхнеюрско-нижнемеловой угленосностью – Ленский и Южно-Якутский – приурочены к восточному и южному обрамлению Сибирской платформы. К зонам сочленения Колымо-Омолонского и Охотского жестких блоков с Яно-Колымской складчатой областью и Охотско-Чукотским вулканогенным поясом приурочены Омолонский, Омсукчанский и Зырянский бассейны, Челомджинская и Пареньская площади с развитием нижнемеловой угленосности.

К району сочленения Колымо-Омолонского срединного массива и Чукотской складчатой области приурочено формирование Анюйского бассейна; Чукотской складчатой области и Охотско-Чукотского вулканогенного пояса – Чаун-Чукотской, Восточно-Чукотской площадей с нижнемеловой угленосностью. Во внутренней части Яно-Колымской складчатой области расположен Аркагалинский бассейн с развитием верхнемеловой и неогеновой угленосности. Пенжинский, Анадырский, Беринговский бассейны с верхнемеловой и палеогеновой угленосностью расположены в пределах Анадырско-Корякской складчатой системы. Проведенный анализ позволил сгруппировать их типовые геоструктурные характеристики и разработать структурно-тектоническую классификацию углегазоносных бассейнов и площадей региона различной газоносности (Гресов, 2014).



Условные обозначения: **1** – Сибирская платформа: АЩ – Алданский щит, АМ – Анабарский массив. **2** – срединные массивы: I – Колымо-Омолонский, II – Охотский. Области: **3** – протерозойской, **4** – мезозойской, **5** – кайнозойской складчатости: СТ – Становая, ЯК – Яно-Колымская, Ч – Чукотская, ОЧ – Охотско-Чукотская, К – Камчатская; **6** – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс. **7** – основные глубинные разломы, **8** – основные угольные бассейны и угленосные площади: 1 – Ленский, 2 – Лаптевско-Янский, 3 – Зырянский, 4 – Аркагалинский, 5 – Омсукчанский, 6 – Омолонский, 7 – Анюйский, 8 – Анадырский, 9 – Беринговский, 10 – Пенжинский, 11 – Олюторский, 12 – Западно-Камчатский. 13 – Охотский, 14 – Южно-Якутский, 15 – Амгинская, 16 – Челомджинская, 17 – Хасынская, 18 – Малтанская, 19 – Тайгоносская, 20 – Гижигинская, 21 – Пареньская, 22 – Хатырская, 23 – Залива Креста, 24 – Восточно-Чукотская, 25 – Игельхвеемская, 26 – Уэленская, 27 – Ванкаремская 28 – Чаун-Чукотская, 29 – Чаунская, 30 – Тастахская, 31 – Ольдзойская. **9** – Углегазоносные месторождения: 1 – Сылахское, 2 – Нерюнгринское, 3 – Эльгинское, 4 – Джебарики-Хайское, 5 – Белогорское, 6 – Сангарское, 7 – Тас-Тумусское, 8 – Леписское, 9 – Жиганское, 10 – Мастахское, 11 – Таймыльское, 12 – Улахан-Юряхское, 13 – Эльгенское, 14 – Харангское, 15 – Буоркемюское, 16 – Надеждинское, 17 – Верхне-Аркагалинское, 18 – Нижне-Аркагалинское, 19 – Булурское, 20 – Кэновское, 21

– Галимовское, 22 – Долгожданное, 23 – Дальнее, 24 – Марковское, 25 – Бухты Угольной, 26 – Алькатваамское, 27 – Амаамское, 28 – Чернореченское, 29 – Горелое, 30 – Корфское, 31 – Лесновское, 32 – Паланское, 33 – Тигильское. **10** – перспективные ресурсы метана углегазоносных бассейнов и площадей, млрд м³. Составлена А.И. Гресовым на основе схем тектонического районирования угольных бассейнов северо-востока России (Гресов, 2014).

Рисунок 20 – Схематическая карта структурно-тектонического районирования и размещения угленосных бассейнов и площадей северо-востока России.

5.5. Сейсмоакустические критерии для диагностики присутствия свободного газа в осадках

В северной части залива Петра Великого (Японского моря) завершено выделение и оконтуривание мест скоплений газа в осадочных отложениях. Для обнаружения приповерхностных скоплений газа использованы следующие критерии: наличие акустических аномалий разнообразной формы и облика (акустические мутность, покров, завеса, столбы, колонны) и наличие pull-down структур, образование которых связывается со значительным уменьшением скорости продольных волн в газонасыщенных отложениях (Акуличев и др., 2015). На сахалинском склоне Татарского прогиба (Японское море) на глубине около 400 м задокументированы акустические аномалии газовой природы шириной 2-3 км и достигающие поверхности морского дна.

5.6. Новые методы газогеохимических исследований

Зонд для отбора проб воды из донных осадков. Зонд предназначен для отбора проб воды, содержащейся в донных осадках акваторий (поровой воды), и может быть использован для получения первичного материала с целью анализа химического и микробиологического состава воды, а также для исследования взаимодействия водных масс с донными осадками и изучения химических реакций, происходящих в осадках.

Основное преимущество: сохранение условий *in situ* в процессе отбора пробы.

Данный вариант зонда (с управлением по кабелю) предназначен для работы с неподвижного основания: со льда или катера, зафиксированного (расчаленного) двумя якорями (рисунок 21).

Этим достигается определенная последовательность наполнения шприцов и соответствие каждой пары шприцов определенной глубине отбора пробы. Наполнение как минимум двух шприцов на одном горизонте позволяет убрать остатки воды от предыдущего горизонта в первый шприц и таким образом повысить чистоту пробы во втором шприце на каждом горизонте. Наполнение каждого шприца ограничивается

стопорами, в которые упираются штоки шприцов при своем движении в процессе наполнения. Стопоры снабжены концевыми выключателями, благодаря которым на пульт блока управления поступают сигналы о заполнении шприцов. При поступлении каждого второго сигнала с концевых выключателей блок управления выдает импульс на закрытие электромагнитного клапана, и зонд заглубляется для отбора очередной пробы на следующий горизонт включением ударно-вибраторного механизма.



Рисунок 21 – Зонд для отбора проб поровой воды в донных осадках.

Устройство для измерения температуропроводности верхнего слоя донных осадков. Устройство для измерения температуропроводности верхнего слоя донных осадков, состоящее из платформы, к основанию которой прикреплен источник тепла, температура которого изменяется со временем по гармоническому закону, установленных в герметичных контейнерах блока электроники и соединенного с ним блока электропитания, содержащего аккумуляторную батарею и схему подачи синусоидального напряжения на источник тепла, а также измерительного блока, представляющего собой коническую гильзу, с помощью четырех реек из углепластика соединенную с платформой и снабженную силиконовой трубкой датчиками температуры, подключенными к блоку электроники, при этом один из датчиков совмещен с источником тепла, и как минимум один датчик установлен ниже источника тепла (рисунок 22). (Буров, Деменок, 2014, патент).

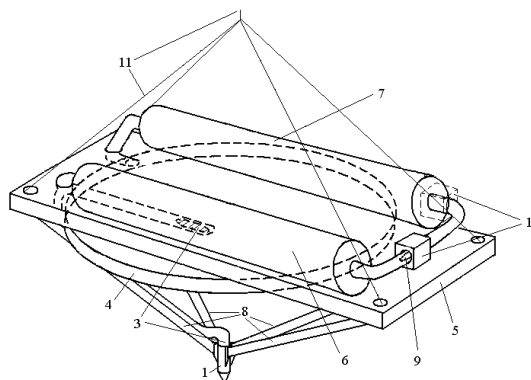


Рисунок 22 – Установка для измерения температуропроводности верхнего слоя донных осадков.

6. Палеоокеанология дальневосточных морей

6.1. Тысячелетние и столетние изменения климата, среды и продуктивности Охотского моря в позднем плейстоцене голоцене и их отклики на глобальные изменения климата

На основании анализа нескольких индексов продуктивности, концентрации частиц ледового разноса (ЧЛР), количества и видового состава диатомовых водорослей из осадков четырех датированных колонок Охотского моря по профилю север–юг выявлено (рисунок 23):

1. Изменения регионального климата и среды моря за последние 25 тысяч лет происходили синхронно с глобальными изменениями климата, зарегистрированными в Гренландии, северной Атлантике и в активности муссонов Восточной Азии;
2. Расчёты потоков ЧЛР показали, что в ледниковое время происходило увеличение формирования морских льдов несколько раз, что неизбежно приводило к усилению роли Охотского моря в образовании промежуточных вод северной Пацифики в оледенение.
3. Рост продукции диатомового фитопланктона в Охотском море в последние 4-6 тысяч лет контролировался в основном уменьшением формирования морских льдов и соответственно ослаблением стратификацией поверхностных вод при весеннем таянии льдов (Gorbarenko et al., 2014б).

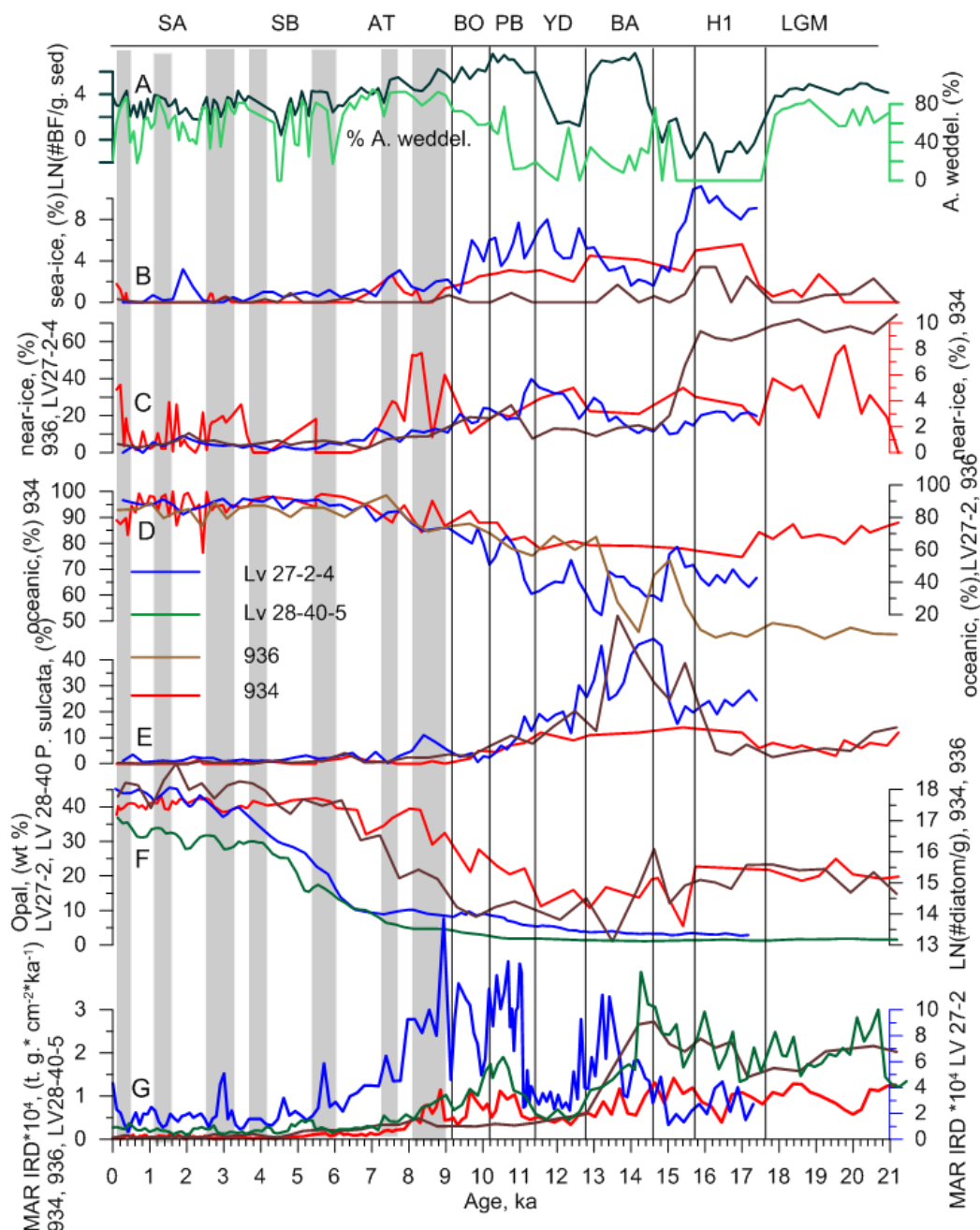


Рисунок 23 – Изменения потоков частиц ледового разноса (G), содержания биогенного опала (F) и видового состава диатомовых водорослей и бентосных фораминифер (E, D, C, B, A) в четырех колонках Охотского моря за последние 25 тысяч лет. Наверху показаны периоды максимума последнего оледенения, события Хейнрич 1, потепления беллинг-аллерод, похолодания молодой дриас и периоды голоцена PB, BO, AT, SB и SA.

6.2. Высокоразрешающая стратиграфия опорных колонок осадков северной и центральной частей Японского моря

По результатам комплексного изучения глубоководных осадков датированного ядра из северной части Японского моря и реконструкции изменений среды моря и растительности прилегающей суши за последние 40 тысяч лет выявлено 10 темных слоев

с повышенным содержанием органики. Выявлены основные механизмы их формирования в связи с орбитальными и тысячелетними изменениями климата, уровня моря и водообмена с Тихим океаном (рисунок 24). Высокоразрешающие записи изотопного состава кислорода планктонных фораминифер позволили детализировать глобальные изменения уровня моря за последние 30 тысяч лет (Gorbarenko et al., 2014в).

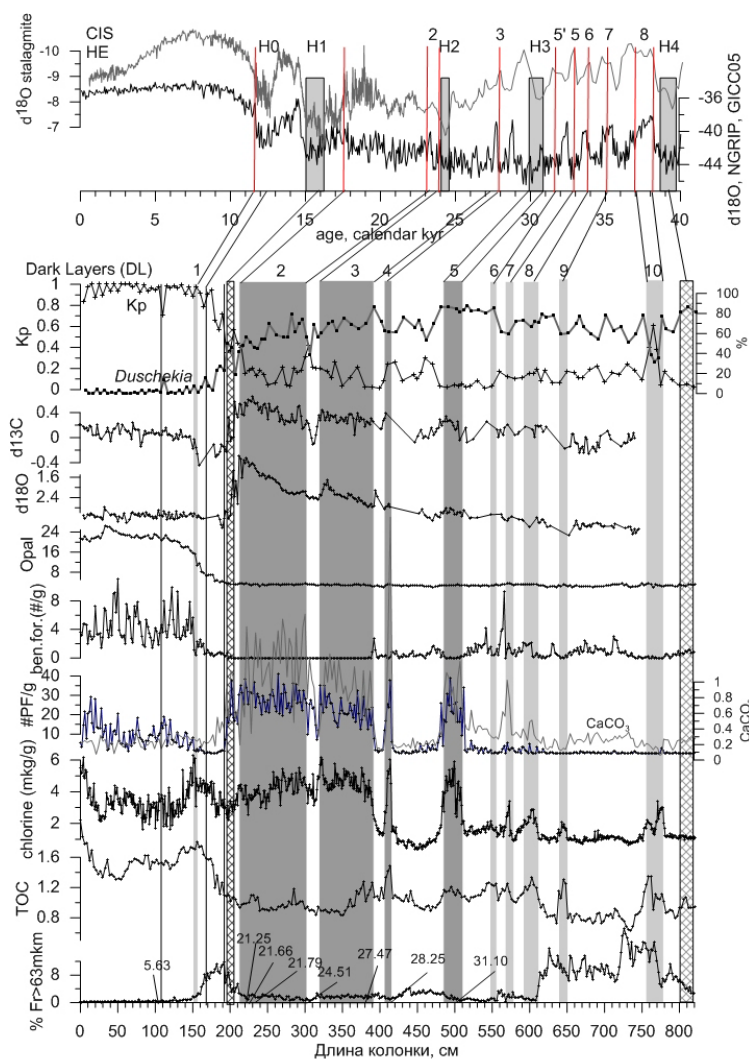
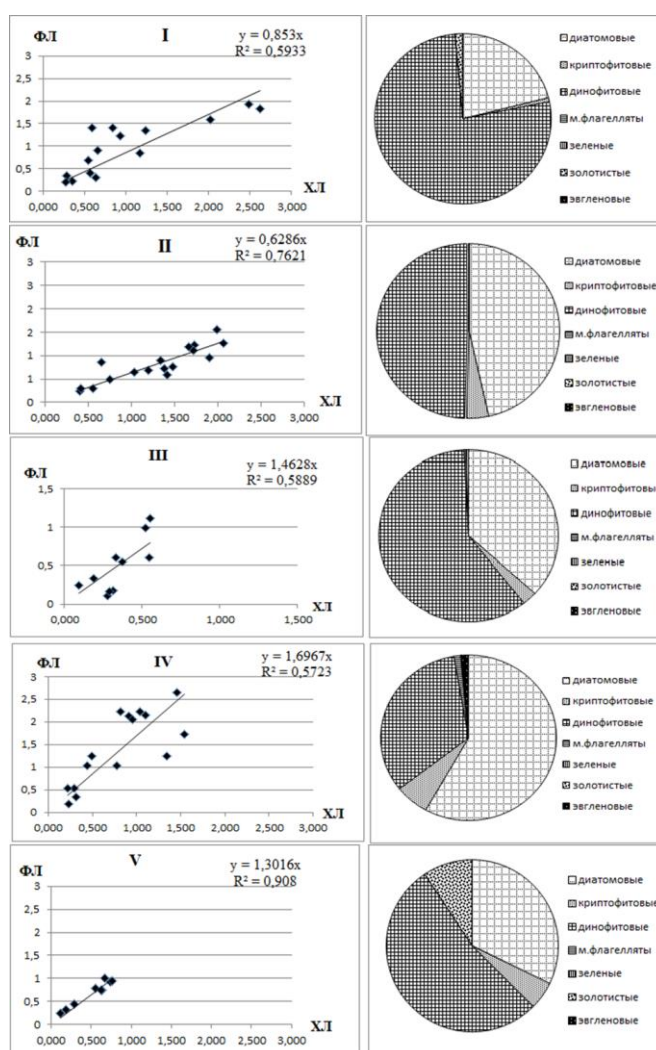


Рисунок 24 – Корреляция тысячелетних изменений климата, записанных в ледовом керне Гренландии и сталагмитах из Китая (верх рисунок) с записями изменений по колонке количества частиц ледового разноса, содержания хлорина и опала, обилия планктонных фораминифер и их изотопного состава кислорода и углерода, а также климатического коэффициента, рассчитанного по данным пыльцевого анализа и процента холодного вида *Duschekia* в древесно-кустарниковой группе. В результате выявлены характерные причинные связи формирования темных слоев осадков Японского моря, как глобальными потеплениями, так и с похолоданиями климата, сопровождавшимися изменениями уровня моря.

6.3. Параметры поверхностных вод северной и центральной частей Японского моря, приводного слоя атмосферы и продуктивности по данным судовых и спутниковых наблюдений

В последнее время для калибровки спутниковых данных концентраций хлорофилла А используются судовые измерения, полученные с помощью проточных и зондирующих флуориметров (рисунок 25). Результаты проведенных исследований показали что, они в свою очередь нуждаются в калибровке. Установлено, что высокая пространственно-временная изменчивость выхода флуоресценции связана, очевидно, не только с гидрологическими условиями, но и с изменчивостью видового состава фитопланктона (Захарков и др., 2014).



Условные обозначения: I район – Татарский пролив, II район – склон центрального Приморья, III район – склон Южного Приморья, IV район – банка Кито-Ямато, V район – возвышенность «Первенца».

Рисунок 25 – Связь между флуоресценцией хлорофилла а, измеряемой зондом SBE и Кхл в зависимости от видового состава фитопланктона по выделенным районам изучаемой акватории Японского моря.

7. Геолого-геофизические экспедиционные работы 2014 года в дальневосточных морях и на побережье.

7.1. Международная экспедиции в Охотском и Японском морях (НИС «Академик М.А.Лаврентьев рейс 67)

Международная российско-корейско-японская экспедиция с целью детализации геологического строения, поиска метановых источников и полей газогидратов в районе о. Сахалин. В задачи экспедиции входило:

- поиск потоков метана и полей газогидратов;
- исследование закономерностей их распределения в водной толще и в донных осадках;
- выполнение гидроакустических гидрологических, геофизических геологических и газогеохимических исследований;
- выяснение особенностей морфо-геологического строения морского дна;
- мониторинг потоков метана и его аномальных полей.

По результатам высокоразрешающей сейсмической съемки выявлены различия в морфологии и структуре восточного и западного склонов Татарского прогиба, что определяет отсутствие газовых каналов в его западной части. Проведено исследование 93 газовых факелов, при этом обнаружено 74 новых выходов потоков метана из донных отложений в воду. При этом в трех колонках осадков были найдены карбонатные конкреции, образованные за счет микробного окисления метана, а на одной из станций, взятой в Татарском проливе, в донных осадках обнаружены газогидраты. Концентрации метана в осадках Татарского пролива оказались высокими – более 100 мл/л, при этом на разной глубине от поверхности осадка зафиксирован скачок метановых концентраций.

Обнаружен пульсационный режим потоков пузырей метана из донных осадков в воду, фиксируемых гидроакустическим методом. В Татарском проливе наблюдается суточный режим пульсации, на западном склоне Курильского бассейна отмечена годовая изменчивость мощности (высоты) потока пузырей метана. В Татарском проливе, например, поток метана утром имел полную мощность, вечером исчезал. На западном склоне Курильского склона Охотского моря в 2012 году высота потока пузырей метана в районе нарушенной структуры (рисунок 26, вершина в центре, отмеченная красными линиями-галсами судна) высота потока достигала поверхности, 2200 м. В 2013 году он уменьшился в 2-а раза, а в 2014 году исчез совсем. В период наблюдения, в 2012 году в Охотском море произошло землетрясение магнитудой около 6 баллов около 100 км к северу от потока. Возможно, именно землетрясение активизировало разлом на структуре,

и вышел из донных отложений мощный поток метана, который сначала уменьшился, а затем исчез. Это очень важные наблюдения. Во-первых, они подтверждают участие сеймотектонической активизации в формировании и выходов потоков метана, во-вторых, в районе исследований идут процессы миграции и накопления природных газов (метана) на горизонтах земной коры, которые пульсационно высвобождаются по типу гейзеров. Подтверждением этому является обнаружение признака грязевого вулканизма в 2014 году на западном склоне Курильской котловины (рисунок 26).

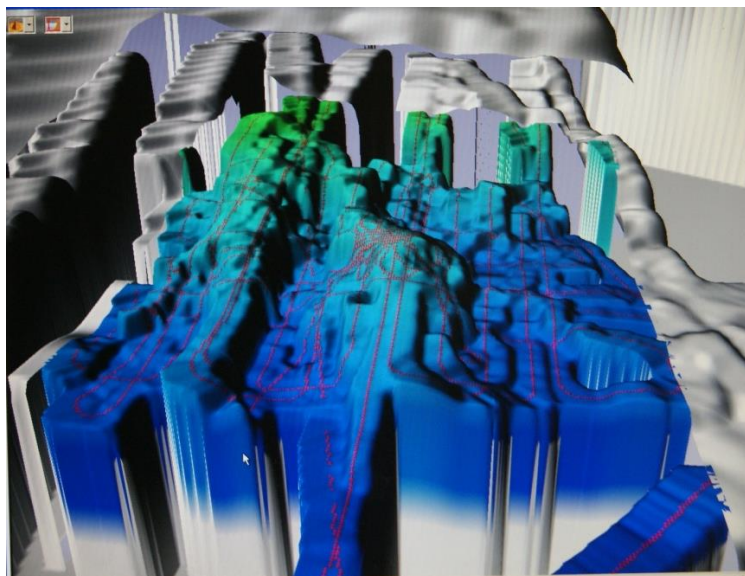


Рисунок 26 – Структура западного склона Курильского бассейна, на вершине которой (район узла гидроакустических и батиметрических галсов – красные линии) обнаружен Курильский факел высотой 2200 м, был отобран керн с признаком грязевого вулканизма в рейсе Lv-67, 2014 г. Схема структуры построена Коптевым А.А.

7.2. Комплексная экспедиции в Японском море (НИС «Академик М.А.Лаврентьев», рейс 68)

В задачи экспедиции входило изучение состояния водной толщи, атмосферы и поверхности дна над подводными вулканами и активными разломами глубоководной части Японского моря, детализация сведений по рельефу дна, геофизическим полям, флюидодинамике и геологическому строению подводных вулканов и зон глубинных разломов Японского моря, а также реконструкции истории прошлых вулканических извержений; формирование системы постоянного мониторинга параметров природной среды с использованием автономных заякоренных измерительных систем и повторяющихся разрезов.

Основные результаты геологических работ в рейсе:

- получена детальная информация о донной топографии подводных возвышенностей Беляевского и Шевалдина;
- установлено, что процесс растяжения литосферы и деструкция континентальной коры некоторых участков банки Кита-Ямато продолжается до настоящего времени при этом деформация осадочного покрова банки и обнаружение здесь на поверхности морского дна оползневых тел указывает на существование местных зон неустойчивости осадочного покрова, образующихся, вероятно, в результате местных землетрясений в зоне активности разломов.

7.3. Участие в международной экспедиции в Чукотское, Берингово моря и северную часть Пацифики на НИС «Xue Long» (КНР)

Экспедиция выполнялась в июле – сентябре 2014 г. От ТОИ ДВО РАН в ней участвовал А.А. Босин. Целью экспедиции был мониторинг и комплексное исследование Арктики. Всего за время экспедиции были проведены работы на 120 станциях, из них геологических, с отбором осадков, 40. Были отобраны керны и поверхностные осадки. Ненарушенные поверхностные образцы и колонки малтикореров для детального элементного анализа (XRF) привезены в ТОИ ДВО РАН для последующего изучения.

7.4. Изучение газогеохимических полей в заливе Петра Великого

В 2014 году завершено изучение распределения природных газов в донных осадках и придонных прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого.

В результате исследований обнаружены аномальные поля метана в придонной воде в Амурском заливе и на юго-западе залива Петра Великого (рисунок 27а). Важный новый результат получен в результате измерения распределения гелия в донных осадках (рисунок 27б). Аномальные поля совпадают с повышенными концентрациями метана и характеризуют высокую сейсмотектоническую активность Амурского, Уссурийского заливов и юго-западных районов залива Петра Великого. Гелий и метан мигрируют из глубоких горизонтов залива по зонам разломов.

7.5. Распределение природных газов в воде гидрогеологических скважин на прибрежной территории к востоку от Уссурийского залива

Чтобы уточнить возможные источники метана в районе залива Петра Великого в 2014 году было изучено распределение природных газов в воде гидрогеологических скважин на прибрежной территории к востоку от Уссурийского залива (рисунок 28). Геологический разрез через бухту Суходол показан на рисунке 29.

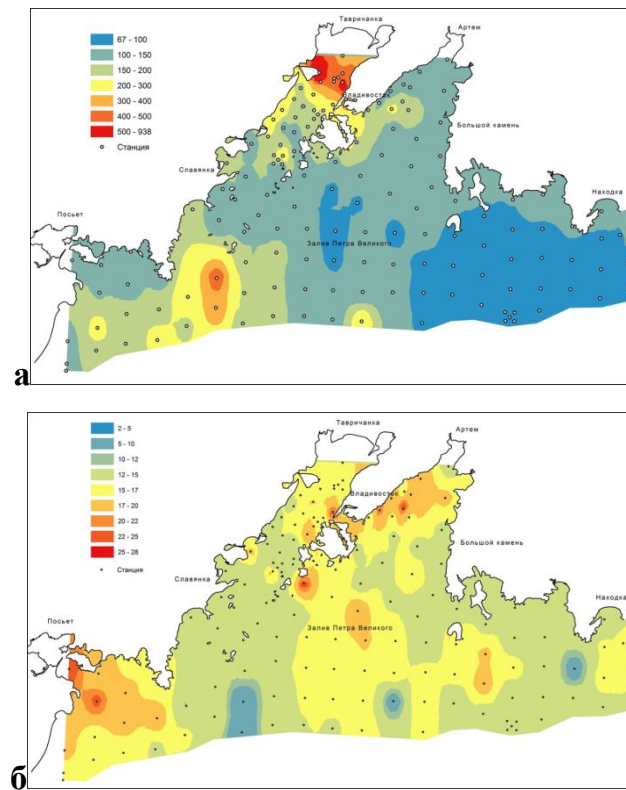


Рисунок 27 – Распределение метана в придонном слое воды в заливе Петра Великого (а);
распределение гелия в верхнем слое осадков в заливе Петра Великого (б).

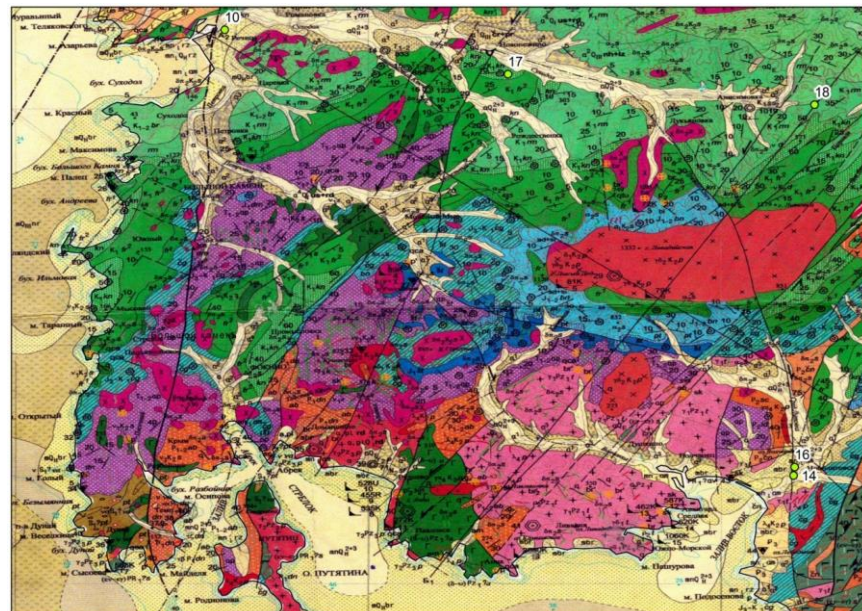


Рисунок 28 – Геологическая схема региона, граничащая с западной прибрежной
зоной и бухтой Суходол Уссурийского залива.

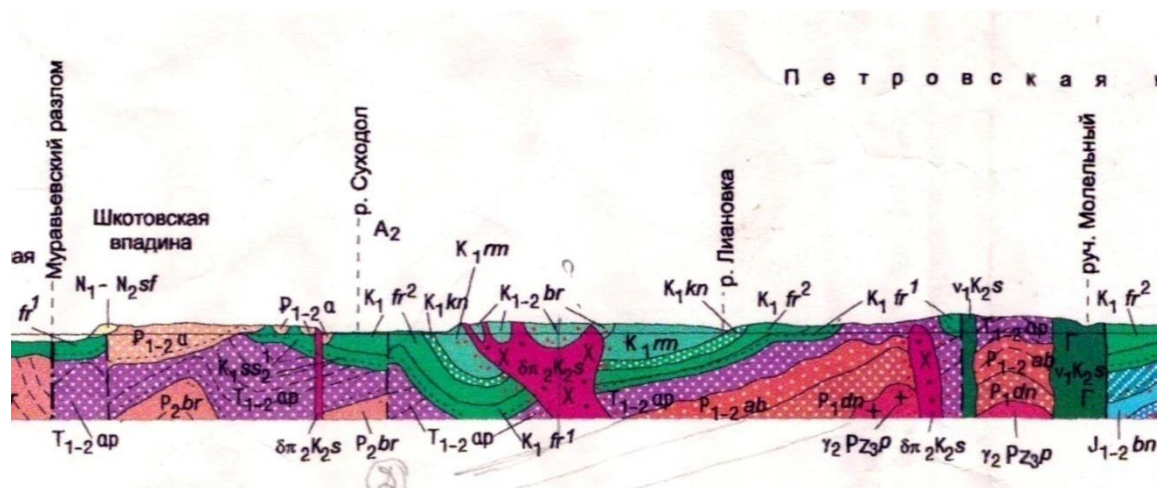


Рисунок 29 – Геологический разрез (с СЗ на ЮВ, см. рисунок 28) через устье реки Суходол.

Гидрогеологические скважины №№ 10, 17 и 18 пробурены в долине реки Суходол, скважины № 14 и № 16 расположены в долине нижнего течения Средней Литовки. Вода из скважин отбиралась пробоотборником на разных горизонтах. Из воды на дегазационной установке отбирался газ, который анализировался на хроматографе. Определялись метан, тяжелые углеводороды (C₂-C₄), и другие газы - CO₂, O₂, N₂, H₂, He.

Результаты газогеохимических исследований воды подземных водоносных горизонтов гидрогеологических скважин оказались очень интересными и важными. В воде скважины № 16 в верхнем горизонте, на глубине 4 м и на глубине 15 м обнаружены сверханомальные концентрации метана (2162335 нл/л и 1805797 нл/л, соответственно). В скважине № 10, расположенной в устье долины реки Суходол, на глубине 3 м и 15 м в воде обнаружено аномальное содержание метана (24536 нл/л и 20235 нл/л, соответственно), повышенная концентрация углекислого газа в нижнем горизонте и в 2 раза меньше на верхнем горизонте (3.1 мл/л и 7.9 мл/л, соответственно), равное количество этана (17,2 ppm и 16,3 ppm, соответственно), фоновое содержание гелия и водорода (около 2.5 ppm).

В скважинах, расположенных на берегу бухты Суходол, содержание метана превысило фон в 100000 раз. Это свидетельствует, что в активной зоне разломов происходит подток углеводородных и углекислого газа из нижних горизонтов. По геологическому строению район скважин представлен мезозойским осадочным бассейном, заполненным континентальными угленосными и туфогенными породами верхнего и нижнего мела, триаса. Фундаментом бассейна являются, возможно, туфогенно-осадочные породы пермского возраста. Бассейн расположен на границе грабена Уссурийского залива, что влияет на его структурно-тектоническое строение. В районе

скважин проходит меридиональный разлом, который пересекается широтным разломом реки Суходол.

Заключение

В результате проведенных в 2014 году исследований полностью выполнено Государственное задание по содержанию работ, планировавшимся результатам и показателям в соответствии с Планом научно-исследовательских работ ТОИ ДВО РАН на 2014-2016 годы. Дополнительно в отчет включены некоторые результаты, не предусмотренные Планом, так как работы по этим направлениям были начаты в 2014 г. Наиболее важными новыми результатами являются:

- выделены гранитоиды трех возрастных комплексов (ранне-позднемелового, позднемелового и эоценового) фундамента Курильской островодужной системы и показана их роль в его формировании;

- реконструированы изменения регионального климата и среды Охотского моря за последние 25 тысяч лет; они происходили синхронно с глобальными изменениями климата, зарегистрированными в Гренландии, северной Атлантике и в активности муссонов восточной Азии;

- выявлен новый тип морских марганцевых руд - массивные пирролюзитовые с содержанием марганца 62 %; они встречены на безымянной возвышенности в Центральной котловине Японского моря;

- на возвышенности Витязя в северной части Японского моря выявлено новое проявление железомарганцевых руд; рудные компоненты в них формируют цемент конгломератов;

- в магматических породах ряда подводных возвышенностей Японского моря обнаружены включения зерен цветных и благородных металлов: Ag, Cu, Zn, Sn, Ni, Co, As, Pb, Sb, W, V и заполнение пор базальтов гидроокислами Fe и Mn;

- в Охотском и Японском морях в донных отложениях установлены две новые провинции с гидратами метана: на западном склоне Курильской котловины на глубинах 720 и 1000 м и в Татарском проливе на глубине 320 метров;

- впервые в Чукотском море обнаружены и изучены метанопроизводные аутигенные карбонаты с чрезвычайно легким изотопным составом углерода;

- охарактеризована цикличность формирования нефтегазоносных, углегазоносных и угольных формаций северо-востока России и установлены основные стратиграфические периоды формирования рабочих угольных пластов углегазоносных формаций региона, перспективных для извлечения метана.

В экспедициях, выполненных в 2014 г. получены новые уникальные результаты, значимость которых можно будет оценить после полной обработки накопленных материалов измерений и публикации результатов:

- на западном склоне Курильского бассейна Охотского моря впервые обнаружена грязевулканическая деятельность;
- обнаружена пульсационная деятельность потоков свободного метана из донных отложений в воду, что подтвердилось отсутствием «Курильского факела» в 2014 году; в период сейсмической активизацией в Охотском море в 2012 году его высота составила 2200 м;
- в Татарском проливе Японского моря установлены структуры глубинных разломов, формирующие аномальные поля метана как в водной толще, так и в донных осадках;
- выявлены аномальные поля гелия и водорода в заливе Петра Великого, совпадающие с повышенными концентрациями метана и отражающие высокую сейсмо-тектоническую активность Амурского, Уссурийского заливов и юго-западных районов залива Петра Великого.

**Статьи, в которых отражены результаты выполнения проекта,
опубликованные в 2014-2015 г.г. и находящиеся в печати**

1. Акуличев В.А., Обжиров А.И., Шакиров Р.Б., Мальцева Е.В., Гресов А.И., Телегин Ю.А. Условия формирования газогидратов в Охотском море // Доклады Академии наук. Океанология. 2014. Т. 454, № 3. С. 340-342.
2. Акуличев В.А., Астахов А.С., Карнаух В.Н., Аксентов К.И., Артёмова А.В., Босин А.А., Верещагина О.Ф., Вологина Е.Г., Иванов М.В., Калинин В.В., Суховеев Е.Н. Геоакустические признаки миграции метана субаквальных угленосных толщ в голоценовый осадочный чехол (Амурский залив Японского моря) // Доклады Академии наук. 2015. Т. 460, № 5. С. 589-594.
3. Астахов А. С., Калугин И. А., Аксентов К. И., Дарьин А. В. Геохимические индикаторы палеотайфунов в шельфовых отложениях // Геохимия. 2015. № 4. С. 387-392.
4. Астахова Н.В., Колесник О.Н., Съедин В.Т. Рудная минерализация в вулканических породах подводных возвышенностей Японского моря // Геохимия. 2014. Т. 52, № 2. С. 158-177.
5. Астахова Н.В., Съедин В.Т., Можеровский А.В., Лопатников Е.А. Первая находка массивного пиролюзита в глубоководной котловине Японского моря // Доклады Академии наук. 2015. Т. 462, № 1. С. 1-5.

6. Астахова Н.В., Лопатников Е.А., Цой И.Б. Геохимия марганцевых конгломератов возвышенности Витязя (Японское море) // Вулканология и сейсмология (в печати).
7. Бурикова И.А., Емельянова Т.А., Леликов Е.П. Петрология андезитов центрального поднятия Ямато (Японское море) // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2014. № 3. С. 36-49.
8. Буров Б.А., Мальцева Е.В., Лазарюк А.Ю., Саломатин А.С., Телегин Ю.А., Черных Д.В. Метан в донных осадках и водном слое над тектоническими разломами в Амурском заливе Японского моря // Вестник ДВО РАН. 2014. № 4. С. 66-74.
9. Буров Б.А., Деменов В.Н. Устройство для измерения температуропроводности верхнего слоя донных осадков (вариантов) // Бюлл. 33, 2014.
10. Ващенко Н.Г., Цой И.Б. Вещественный состав и условия образования неогеновых отложений континентального склона Приморья в районе залива Владимира (Японское море) // Океанология. 2014. Т. 54, № 4. С. 518-529.
11. Гаврилов А.А. Актуальные вопросы теории и практики морфоструктурно-минералогических исследований // Руды и металлы. 2014. № 1. С. 9-22.
12. Гаврилов А.А. Происхождение горных сооружений юга Дальнего Востока России (ст. 1. Орогенные пояса) // Геоморфология. 2014. № 3. С. 3-17.
13. Гаврилов А.А. Происхождение горных сооружений юга Дальнего Востока России (ст. 2. Горные хребты) // Геоморфология. 2014. № 4. С. 17-30.
14. Гаврилов А.А. Разрывные нарушения Южного Приморья как зоны геодинамического риска (по данным геолого-геоморфологического изучения побережий зал. Петра Великого) // Вестник ДВО РАН. 2014. № 4. С. 75-86.
15. Гресов А.И. Геолого-промышленная оценка метаноресурсного потенциала и перспектив углеметанового промысла в углегазоносных бассейнах Северо-Востока России – диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Специальность 25.00.16 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр». Томск, Томский политехнический университет. 25 декабря 2014 года. 347 с.
16. Гресов А.И., Обжиров А.И., Яцук А.В. Геоструктурные закономерности распределения мерзлоты в углегазовых бассейнах северо-востока России // Криосфера Земли. 2014. Т. XVIII, № 1. С. 3-11.
17. Деркачев А.Н., Николаева Н.А., Портнягин М.В. Минеральный состав прослоев тефры четвертичных отложений Охотского моря: ассоциации тяжелых минералов и их геохимия // Геохимия (в печати).

18. Емельянова Т.А., Леликов Е.П. Вулканизм и происхождение Японского и Охотского морей как результат влияния Тихоокеанского суперплюма // Доклады Академии наук. 2014. Т. 456, № 2. С. 181-183.
19. Захарков С.П., Шамбарова Ю.В., Гордейчук Т.Н., Стоник И.В., Штрайхерт Е.А. Возможность использования данных зонда SBE+ для калибровки спутниковых данных концентрации хлорофилла а в Японском море // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2014. Т. 177. С. 209-218.
20. Иванов М.В. Ртуть в донных осадках окраинных морей северо-восточной Азии// Тихоокеанская геология. 2014. № 4. С. 63-74.
21. Изосов Л.А. Палеотектонические и металлогенические реконструкции Япономорской зоны перехода континент – океан // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 2. С. 40-45.
22. Изосов Л.А., Ли Н.С. Линеаментный анализ при тектонических и металлогенических построениях в Япономорском регионе // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 1. С. 9-14.
23. Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Мельниченко Ю.И., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А. Связь сейсмической активности с тектоническими и вулканогенными структурами Япономорского звена Западно-Тихоокеанской мегазоны перехода континент-океан // Литосфера. 2014. № 6. С. 3-24.
24. Изосов Л.А., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А., Ли Н.С. Докайнозойские формации и тектоника залива Петра Великого и его побережья // Тихоокеанская геология (в печати).
25. Изосов Л.А., Бессонова Е.А., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А., Зверев С.А. Кайнозойские формации залива Петра Великого (Японское море) и его побережья: индикаторы полигенной зоны перехода континент – океан // Вулканология и сейсмология (в печати).
26. Калинин В.В., Астахов А.С. Атмохимические ореолы рассеивания ртути над активными геологическими структурами северной части Японского моря // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 12. С. 1728-1737.
27. Колесник О.Н., Колесник А.Н., Покровский Б.Г. О находке аутигенного метанопроизводного карбоната в Чукотском море // Доклады Академии наук. 2014. Т. 458, № 3. С. 330-332.

28. Колесник О. Н., Колесник А. Н. Редкие земли и иттрий в железомарганцевых конкрециях Чукотского моря // Литология и полезные ископаемые. 2015. № 3. С. 1-12.
29. Леликов Е.П., Емельянова Т.А. Геохимия гранитоидов фундамента Курильской островодужной системы // Геохимия. 2014. № 8. С. 675-688.
30. Леликов Е.П., Емельянова Т.А. Гранитоиды Курильской островодужной системы // Доклады Академии наук. 2014. Т. 454, № 5. С. 561-566.
31. Медведев С.Н. Сейсмовидение в двумерно-неоднородной среде // Доклады Академии наук. 2015 (в печати).
32. Михайлик П.Е., Михайлик Е.В., Зарубина Н.В., Баринов Н.Н., Съедин В.Т., Леликов Е.П. Вещественный состав и распределение РЗЭ в железомарганцевых корках подводных возвышенностей Беляевского и Медведева (Японское море) // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 5. С. 3-16.
33. Мишукова Г.И., Мишуков В.Ф., Обжиров А.И., Пестрикова Н.Л., Верещагина О.Ф. Особенности распределения метана и его потоков на границе вода-атмосфера на акватории Татарского пролива Японского моря // Метеорология и гидрология. 2015 (в печати).
34. Никулина Т.В., Цой И.Б. XIII Международная научная конференция альгологов // Вестник ДВО РАН. 2014. № 3. С. 157-159.
35. Точилина С.В., Василенко Л.Н. Новые данные по стратиграфии островного склона Японского желоба // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 2. С. 15-30.
36. Плетнев С.П., Ву Ю., Аннин В.К. Биоиндикация метановых экосистем на основе анализа фораминифер и изотопии их раковин (Охотское море) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014а. Т. 37. № 3. С. 75-86.
37. Плетнёв С.П., Мельников М.Е., Смирнова О.Л., Пунина Т.А., Захаров Ю.Д., Корчагин О.А. Геологическое развитие гайотов Магеллановых гор и сопредельных районов в меловое время // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: сб. науч. тр., о. Русский, г. Владивосток, 10-15 сентября 2014 г. Владивосток: Дальнаука, 2014б. С. 251-253.
38. Поляков Д.М., Можеровский А.В., Марьяш А.А. Геохимические аспекты накопления макроэлементов субколлоидной фракцией донных осадков на разрезе р. Раздольная – Амурский залив (Японское море) // Метеорология и гидрология. 2014. № 10. С. 79-88.

39. Пушин И.К., Обжиров А.И., Коваленко С.В. Перспективы нефтегазоносности Артемо-Амурской синклинали (Южное Приморье) // Недропользование XXI век. 2014. № 5. С. 54-61.
40. Романова А.В., Черепанова М.В., Горбаренко С.А. Планктонные фораминиферы как индикаторы условий формирования верхнечетвертичных осадков Охотского моря // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 1. С. 101-113.
41. Саттарова В.В., Зарубина Н.В., Блохин М.Г., Марьяш А.А. Редкоземельные элементы в поверхностных осадках впадины Дерюгина Охотского моря // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 2. С. 109-117.
42. Съедин В.Т., Лобанов В.Б., Коптев А.А., Ващенко Н.Г., Калинин В.В., Лопатников Е.А., Цой И.Б., Худик В.Д. Результаты геологических исследований в 58-ом рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (Центральная котловина, Японское море) // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 3. С. 99-104.
43. Уткин И.В. Реконструкция условий отложения дистальной тефры в глубоководной котловине Японского моря: катастрофическое извержение вулкана Байтоушань // Вулканология и сейсмология. 2014. № 4. С. 31-42.
44. Уткин И.В., Коробов В.В. Возможность поставки нефелоидного материала с суши на континентальный склон через реликтовые палеодолины (ретроспективный анализ и прогноз для Восточно-Корейского залива) // Структурные трансформации в геосистемах Северо-Восточной Азии. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2015 (в печати).
45. Цой И.Б. Зональные комплексы диатомей верхнего олигоцена-нижнего миоцена подводного хребта Витязь (островной склон Курило-Камчатского желоба) // Стратиграфия. Геологическая Корреляция. 2014. Т. 22, № 6. С. 70-83.
46. Цой И.Б., Моисеенко И.А. Диатомеи поверхностных осадков Амурского залива Японского моря // Биология моря. 2014. Т. 40, № 1. С. 12-25.
47. Цой И.Б., Ольштынская А.П. Вид *Peronia fenneriae* sp. nov. (Bacillariophyta) // Альгология. 2014. Т. 24, № 2. С. 211-215.
48. Шакиров Р.Б. Особенности химического и изотопного состава углеводородных газов вулканов Менделеева и Головнина (о. Кунашир) // Геохимия. 2014. № 1. С. 267-279.
49. Gorbarenko S.A., Artemova A.V., Goldberg E.L., Vasilenko Yu.P. The response of the Okhotsk Sea environment to the orbital-millennium global climate changes during the Last Glacial Maximum, deglaciation and Holocene // Global and Planetary Change. 2014. Т. 116. С. 76-90.

50. Gorbarenko S., Chebykin E., Goldberg E., Stepanova O., Lu H. Chronicle of regional volcanic eruptions recorded in Okhotsk Sea sediments over the last 350 ka // *Quaternary Geochronology*. 2014. T. 20. C. 29-38.

51. Gorbarenko S.A., Nam S-I., Rybiakova Y.V., Shi X., Liu Y., Bosin A.A. High resolution climate and environmental changes of the northern Japan (East) Sea for the last 40 kyr inferred from sedimentary geochemical and pollen data // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2014. T. 414. C. 260-272.