

На правах рукописи

УДК: 551.763.13.31+552.55(571.66)

САВЕЛЬЕВА Ольга Леонидовна

**Ритмичность осадконакопления и следы аноксических
событий в меловых (альб-сеноманских) отложениях
Восточной Камчатки**

Специальность 25.00.01 – общая и региональная геология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2009

Работа выполнена в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и на кафедре региональной геологии и палеонтологии геологоразведочного факультета Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук,
профессор В.М. Цейслер

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
В.С. Вишневская (ГИН РАН)
доктор геолого-минералогических наук
А.Г. Рябухин (МГУ)

Ведущая организация: Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН

Защита состоится 22 октября 2009 г. в 15-00
на заседании диссертационного совета Д.212.121.03
при Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе по адресу: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, ауд. 5-56.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе

Автореферат разослан « ____ » _____ 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук
профессор



А.В. Туров

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Одно из важных направлений в науках о Земле – изучение влияния климата на осадконакопление, дающее ключ к пониманию причин климатических изменений в древние эпохи и в настоящее время. Особенно чутко реагируют на климатические и биотические изменения осадки открытых областей океана. Пелагические отложения входят в состав палеоокеанических комплексов, которые, наряду с островодужными комплексами, принимают участие в строении складчатого обрамления Тихого океана, в том числе Восточной Камчатки. В основу работы положено детальное литологическое и геохимическое изучение пелагических карбонатно-кремнистых отложений мелового возраста на п-ове Камчатский Мыс, которые являются уникальным объектом, не имеющим аналогов на Камчатке. В частности, рассматривалась такая актуальная проблема, как цикличность климатических изменений и отражение ее в осадконакоплении. На основе полученных данных была предложена модель формирования ритмичного переслаивания яшм и известняков изученной породной ассоциации.

Не менее актуально изучение следов абиотических событий, нередко катастрофических, запечатленных в геологической летописи. В изученных карбонатно-кремнистых отложениях альб-сеноманского возраста присутствуют прослои, обогащенные органическим углеродом, соответствующие, по мнению автора, эпизодам дефицита кислорода в придонных водах, то есть океанским аноксическим событиям (ОАЕ – oceanic anoxic event; Schlanger and Jenkyns, 1976). Детальное описание указанных отложений, их геохимическое исследование различными методами позволило реконструировать условия седиментации и установить различные факторы, определяющие осадконакопление (колебания биопродуктивности различных групп планктона, окислительно-восстановительные условия на дне, влияние вулканизма).

Для получения наиболее полной характеристики осадкообразования в меловое время в Палеоокеанике важно сравнение меловых отложений п-ова Камчатский Мыс с одновозрастными отложениями в Тихом океане, в которых также обнаружены следы аноксических событий. Такое сопоставление было произведено с использованием материалов глубоководного бурения (проекты DSDP и ODP).

Цели и задачи работы. Основной целью работы является выяснение строения, состава и условий формирования пелагических карбонатно-кремнистых отложений альб-сеноманского возраста на п-ове Камчатский Мыс (Восточная Камчатка), в том числе влияния аноксических событий и вулканизма на образование прослоев, обогащенных органическим углеродом.

Понадобилось решить следующие задачи:

- выяснить детали строения пакетов карбонатно-кремнистого переслаивания: взаимоотношения с базальтами; характер ритмичности, причины ее возникновения и факторы, ее нарушающие; характер диагенетических и катагене-

тических преобразований; распределение в разрезе радиолярий; характер залегания органических прослоев;

- выяснить характер распределения в разрезе петрогенных окислов, микроэлементов и редкоземельных элементов; определить химический и минералогический состав углистого вещества, его происхождение; проинтерпретировать изотопные характеристики известняков;

- с учетом полученных новых материалов создать модели: формирования ритмичности карбонатно-кремнистых пакетов; накопления и сохранения в осадке прослоев, обогащенных органическим веществом.

Фактическая основа работы. В основу работы положены материалы полевых исследований автора на п-ове Камчатский Мыс в 2006-2007 гг. в составе Петрологического отряда Лаборатории подводного вулканизма ИВиС ДВО РАН. Камеральные работы и подготовка диссертации проводились в ИВиС ДВО РАН и в РГГРУ им. С. Орджоникидзе на кафедре региональной геологии и палеонтологии.

В ходе работы автором описано около 150 прозрачных шлифов и аншлифов осадочных пород. Основой для исследования геохимических особенностей пород послужила коллекция из более 100 образцов. Аналитические исследования выполнены в различных лабораториях:

- стабильные изотопы $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в валовых пробах известняков – в лаборатории ГИН РАН – 17 проб (аналитик Б.Г. Покровский);

- петрогенные окислы и редкие элементы методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) – в аналитическом центре ИВиС ДВО РАН – 75 проб (аналитик Е.В. Карташева);

- микроэлементы (в том числе РЗЭ) методом ICP-MS – в лаборатории ИМГРЭ – 12 проб (аналитик Д.З. Журавлев) и Аналитическом центре ВСЕГЕИ – 3 пробы;

- определение ряда микроэлементов (в том числе Ir) методом нейтронно-активационного анализа – в Лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН - 7 проб (аналитик А.В. Горбунов);

- химико-спектральное определение концентраций благородных металлов в золе углистых прослоев – в лаборатории ОАО «Камчатгеология» (Pt и другие элементы платиновой группы – 18 проб, Au – 9 проб);

- микрофаунистические исследования (выделение объемных форм радиолярий из кремнистых пород) для детализации возраста пород в разрезах – микропалеонтологом ГИН РАН Т.Н. Палечек;

- элементный анализ керогена углистых пород выполнен в Испытательном центре ФГУП «Институт горючих ископаемых» – 7 проб (аналитик И.В. Августевич) и в ИНГГ СО РАН – 3 пробы;

- микрозондовый анализ углистых пород в аншлифах проведен на электронном микроанализаторе «Camebax-244», оборудованном энергодисперсионным спектрометром «Kevex» в ИВиС ДВО РАН – 20 анализов (аналитик С.В. Москалева).

Общее число выполненных различными методами анализов 170.

Научная новизна и практическое значение работы:

1. Детально изучены разрезы пелагических отложений альб-сеноманского возраста на Восточной Камчатке, получены новые данные о геохимическом составе пород.

2. Впервые предложен механизм образования ритмичности в меловых карбонатно-кремнистых отложениях Восточной Камчатки в зависимости от колебаний палеоклимата.

3. Впервые в составе смагинской ассоциации изучены породы, содержащие морское сапропелевое органическое вещество, обосновано влияние вулканизма на их формирование.

4. Впервые показана связь аноксических событий с накоплением органического вещества в меловых отложениях Восточной Камчатки и проведено сравнение прослоев, обогащенных органическим углеродом, со следами ОАЕ в Тихом океане.

5. Впервые в осадочных породах мелового возраста на п-ове Камчатский Мыс выявлены геохимические аномалии Au, Pt, Ir.

6. Впервые для меловых осадочных отложений Восточной Камчатки проведены изотопные исследования, что дает возможность их корреляции с отложениями других регионов.

Полученные результаты могут быть использованы при палеоклиматических исследованиях и реконструкциях для мелового периода, а также при решении вопросов региональной стратиграфии.

Защищаемые положения:

1) Ритмичность карбонатно-кремнистых отложений смагинской ассоциации п-ова Камчатский Мыс возникла вследствие колебаний биопродуктивности поверхностных вод океана, связанных с орбитально обусловленными колебаниями климата.

2) Увеличение биопродуктивности фитопланктона и аноксические/эвксинные условия способствовали накоплению в сапропелевых углях и сапропелевых горючих сланцах смагинской ассоциации фосфора, бария, РЗЭ, ряда рудных элементов и благородных металлов (Cu, Ni, Zn, Mo, V, U, As, Au, Pt).

3) Накопление обогащенных органическим углеродом прослоев среди яшм и известняков смагинской ассоциации связано с проявлениями вулканизма, вызвавшими вспышки биопродуктивности фитопланктона.

4) Следы аноксических событий в отложениях альба – сеномана Восточной Камчатки сходны со следами ОАЕ в Северо-Западной Пацифике.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научных конференциях: в ИВиС ДВО РАН на ежегодной конференции, посвященной дню вулканолога (Петропавловск-Камчатский, 2006, 2007, 2008 гг.); на VII, VIII и IX Международных конференциях «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, РГГРУ, 2005, 2007, 2009 гг.); на межрегиональной научно-практической конференции «Вузовская наука – региону», региональные исследования: результа-

ты, проблемы, перспективы (Петропавловск-Камчатский, 2005 г); на Четвертом Всероссийском Совецании «Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии» (г. Новосибирск, 2008).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ, и одна находится в печати. Из них 4 опубликованы в журналах, рекомендованных ВАКом.

Благодарности. Автор приносит свою благодарность научному руководителю д.г.-м.н. профессору В.М. Цейслеру (РГГРУ) за консультации и помощь в процессе подготовки данной работы. Я искренне признательна Т.Н. Палечек за консультации по многим вопросам, а также фотографирование и определение возраста радиолярий, практическую помощь в препарировании образцов. Автор благодарит Д.П. Савельева (ИВиС ДВО РАН) за помощь на всех этапах работы. Спасибо О.В. Кувикас и Н.В. Цуканову за поддержку во время совместных полевых работ. Большую помощь в работе оказали консультации по ряду вопросов В.Т. Фролова (МГУ), О.А. Корчагина (ГИН РАН), Н.Ю. Брагина (ГИН РАН), В.С. Вишневской (ГИН РАН), Ю.М. Малиновского (РУДН), А.В. Ландера (МИТП РАН), Г.П. Авдейко (ИВиС ДВО РАН), Е.А. Щербининой (ГИН РАН), Н.К. Фортунатовой (РГГРУ), Л.М. Прокофьевой (ВИЭМС), В.Л. Злобина (ГИН РАН). Автор приносит благодарность Ю.О. Гаврилову (ГИН РАН), Б.Г. Покровскому (ГИН РАН), С.М. Ляпунову (ГИН РАН), Д.З. Журавлеву (ИМГРЭ), Е.В. Карташевой (ИВиС ДВО РАН), Н.В. Прониной (МГУ) за помощь в организации аналитических исследований и получении данных.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, изложенных на 179 листах печатного текста, содержит 22 рисунка и 10 таблиц. Библиография включает 192 названия.

Первая глава посвящена описанию положения исследуемой породной ассоциации в структурах Восточной Камчатки и геологического строения района работ. Здесь же дается детальная характеристика карбонатно-кремнистых пакетов по маршрутным пересечениям и описание разрезов. Приводятся данные изучения пород под микроскопом, на их основании делаются выводы об условиях накопления и характере диагенеза осадков. Изложены результаты геохимических исследований кремнистых и карбонатных пород.

Во второй главе рассматривается ритмичность пакетов карбонатно-кремнистого переслаивания. Анализируются проявления ритмичности в различных пачках одного из разрезов. По опубликованным материалам дается обзор моделей возникновения ритмичности гемипелагических и пелагических отложений мелового возраста. Особое внимание уделяется моделям влияния орбитальных параметров Земли на климат, биопродуктивность планктона и осадконакопление. Проводится сравнение ритмичности в отложениях смагинской ассоциации и в отложениях сеноманского возраста центральной Италии, а также в океанских отложениях мелового возраста, вскрытых скважинами глубоководного бурения.

Третья глава посвящена описанию состава и строения пород, обогащенных органическим углеродом, залегающих среди яшм и известняков смагин-

ской ассоциации. Рассматривается элементный состав керогена и минералогический состав углистых пород, делаются выводы о морском происхождении органического вещества в них. Изложены результаты геохимических исследований этих пород и их интерпретация. Делаются выводы об окислительно-восстановительных условиях на дне, о контрастном обогащении некоторых прослоев гиалокластическим материалом.

В четвертой главе дается обзор обстановок развития океанских аноксических событий, показывается их широкое распространение в меловом периоде и рассматриваются причины их возникновения.

Пятая глава посвящена результатам радиоляриевого анализа и исследований соотношений стабильных изотопов углерода и кислорода в карбонатных прослоях. Приводятся выводы о возрасте отложений и предполагаемой корреляции углистых прослоев с уровнями глобальных ОАЕ.

В шестой главе реконструируется обстановка формирования смагинской ассоциации, приводится модель накопления кремнистых, карбонатных и сапропелевых илов. По опубликованным материалам обобщаются данные о следах ОАЕ, полученные при глубоководном бурении в Тихом океане. Приведены подробные описания интервалов, содержащих слои, обогащенные $C_{орг.}$, вскрытые наиболее изученными скважинами. Сравниваются особенности осадконакопления смагинской ассоциации и отложений мелового возраста на подводных возвышенностях Тихого океана.

Заключение содержит основные выводы проведенного исследования.

Геологическое строение района исследований

Терригенно-кремнисто-вулканогенные отложения верхнего мела – эоцена слагают аккреционно-складчатое основание плиоцен-четвертичного Восточно-Камчатского вулканического пояса. Многокилометровые толщи, состоящие из вулканитов островодужного типа (эффузивов, туфов и тефроидов андезитового и базальтового состава), кремнистых пород, песчаников и туфопесчаников представляют собой тектонически совмещенные комплексы островной дуги и окраинного бассейна (Зинкевич и др., 1993). Гораздо меньшую роль в составе меловых отложений Восточной Камчатки играют палеоокеанические комплексы, сформировавшиеся на значительном удалении от континентальной окраины. Один из палеоокеанических комплексов выделяется в южной части п-ова Камчатский Мыс, который занимает особое положение в структуре Восточной Камчатки. Сложность строения этого района связана с его расположением в зоне сочленения структур Курило-Камчатской островодужной системы и Алеутской островной дуги.

На территории п-ова Камчатский Мыс выделяется два блока: северный, Столбовской, и южный, Африканский. Они отделены друг от друга системой правых сдвигов. Африканский блок имеет сложное покровно-складчатое строение. Широким распространением в его пределах пользуются пологие надвиги

северо-западного простирания с юго-западным или северо-восточным направлениями падения (Хотин, Шапиро, 2006). В строении блока участвуют преимущественно меловые осадочно-вулканогенные и терригенные образования, а также гипербазиты, габбро и долериты африканского габбро-перидотитового комплекса (рис. 1).

Вулканогенные и осадочные отложения Африканского блока расчленяются на смагинскую и пикежскую свиты в составе африканской серии. Разными исследователями, проводившими геологосъемочные работы, свиты выделяются в разном объеме (Хотин, 1976; Бахтеев и др., 1992; Бояринова, 2007). М.Ю. Хотин (1976) показал, что отложения африканской серии сложены генетически разнообразными образованиями. В связи с этим в составе африканской серии многими исследователями выделяются не свиты, а толщи или породные ассоциации. Диссертация посвящена исключительно палеоокеаническим отложениям смагинской ассоциации альб-сеноманского возраста. Эта ассоциация сложена красно-бурыми железистыми аргиллитами (гиалокластитам), красными яшмами, розовыми пелитоморфными известняками в переслаивании с яшмами, потоками и силлами черных подушечных и пластовых базальтов мощностью до 1-2 м, редко больше. Эти породы слагают тектонические пластины и олистолиты мощностью от первых метров до 30-40 м среди туфогенно-кремнистых отложений сантон-маастрихтского возраста, происхождение которых связано с островной дугой (Федорчук и др., 1989; Хотин, Шапиро, 2006). Смагинская ассоциация не имеет аналогов на Камчатке. Ультрабазиты и габброиды Солдатского и Оленегорского массивов и смагинская вулканогенно-осадочная породная ассоциация хорошо сопоставляются с различными горизонтами океанической литосферы и рассматриваются как элементы гетерогенной офиолитовой ассоциации (Хотин, Шапиро, 2006).

Проведенные исследования подтвердили, что смагинская ассоциация сложена типичными пелагическими осадками. Яшмы и известняки содержат 0,6-3,4% Al_2O_3 и до 0,15% TiO_2 , эти окислы заключены, видимо, в глинистой примеси в породах, их низкое содержание свидетельствует об отсутствии или очень слабом влиянии терригенного сноса. Содержания MgO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 в подавляющем большинстве яшм и известняков также малы. Содержание в яшмах и известняках Fe_2O_3 0,7-5,8%; MnO 0,04-0,28%. Эти величины сравнимы с аналогичными значениями пелагических осадков центральной части Тихого океана и свидетельствуют о небольших скоростях осадконакопления (Мурдмаа, 1987). Это подтверждается наличием в карбонатно-кремнистых пакетах конденсированных слоев с радиоляриями и оксигидроксидами железа и марганца. Яшмы и известняки имеют спектры распределения РЗЭ, характеризующиеся Се минимумом и обогащением тяжелыми и промежуточными редкоземельными элементами (рис. 2). Дефицит Се характерен для океанских вод, его обычно наследуют биогенные (кремнистые и карбонатные) и металлоносные осадки океанов.

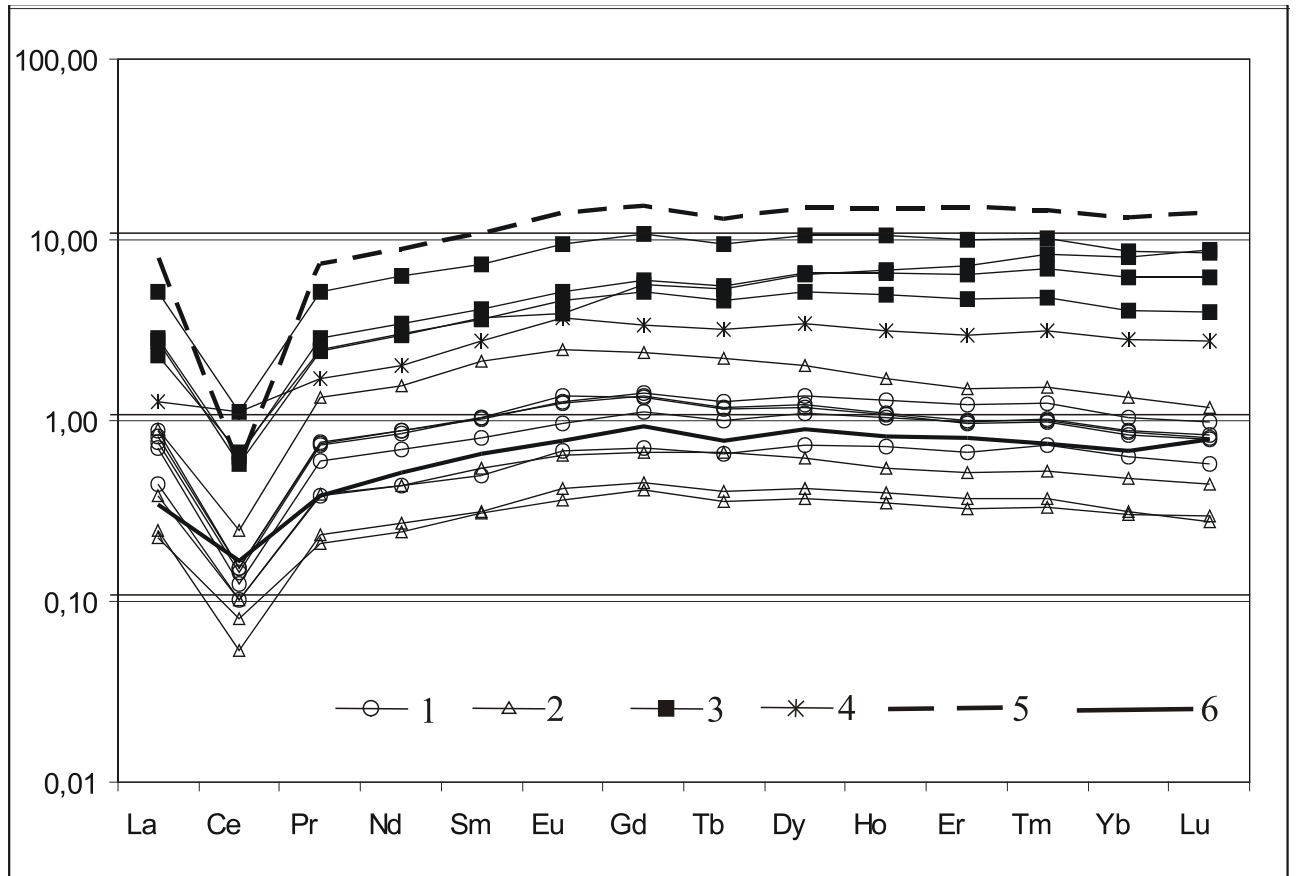


Рис. 2. Спектры редкоземельных элементов пород смагинской ассоциации. Нормирование выполнено на PAAS (Тейлор, Мак-Леннан, 1988).

1 – известняки и кремнистые известняки; 2 – яшмы и кремни; 3 – зола углей; 4 – гиа-локластит; 5 – фосфат (слуховая кость кита) из северной пелагической зоны Тихого океана (Батулин, 2004); 6 – пелагический карбонатный ил с Восточно-Тихоокеанского поднятия, 17⁰ ю.ш. (Дубинин, 2006).

Обоснование защищаемых положений

Положение 1. «Ритмичность карбонатно-кремнистых отложений смагинской ассоциации п-ова Камчатский Мыс возникла вследствие колебаний биопродуктивности поверхностных вод океана, связанных с орбитально обусловленными колебаниями климата».

В южной части п-ова Камчатский Мыс на левом притоке р. Каменной и на руч. Луговом автором детально изучены разрезы карбонатно-кремнистых пакетов смагинской ассоциации (рис. 1). В разрезах преобладают ритмично переслаивающиеся красно-бурые радиоляриевые яшмы и розовые планктоногенные известняки. Известняки слагают от 1/5 до 1/2 мощности пакетов. В одном из разрезов яшмы и известняки залегают на подушечных базальтах, при этом известняки нижнего слоя выполняют неровности между подушками.

Яшмы насыщены карбонатным материалом, а известняки являются в значительной мере кремнистыми. Иногда на границе кремнистых и карбонатных слоев наблюдается миллиметровое переслаивание кремнистых известняков и

известковистых яшм. В этих слоях отмечена самая лучшая сохранность радиолярий, что свидетельствует о первичной природе миллиметровой слоистости. Наличие последней говорит о существовании неустойчивых переходных условий при смене кремнистого осадконакопления карбонатным и карбонатно-кремнистым.

Наиболее детально исследован разрез 565 мощностью около 9 м (коорд.: $56^{\circ}03'21.2''$ с.ш., $163^{\circ}00'22.3''$ в.д.). В нем выявлена разнопорядковая ритмичность. Элементарная ритмичность проявлена в чередовании яшм и известняков. Мощности яшм и известняков варьируют от 1-2 до 10 см, средняя мощность ритма колеблется от 6 до 10 см. Ритмы второго порядка выражены по-разному в различных частях разреза. Они отмечены либо слоями яшмы повышенной мощности, либо слоями известняка с повышенной кремнистостью и с многочисленными диагенетическими выделениями известковистой яшмы в каждом четвертом-пятом ритме первого порядка. Вблизи углистых прослоев ритмичность второго порядка исчезает, а ритмичность первого порядка сильно нарушена.

Наиболее четко ритмичность проявлена в пачках I, VII и VIII (рис. 3 и 4). Для ритмов разного порядка наблюдается соотношение 1:5, характерное для периодитов, формирующихся под влиянием вариаций орбитальных параметров Земли (Barron et al., 1985; Gale, 1989; Wendler et al., 2002). Именно таково соотношение периода времени перигелия 21 тыс. лет и короткого периода эксцентриситета 100 тыс. лет.

Литологическая ритмичность подчеркивается колебаниями геохимических параметров. Яшмы по сравнению с известняками обогащены барием (рис. 5). Содержание Ba в пелагических отложениях рассматривается как показатель первичной биопродуктивности (Tribovillard et al., 2006; Warning and Brumsack, 2000). Содержание биогенного SiO_2 также является показателем биопродуктивности, поскольку продуктивность радиолярий возрастает в эвтрофных условиях, в частности в экваториальной зоне апвеллинга (Bellanca et al., 2002). Приведенные данные позволяют предположить, что ритмичность в изученных отложениях возникла вследствие колебаний биопродуктивности поверхностных вод океана, связанных с орбитально обусловленными вариациями климата.

Наиболее серьезной альтернативой представляется гипотеза об отложении карбонатных прослоев мутьевыми потоками. Кремнисто-карбонатное переослаивание такого происхождения описано, например, В.С. Вишневской (1984) на Малом Кавказе. В пользу того, что исследованные ритмы являются периодитами, а не турбидитами, свидетельствуют следующие доводы:

1. Присутствие миллиметрового переослаивания известковистых яшм и известняков на границе карбонатных и кремнистых членов ритмов.

2. Конденсированные слойки с радиоляриями и оксигидроксидами Fe и Mn в известняках.

3. Отсутствие мелководного материала в известняках.

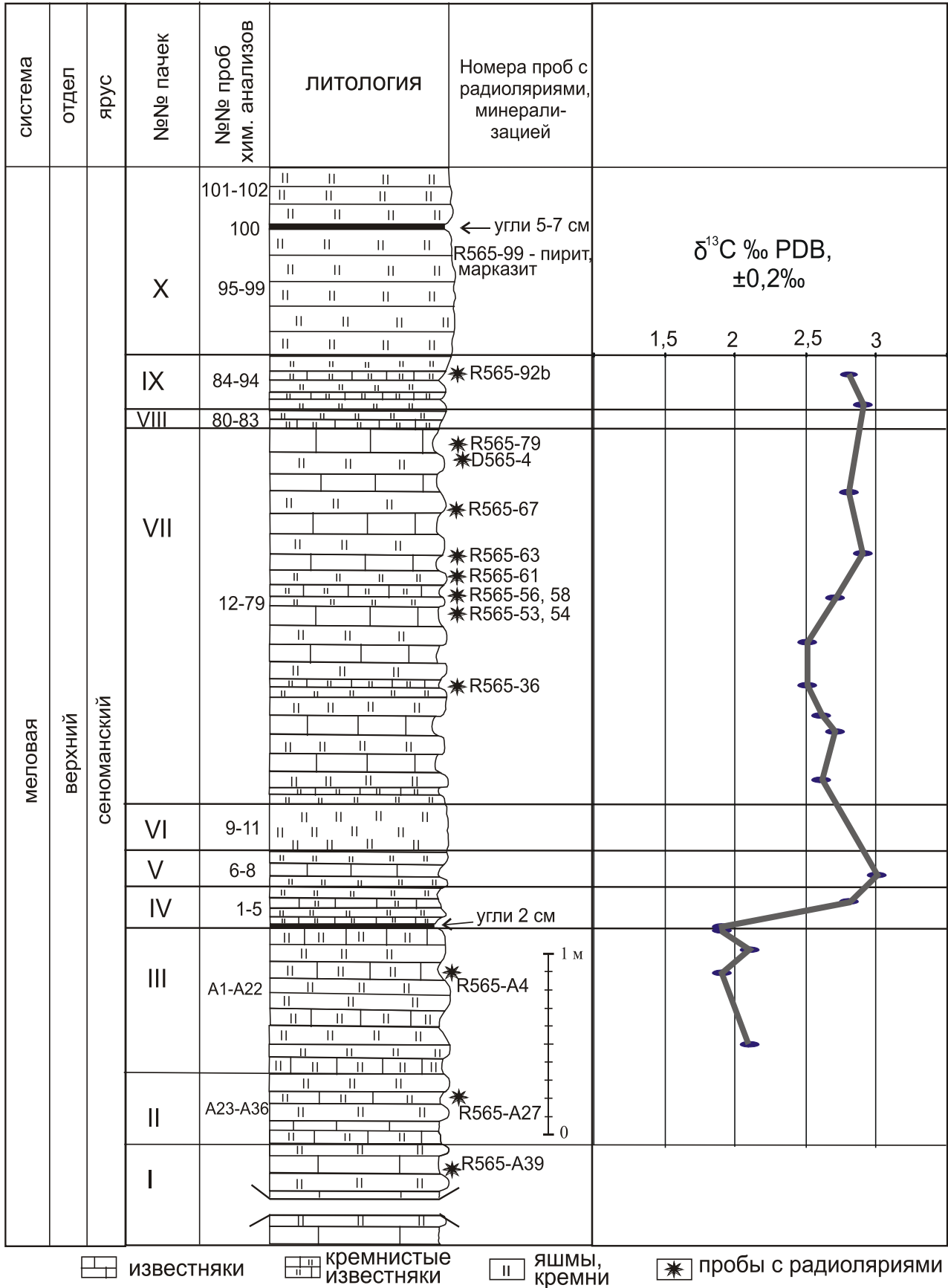
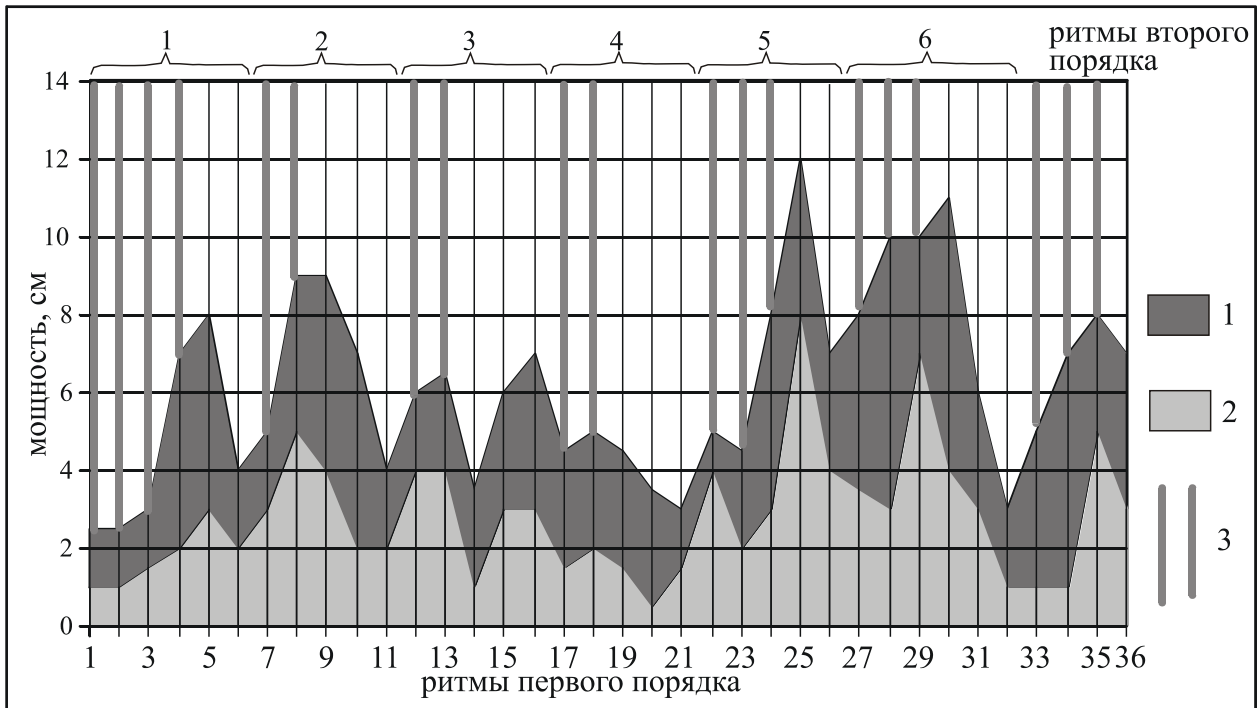


Рис. 3. Строение верхней части разреза 565, места отбора радиолярий и график соотношений стабильных изотопов углерода в известняках.

А



Б

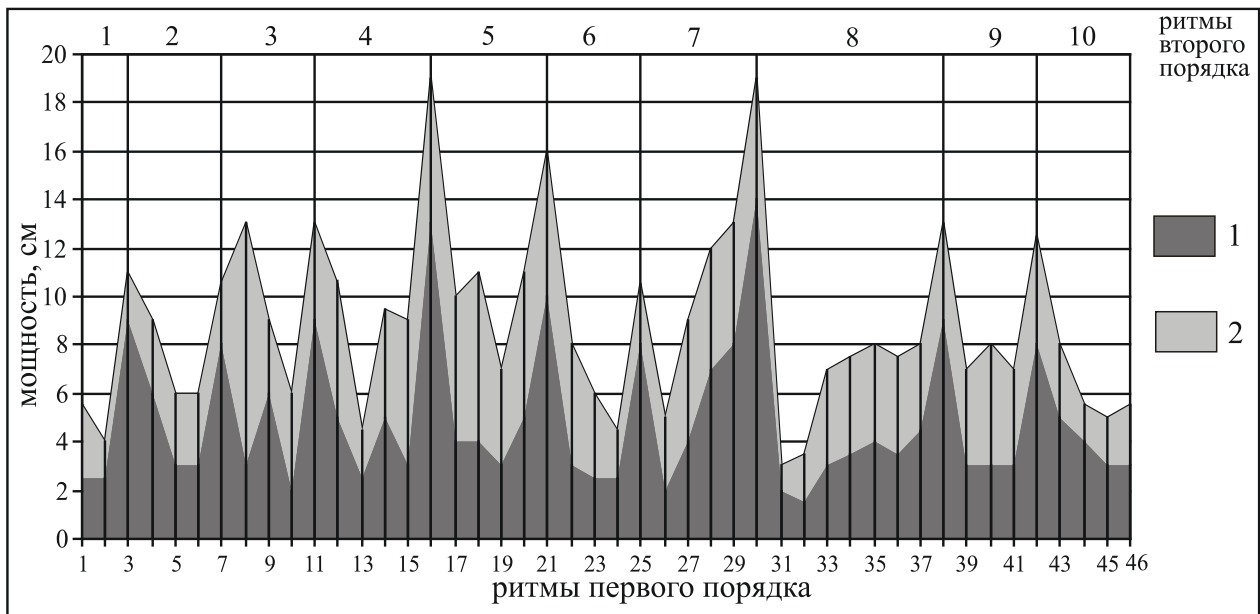


Рис. 4. Ритмограммы разреза 565. А – пачки VII-VIII, Б – пачка I. 1 – яшмы, 2 – известняки и кремнистые известняки, 3 – ритмы с повышенной кремнистостью известняков в пачках VII-VIII.

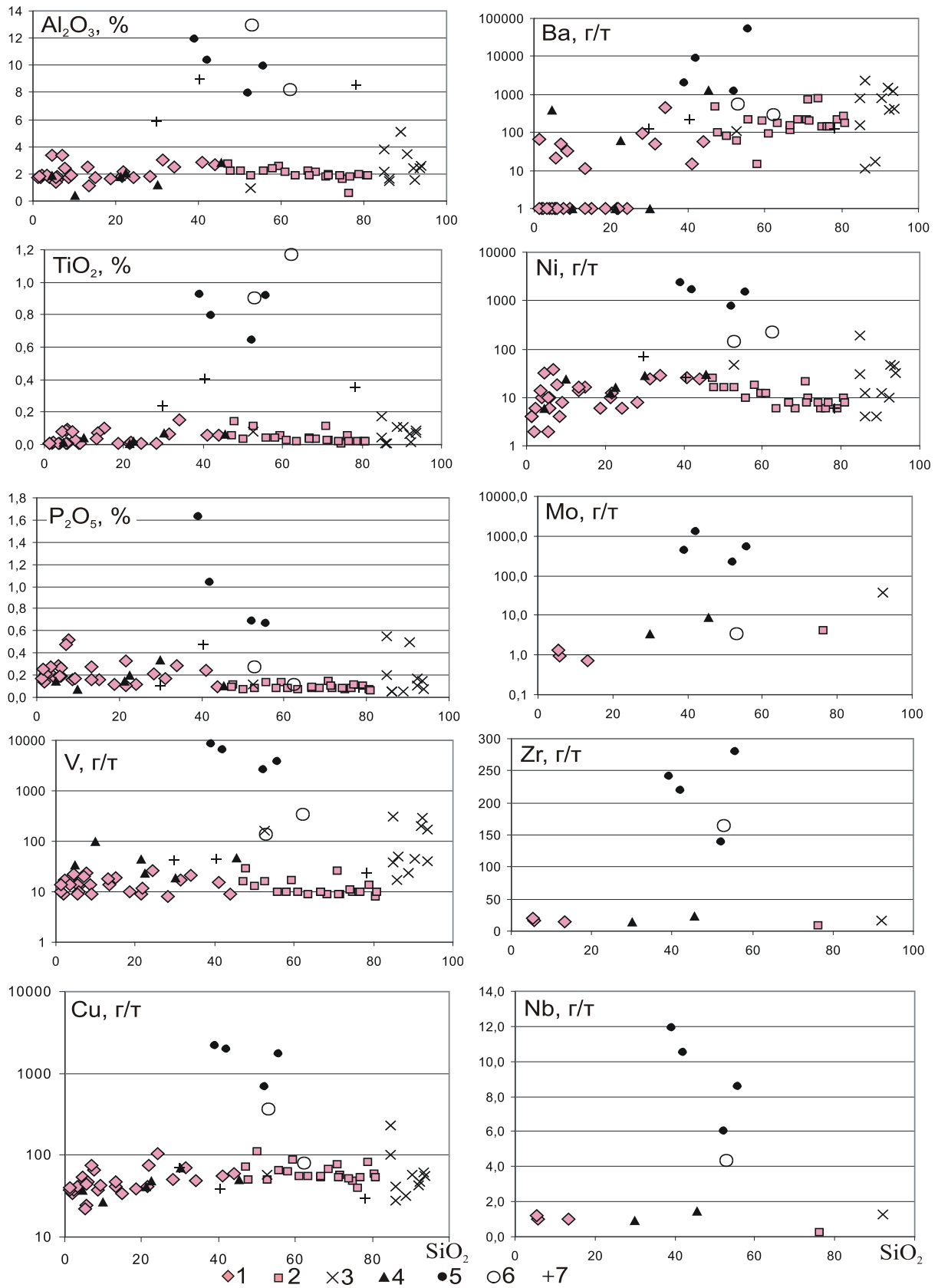


Рис. 5. Содержание некоторых элементов в породах смагинской ассоциации на диаграммах SiO₂ – элемент. 1 – розовые известняки, 2 – красные яшмы, 3 – серые кремни, 4 – серые известняки, 5 – зола углей, 6 – гиалокластиты, 7 – кремни и известняки с примесью гиалокластиты.

4. Отсутствие грубозернистого материала (радиолярий, фораминифер, карбонатного детрита и т.п.) в основании ритмов.

5. Отсутствие следов размыва в подошвах карбонатных слоев.

6. Присутствие в кремнистых известняках радиолярий с иглами, свидетельствующее о спокойных гидродинамических условиях.

7. Симметричное строение элементов некоторых ритмов: в приконтактных частях известняков увеличивается содержание радиолярий, а следовательно, и кремнистость.

8. Наличие правильной ритмичности второго порядка, соотношение 1:5 ритмов разного порядка.

Многие авторы указывают на возможный климатический контроль ритмичности отложений мелового периода (напр., Найдин и др., 1986; Фролов, Джайкришнан, 1996; Barron et al., 1985; Wendler et al., 2002). Чаще всего рассматриваются известняково-мергельные ритмы, которые преобладают в Тетической области и в Западном Внутреннем бассейне Северной Америки. В Альпах, Апеннинах и на Сицилии нередко наблюдается смена по разрезу мергельно-известняковых ритмов на кремнисто-карбонатные, причем доказывалась единая природа этих ритмов (Bellanca et al., 2002; Mitchell et al., 2008). Они отражают изменения климата под влиянием вариаций орбитальных параметров Земли.

В качестве примера отложений, ритмичность которых формировалась под влиянием циклов продуктивности, связанных с орбитально обусловленными колебаниями климата, можно привести средне-верхнесеноманскую часть формации Scaglia Bianca центральной Италии (Coccioni and Galeotti, 2003). Она отлагалась на глубине 1500-2000 м, близкой к глубине образования смагинской ассоциации; скорость осадконакопления ~10 мм/тыс. лет. Светло-серые пелагические фораминиферово-кокколитовые известняки переслаиваются здесь с серыми конкреционными и черными слоистыми кремнями с обильными радиоляриями. Слои кремней интерпретируются как связанные с повышенной продуктивностью радиолярий относительно планктонных фораминифер и представляющие времена сильных муссонов. Выделены циклы прецессии, наклона земной оси и эксцентриситета (Mitchell et al., 2008).

Для изученных на п-ове Камчатский Мыс меловых отложений предложен следующий механизм влияния орбитальных параметров на климат и, через него, на седиментацию. При летнем перигелии увеличивается амплитуда сезонных колебаний температуры, возрастает широтный температурный градиент, это вызывает усиление пассатов. Во время зимнего перигелия сезонность менее контрастна, и пассаты ослабевают. В зависимости от времени перигелия может меняться также сила других ветров и, соответственно, интенсивность локальных и региональных апвеллингов. Периодическое усиление ветрового перемешивания верхней толщи океана сопровождается поступлением с глубины питательных веществ. Известно, что в водах, насыщенных питательными вещества-

ми, радиолярии активно размножаются, а известковый наннопланктон, наоборот, резко уменьшает размер скелетов или совсем теряет их (Erba and Tremolada, 2004). Таким образом, слои известняка в карбонатно-кремнистых пакетах смагинской ассоциации формировались при относительно более сильной стратификации поверхностных вод, а кремнистые слои – в периоды усиления ветрового перемешивания поверхностных водных масс (рис. 6, А, Б). Элементарные двуслои известняк-яшма соответствуют циклу времени перигелия. Ритмичность второго порядка связана с эксцентриситетом, увеличивающим или уменьшающим амплитуду сезонных изменений, зависящих от времени перигелия. Диагенез увеличил первичные различия в литологии.

Для сеномана были характерны теплые (до 20°) промежуточные воды до глубины по крайней мере 500-1000 м и, вследствие этого, нерезкий термоклин и низкий плотностной градиент водной колонки. Такой системе сравнительно легко было прийти в состояние повышенной скорости поступления с глубины питательных веществ под влиянием ветрового перемешивания. Этим объясняется ее повышенная чувствительность к орбитально обусловленным климатическим изменениям.

Положение 2. «Увеличение биопродуктивности фитопланктона и аноксические/эвксинные условия способствовали накоплению в сапропелевых углях и сапропелевых горючих сланцах смагинской ассоциации фосфора, бария, РЗЭ, ряда рудных элементов и благородных металлов (Cu, Ni, Zn, Mo, V, U, As, Au, Pt)».

В 2005 году при проведении маршрутов Д.П. Савельевым и А.В. Ландером в верховьях левого притока р. Каменной среди светло-серых кремнистых пород был обнаружен слой сапропелевого угля мощностью несколько сантиметров (Савельев и др., 2007). Ранее, по данным М.К. Бахтеева и соавторов (1992) и М.Е. Бояриновой (Бояринова и др., 2007), в яшмах из пакетов карбонатно-кремнистого переслаивания смагинской свиты наблюдалась тонкая примесь рассеянного углефицированного органического вещества. Автором диссертации детально изучены разрезы и обнажения, в которых углистые прослои залегают среди яшм, кремней и известняков смагинской ассоциации.

В разрезе 565 присутствует два углистых прослоя (рис. 3). Нижний из них имеет мощность 2 см, в 4 м выше по разрезу находится второй прослой, мощностью 5-7 см. Вблизи углистых прослоев кремнисто-карбонатные породы теряют свою красноватую окраску, известняки приобретают светло-серый цвет, а кремнистые прослои становятся зеленовато-серыми или темно-серыми до черных. На левом притоке р. Каменной углистые породы обнаружены еще в нескольких точках наблюдения. Они залегают среди сильно тектонизированных кремнистых и карбонатно-кремнистых пород. В 3 км к юго-юго-западу от разреза 565, на руч. Луговом, описан разрез 725, также содержащий углистый прослой. Во всех случаях углистые породы залегают согласно с вмещающими отложениями, повторяя все их деформации в складках.

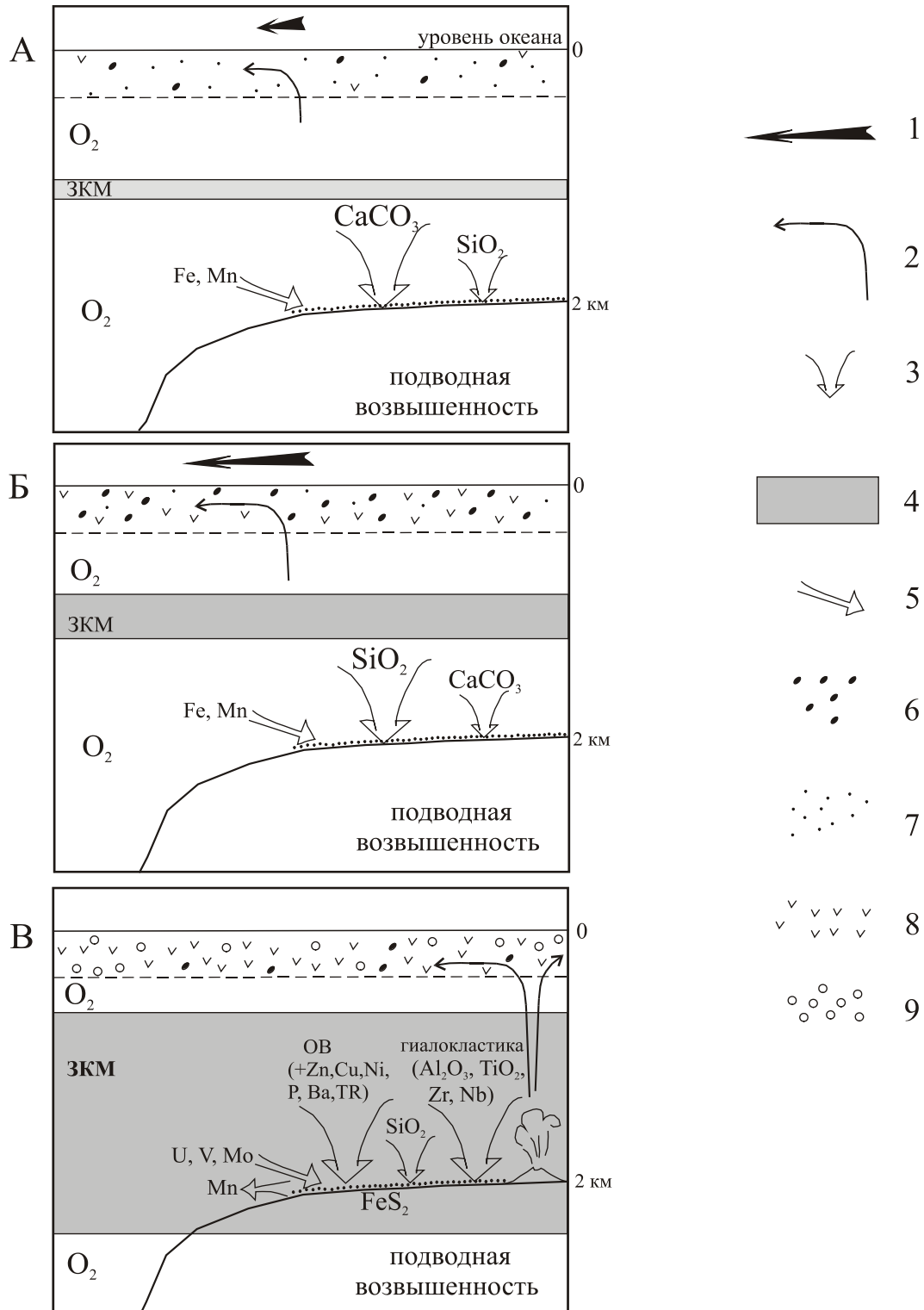


Рис. 6. Модель осадконакопления при формировании смагинской ассоциации. А – отложение карбонатных илов, Б – отложение кремнистых илов, В – отложение сапропелевых илов и гиалокластитов. 1 – сила ветра; 2 – интенсивность апвеллинга; 3 – поступление в осадки кремнезема, карбоната, гиалокластиков, различных хим. элементов; 4 – зона кислородного минимума и ее интенсивность; 5 – обогащение и обеднение осадка водородными элементами; 6 – радиолярии; 7 – известковый планктон; 8 – бесскелетный фитопланктон; 9 – цианобионты.

Элементный анализ углистого вещества показал высокую массовую долю водорода в керогене, которая свидетельствует о морском происхождении органического вещества. На диаграмме Ван-Кревелена (рис. 7) проанализированные пробы соответствуют первому (сапропелевому) типу керогена, формирующемуся за счет водорослевых липидов.

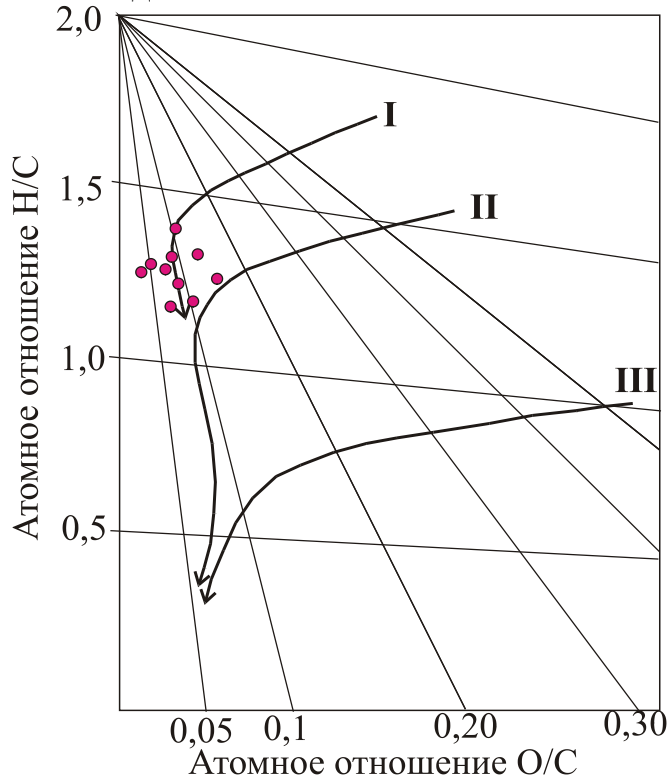


Рис. 7. Угли смагинской ассоциации на диаграмме Ван-Кревелена. I – кероген морского происхождения; II – кероген смешанного происхождения; III – кероген наземного происхождения. Точки на графике – положение углей смагинской ассоциации.

Зольность углистых пород составляет от 27 до 75%. В золе преобладает кремнезем. По одной из наиболее распространенных классификаций (Месторождения..., 1988), углистые породы с руч. Лугового могут быть названы сапропелевыми горючими сланцами, а большинство углистых пород с притока р. Каменной – сапропелевыми углями. Содержание органического углерода в этих породах колеблется от 18 до 53%.

Микрондовый анализ сапропелевого угля из верхнего углистого прося разреза 565 показал наличие следующих минеральных фаз: кремнезем, пирит, иллит-монтмориллонит, апатит, барит, сидерит, сфалерит, сульфат железа, фосфат железа. Кремнезем образует изометричные скопления, видимо, полурасстворенные скелеты радиолярий, которые заметны также и в прозрачных шлифах. Пирит наблюдается в форме фрамбоидных выделений, напоминающих ягоды малины. Апатит представлен костным детритом в виде фекальных пеллет и отдельных обломков.

Спектр РЗЭ золы сапропелевых углей параллелен спектру яшм и известняков, что свидетельствует о едином источнике, каковым были придонные воды. Однако, содержание РЗЭ в углистых прослоях значительно выше. Это можно объяснить повышенными содержаниями костного детрита, сорбировавшего РЗЭ из придонной воды. Наблюдается сильная корреляция между фосфором, Y и РЗЭ (коэффициент корреляции 0,96-0,98). Спектр золы углей по содержанию РЗЭ и форме подобен спектру костных фосфатов из северной пелагической зоны Тихого океана (Батулин, 2004) (рис. 2).

Содержания V, Ni, Cu, Zn, Ba, Zr, Mo, Y, As, Cr, U в золе углей в 10-1000 раз превышают содержания этих элементов в яшмах и известняках изученного разреза (рис. 5, табл. 1). Концентрации некоторых рудных элементов (V, Ni, Cu, Zn) достигают в золе углей десятых долей процента ($n \times 1000$ г/т).

Табл. 1. Средние содержания петрогенных окислов (в вес.%) и микроэлементов (в г/т) в породах смагинской ассоциации.

	n	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	K ₂ O	Ba	Ni	Cu	Zn	As	V	Zr
1	26	0,22	2,02	0,03	0,59	0,35	31	13	48	27	0,14	15	9
2	23	0,1	2,06	0,05	0,68	0,28	221	12	63	22	0,24	13	13
3	4	1,02	10,14	0,83	3,66	3,23	17367	1651	1700	4266	90	5735	208

	n	Mo	U	Nb	Y
1	4	1	0,28	1	36
2	1	4	0,45	0,3	13
3	4	677	97	9	204

	n	TR
1	5	92
2	2	43
3	4	491

1 – розовые известняки и кремнистые известняки; 2 – коричневые яшмы и известковистые яшмы; 3 – зола углистых пород; n – количество анализов,

P₂O₅, Al₂O₃, TiO₂, MgO, K₂O, Ba, Ni, Cu, Zn, As, V, Zr – по данным XRF,

Mo, U, Nb, Y, TR (сумма редкоземельных элементов) – по данным ICP-MS.

Обогащение осадка Ba, Ni, Cu, Zn связано непосредственно с жизнедеятельностью планктона, с его высокой продуктивностью. Живой фитопланктон усваивает эти микроэлементы в процессе метаболизма (Шулькин, 2004; Brum-sack, 2006; Tribovillard et al., 2006). При разложении планктонной некромы они высвобождаются. Ba входит в осадке в состав барита. Mo, U и V обычно концентрируются в осадке в аноксических и эвксинных условиях (Tribovillard et al., 2006). Mn в этих условиях, наоборот, уходит из осадка. Отношение Mo/Mn в золе сапропелевых углей (рис. 8) соответствует эвксинным условиям (т.е. сульфатредукции и выделению сероводорода в придонные воды) (Холодов, 2006). Этот же показатель для сапропелевых сланцев с ручья Лугового соответствует переходным (дизоксическим или аноксическим) условиям. Существование сульфатредукции в осадке подтверждается наличием фрамбоидов – микроскопических сфероидальных агрегатов зерен пирита, которые обычно связывают с деятельностью микроорганизмов (Bellanca et al., 2002). Скопления фосфатизи-

рованных рыбных скелетов и их обломков также являются хорошим индикатором сероводородного заражения придонных вод (Холодов, 2006).

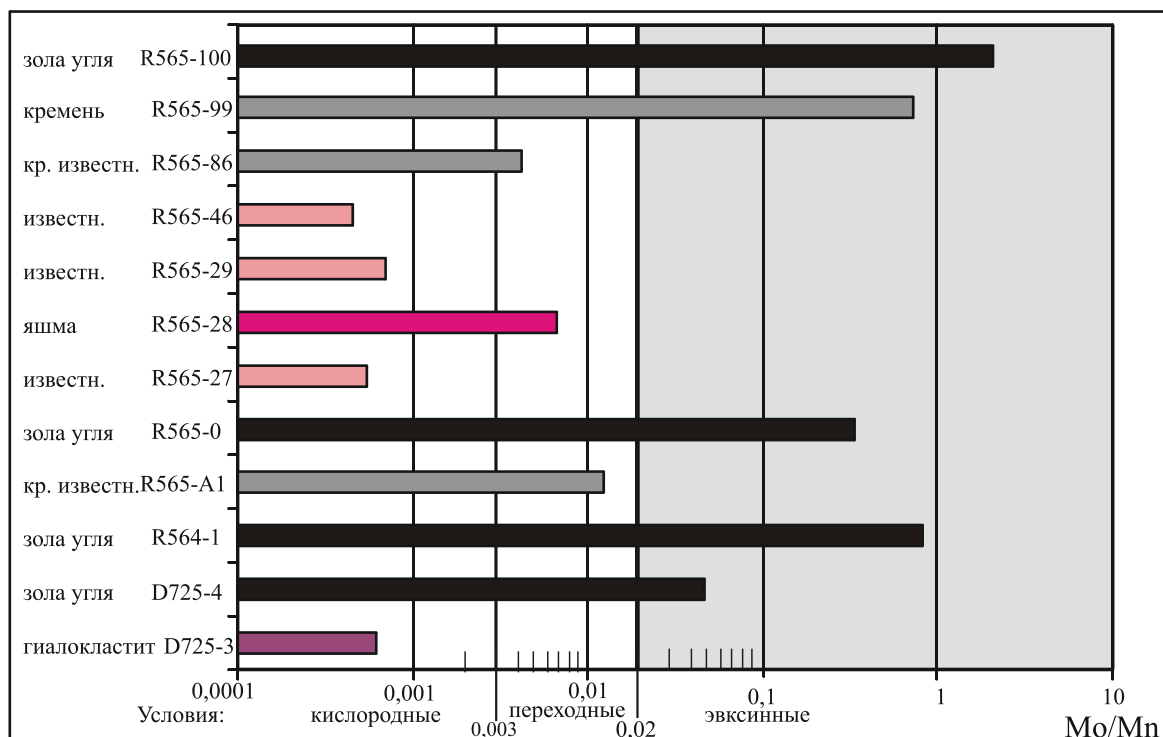


Рис. 8. Отношения Mo/Mn в породах смагинской ассоциации. Условия осадконакопления в соответствии с коэффициентом Mo/Mn (по В.Н. Холодову, Р.И. Недумову, 1991).

Содержания Pt в золе углей достигают 1 г/т, Pd – 0,4 г/т. Содержания золота достигают 0,327 г/т в углях и 0,803 г/т в золе углей из этой же пробы. Обогащение углистых прослоев благородными металлами может быть связано с образованием металлоорганических комплексов на этапе седиментогенеза (Волохин, Иванов, 2007).

Итак, источником органического вещества сапропелевых углей и сланцев, единичные прослои которых присутствуют в карбонатно-кремнистых пакетах смагинской ассоциации, являлся фитопланктон. Высокие содержания Ва и других питательных микроэлементов в углистых прослоях говорят об эвтрофных условиях в фотической зоне и высокой продуктивности планктона. Наличие фрамбоидных выделений пирита, костного детрита, повышенные концентрации Mo, U, V, пониженные содержания Mn в углистых породах свидетельствуют об аноксических/эвксинных условиях, существовавших в осадке во время их отложения и способствовавших сохранению органики.

Положение 3. «Накопление обогащенных органическим углеродом прослоев среди яшм и известняков смагинской ассоциации связано с проявлениями вулканизма, вызвавшими вспышки биопродуктивности фитопланктона».

По сравнению с яшмами и известняками, сапропелевые угли и сланцы, входящие в состав смагинской ассоциации, обогащены Al_2O_3 , а также другими

петрогенными окислами, которые обычно связывают с обломочной примесью в осадках - TiO_2 , MgO , K_2O . Повышены также содержания Nb и Zr (рис. 5, табл. 1).

Яшмы и известняки, как уже было сказано, не содержат примеси терригенного материала. Резко контрастное обогащение углистых прослоев указанными окислами можно связать с кратковременными вспышками вулканической деятельности и примесью разложенного гиалокластического материала. Этот вывод подтверждается наличием в сапропелевых углях примеси иллита-монтмориллонита, обнаруженного при микрозондовом анализе. В разрезе 565 среди яшм и известняков выявлены единичные тонкие слои, которые, по данным химических анализов, также содержат примесь гиалокластики.

Содержание Ti, Al, K, Mg в золе углистых прослоев сопоставимо с содержанием их в гиалокластитах, входящих в состав смагинской свиты и изученных М.Ю. Хотиным (1976). Наиболее близок к гиалокластиту по своему химическому составу бурый железистый аргиллит, залегающий непосредственно под углистым прослоем в разрезе на ручье Луговом.

Высокие содержания Nb говорят о плюмовом (мантийном) характере вулканизма, поскольку островодужная пирокластика обеднена Nb. По соотношению Zr и Nb зола углистых прослоев наиболее близка ферробазальтам и обогащенным толеитовым базальтам смагинской ассоциации.

В золе углей одного из прослоев нейтронно-активационным анализом выявлено аномальное содержание иридия (9 мг/т). Это значение на 1-2 порядка превышает фоновый уровень для глубоководных осадков (Colodner et al., 1992). Источник иридия мог быть вулканогенным, а его накопление в углях, возможно, было связано с аноксическими условиями.

Таким образом, установлена связь эпизодов накопления органики в пелагических осадках смагинской ассоциации с вулканической деятельностью. Излияния базальтов вызывали нагревание придонных вод, что способствовало вулканогенному апвеллингу – подъему к поверхности океана глубинных вод, богатых питательными микроэлементами (Larson and Erba, 1999; Price, 2003). Это, в свою очередь, вызывало увеличение биопродуктивности фитопланктона, поступление на дно больших масс органического вещества и возникновение аноксии (рис. 6, В).

Положение 4. «Следы аноксических событий в отложениях альба – сеномана Восточной Камчатки сходны со следами ОАЕ в Северо-Западной Пацифике».

Одна из наиболее интересных черт мелового океана – прерывание нормального пелагического и гемипелагического осадконакопления короткими (менее 1 млн. лет) эпизодами отложения богатых органическим веществом черных сланцев, формировавшиеся в условиях дефицита кислорода. Такие периоды получили название океанских аноксических событий (ОАЕ) (Schlanger and Jenkyns, 1976). Следы ОАЕ в разрезах меловых толщ встречаются по всему земному шару. Они приурочены к определенным стратиграфическим уровням, нередко имеющим глобальное распространение.

Для определения возраста интервала разреза 565, включающего углистые прослои, были проведены биостратиграфические и изотопные исследования. На рис. 3 показаны места отбора проб, содержащих радиолярии. Фотографированием и определением выделенных форм занималась микропалеонтолог Т.Н. Палечек (ГИН РАН). Возраст изученного фрагмента разреза между двумя углистыми прослоями определен как сеноманский, в одном образце предполагается ранний сеноман (Палечек и др., 2008). Выделенный комплекс имеет много общих видов с ассоциациями из альб-сеноманских отложений, вскрытых глубоководными скважинами в Тихом океане (Басов, Вишневская, 1991; Вишневская, 2001; Foreman, 1975; Schaaf, 1981; 1986).

В разрезе 565 произведен анализ изотопных соотношений углерода. Кривая $\delta^{13}\text{C}$ обнаруживает положительный экскурс (1,1‰), начинающийся непосредственно выше нижнего органического прослоя (рис. 3). Положительные изотопно-углеродные экскурсы обычно сопутствуют океанским аноксическим событиям, поскольку органическое вещество морского происхождения обогащено ^{12}C , поэтому его удаление из океанского резервуара вызывает сдвиг к более положительным значениям $\delta^{13}\text{C}$ (Arthur et al., 1988). Сходный с полученной кривой по форме и значениям $\delta^{13}\text{C}$ положительный экскурс известен в среднем сеномане северной и центральной Италии, Центральной и Северной Атлантики, Англо-Парижского бассейна и о-ва Хоккайдо. Он связан со среднесеноманским аноксическим событием.

Таким образом, можно предположить, что уровень аноксического события, зафиксированного в разрезе 565 и отвечающего нижнему прослою сапропелевых углей, соответствует МСЕ – среднесеноманскому аноксическому событию. Продолжающиеся биостратиграфические исследования позволят проверить это предварительное заключение и уточнить возраст ОАЕ в изученных разрезах.

Органические прослои среди меловых кремнисто-карбонатных отложений обнаружены в Тихом океане при глубоководном бурении на подводных возвышенностях (материалы DSDP и ODP). Такие возвышенности формировались в течение мела в связи с активизацией внутриплитного вулканизма. Предыдущими исследованиями установлено геохимическое сходство базальтов смагинской ассоциации с базальтами подводных вулканических гор Тихого океана (Савельев, 2003; Портнягин и др., 2005; Portnyagin et al., 2008). Отложения смагинской ассоциации сходны с меловыми отложениями подводных возвышенностей Тихого океана литологическим составом, наличием разнопорядковой ритмичности, присутствием потоков и силлов базальтов, общностью радиоляриевых комплексов, а также ассоциацией углистых прослоев с вулканокластикой. Более всего смагинская ассоциация напоминает интервалы тихоокеанских разрезов, образовавшиеся на относительно больших палеоглубинах (около 2-2,5 км). Для этих интервалов характерно повышенное количество кремней, бурая, желтая и красная окраска пород.

Общие черты имеют и органические прослои в отложениях смагинской ассоциации и тихоокеанских возвышенностей. Это:

- 1) Сопоставимые содержания органического углерода.
- 2) Кероген морского происхождения в органических прослоях смагинской ассоциации и преимущественно морского происхождения в отложениях Тихого океана.
- 3) Уменьшение карбонатности и повышенная кремнистость отложений вблизи органических прослоев.
- 4) Повышенные содержания в органических прослоях ряда петрогенных окислов и микроэлементов, связанное:
 - с примесью вулканокластики (Al_2O_3 , TiO_2 , Nb, Zr);
 - с концентрацией элементов органикой в осадке (V, U, Mo);
 - с биоконцентрацией планктоном (Ni, Cu, Zn).
- 5) Наличие в органических прослоях, а также в перекрывающих и подстилающих их отложениях иллита-монтмориллонита – продукта изменения вулканокластики.

Ближайшие к Камчатке проявления ОАЕ в разрезах меловых отложений Тихого океана известны на возвышенностях Хесса и Шатского. Здесь среди глубоководных кремнисто-карбонатных отложений аптского, альбского и сеноманского возраста установлены тонкие прослои, обогащенные органическим веществом морского происхождения.

Заключение

На Восточной Камчатке детально изучены пакеты карбонатно-кремнистого переслаивания в составе смагинской ассоциации альб-сеноманского возраста. Изложенный в работе материал позволяет сделать следующие основные выводы:

- 1) Особенности строения разрезов смагинской ассоциации, содержания в породах петрогенных окислов, микроэлементов и редкоземельных элементов подтверждают планктоногенную природу яшм, известняков и кремней, формирование их в пелагической обстановке вдали от источников терригенного материала, небольшую скорость осадконакопления.
- 2) Ритмичное переслаивание яшм и известняков смагинской ассоциации формировалось под влиянием климатических колебаний, обусловленных вариациями орбитальных параметров Земли. Карбонатные илы отлагались при относительно более сильной стратификации водной толщи. Кремнистые илы формировались в периоды усиления ветрового перемешивания водных масс и повышения продуктивности бесскелетного фитопланктона и радиолярий; известковый наннопланктон в таких условиях резко уменьшал размер скелетов.
- 3) Единичные прослои сапропелевых углей и горючих сланцев, залегающие среди яшм и известняков смагинской ассоциации, формировались главным

образом за счет остатков фитопланктона. Они содержат также остатки радиолярий, иллит-монтмориллонит, апатит (в виде костного детрита и пеллет), пирит, барит и другие минералы.

4) Обогащение на 1-3 порядка углистых прослоев некоторыми микроэлементами, по сравнению с яшмами и известняками, связано с концентрацией металлов органикой в осадке (V, U, Mo, возможно, Au и Pt), происходящей в аноксических и эвксинных условиях, а также с биоконцентрацией планктоном (Ba, Ni, Cu, Zn).

5) Контрастное обогащение углистых прослоев Al_2O_3 , TiO_2 , MgO, K_2O , Nb, Zr свидетельствует о примеси в них вулканокластики. Предложена модель связи эпизодов накопления органики в пелагических осадках смагинской ассоциации с вулканической деятельностью. В золе углей одного из прослоев выявлено аномальное содержание иридия (9 мг/т).

6) Разрезы смагинской ассоциации обладают общими чертами с разрезами карбонатно-кремнистых отложений мелового возраста подводных вулканических возвышенностей северо-западной части Тихого океана. Это подчеркивается наличием прослоев, обогащенных $C_{орг.}$, а также сходством литологических и геохимических особенностей этих прослоев.

Список опубликованных и находящихся в печати работ автора по теме диссертации

Публикации в журналах, рекомендованных ВАКом:

1. Савельева О.Л. Происхождение ритмичной слоистости в карбонатно-кремнистых пакетах из смагинской свиты п-ова Камчатский Мыс // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 1. (Выпуск 7). С. 121-128.

2. Савельева О.Л. Альб-сеноманская карбонатно-кремнистая ассоциация Восточной Камчатки: влияние климата на седиментацию // Изв. вузов. Геология и разведка. 2007. № 5. С. 3-7.

3. Савельев Д.П., Савельева О.Л., Кувикас О.В. Офикальцитовые брекчии п-ова Камчатский Мыс // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 1. (Выпуск 9). С. 73-78.

4. Савельев Д.П., Ландер А.В., Пронина Н.В., Савельева О.Л. Первая находка углистых пород в меловых палеоокеанических комплексах Восточной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 2 (Выпуск 10). С. 102-104.

Тезисы и материалы конференций:

5. Савельева О.Л., Савельев Д.П. Проблема генезиса мелкоритмичных карбонатно-кремнистых пачек на п-ове Камчатский Мыс (Восточная Камчатка) // VII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле»: Материалы докладов. Т. 1. М.: КДУ, 2005. С. 150.

6. Савельев Д.П., Савельева О.Л. Формационная принадлежность меловых отложений района Петропавловска-Камчатского // Региональные исследования: результаты, проблемы, перспективы. Материалы межрегиональной научно-

практической конференции «Вузовская наука – региону» 4-11 февр. 2005г. Петр.-Камч., изд-во КамГУ. 2005. С. 246-248.

7. Савельева О.Л. Сопоставление климатических и биотических событий с вулканической активностью в кайнозойе Камчатки // Проблемы эксплозивного вулканизма (к 50-летию катастрофического извержения вулкана Безымянный). Материалы первого международного симпозиума. 25-30 марта 2006. Отв. редактор чл.-корр. РАН Е.И. Гордеев. Петропавловск-Камчатский. 2006. С. 170-177.

8. Савельева О.Л. Влияние климата на характер осадконакопления в альб-сеноманское время на северо-западе Пацифики // VIII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, РГГРУ, 10-13 апреля 2007 г.). Доклады. Том 1. М., 2007. С. 311-313.

9. Савельев Д.П., Савельева О.Л., Аникин Л.П. Железомарганцевые образования в палеоокеанических комплексах Восточной Камчатки // VIII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, РГГРУ, 10-13 апреля 2007 г.). Доклады. Том 1. М., 2007. С. 308-310.

10. Савельева О.Л., Савельев Д.П. Смагинский палеогайот в аккреционной структуре Восточной Камчатки // Материалы ежегодной конференции, посвященной дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: Издательство ИВиС ДВО РАН, 2007. С. 284-289.

11. Савельева О.Л., Савельев Д.П., Палечек Т.Н., Покровский Б.Г. Меловое аноксическое событие на Камчатке // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Материалы Четвертого Всерос. Совещания, Новосибирск, 19-23 сентября 2008 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 149-152.

12. Палечек Т.Н., Савельев Д.П., Савельева О.Л. Радиоляриевый анализ кремнисто-карбонатных отложений Камчатского Мыса (Восточная Камчатка) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Материалы Четвертого Всерос. Совещания, Новосибирск, 19-23 сентября 2008 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 135-137.

13. Савельев Д.П., Савельева О.Л., Карташева Е.В. Геохимические свидетельства связи мелового аноксического события с вулканизмом в породах смагинского комплекса п-ова Камчатский Мыс // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 27-29 марта 2008 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 236-243.

14. Савельев Д.П., Савельева О.Л., Горбунов А.В. Аномалия иридия в меловом разрезе Восточной Камчатки // IX Международная конференция «Новые идеи в науках о земле» (Москва, РГГРУ, 14-17 апреля 2009 г.). Доклады. Том 1. М., 2009. С. 90.

15. Савельева О.Л. Связь ритмичности мелового осадконакопления с астрономическими параметрами // IX Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, РГГРУ, 14-17 апреля 2009 г.). Доклады. Том 1. М., 2009. С. 91.

В печати:

16. Палечек Т.Н., Савельев Д.П., Савельева О.Л. Альб-сеноманские радиолярии Камчатского Мыса (Восточная Камчатка) // Стратиграфия, геологическая корреляция.