

Е. Ю. Барабашин

публично в соответствии
свечено Юревичу
от автора

На правах рукописи

Зайцев Алексей Викторович

**История развития и особенности формирования
биллингенско-азерских отложений (ранний-средний
ордовик) северо-запада Русской плиты**

Специальность 25.00.01 – общая и региональная геология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2009

Работа выполнена на кафедре региональной геологии и истории Земли геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Е.Ю. Барабошкин

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук

О.В. Постникова

доктор геолого-минералогических наук

П.А. Чехович

Ведущая организация:

Федеральное государственное унитарное предприятие
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им.
А.П. Карпинского (ФГУП "ВСЕГЕИ")

Защита состоится **23 октября 2009 г. в 14³⁰** на заседании диссертационного совета Д 501.001.39 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП – 1, Ленинские горы, МГУ, геологический факультет, ауд. 415.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке геологического факультета МГУ (Главное здание, корпус А, 6-й этаж).

Автореферат разослан 23 сентября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор геолого-
минералогических наук,
профессор



А.Г. Рябухин

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Несмотря на 200-летнюю историю изучения ордовикских отложений северо-запада Русской плиты, многие вопросы стратиграфии и условий их формирования, остаются открытыми. В настоящее время завершена разработка Международного глобального хроностратиграфического стандарта, который значительно отличается от традиционной последовательности британских серий, официально принятых в России в качестве общей стратиграфической шкалы (ОСШ) ордовикской системы. В связи с этим, послынное переизучение разрезов и установление корреляционных маркеров в ордовикских отложениях северо-запада Русской плиты является весьма актуальным.

Цель и основные задачи работы. Основной целью настоящей работы явилось детальное изучение стратиграфии и условий формирования отложений пограничного интервала нижнего-среднего ордовика северо-запада Русской плиты (биллингенский, волховский, кундаский и азериский горизонты), а также поиск региональных корреляционных уровней. Для этого решались следующие задачи: 1) анализ опубликованных данных; 2) детальное изучение основных разрезов в области Балтийско-Ладожского глинта на территории России и Эстонии; 3) расчленение изученных отложений с привлечением литостратиграфического, биостратиграфического, палеомагнитного методов; 4) корреляция изученных отложений между собой и с другими регионами; 5) изучение вещественного состава пород; 6) выявление основных этапов развития региона и анализ распределения литофаций вдоль глинта и на площади.

Научная новизна. Впервые для всего Балтийско-Ладожского глинта по единой методике проведено детальное комплексное литолого-стратиграфическое исследование ниже-среднеордовикских отложений. Произведен анализ местных зональных и литостратиграфических схем, выполнена их увязка с событийными факторами, осуществлена типизация стратиграфические перерывов и оценка их hiatusов. Выявлены стратиграфические уровни, обладающие наибольшим корреляционным потенциалом. Восстановлена эволюция обстановок осадконакопления для биллингенско-азериских отложений, установлена решающая роль приливно-отливных течений в их формировании и предложена новая модель седиментации для времени формирования этих отложений.

Теоретическое и практическое значение. Результаты исследования могут быть использованы при разработке местной стратиграфической шкалы северо-запада Русской плиты, уточнении региональных стратиграфических шкал, при геологическом картировании, составлении геологических карт нового поколения и поисков полезных ископаемых.

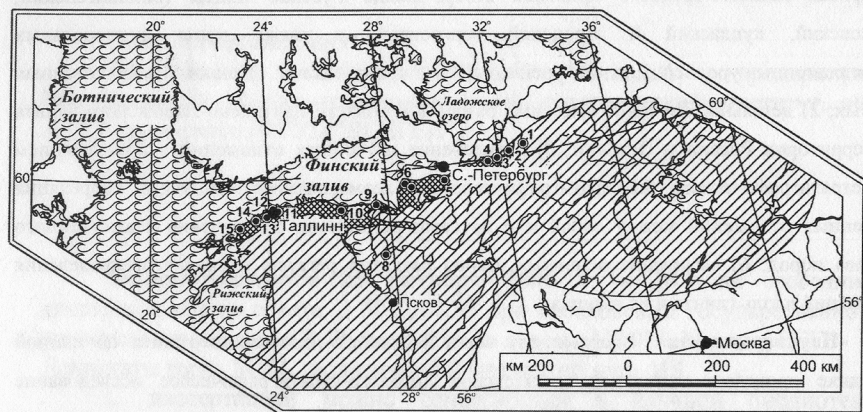
Защищаемые положения:

1) Изучены стратиграфические перерывы в ниже-среднеордовикских отложениях северо-запада Русской плиты. Впервые произведено их разделение на синседиментационные и раннедиагенетические, а также позднедиагенетические; произведена оценка hiatusов.

2) Впервые предложена приливно-отливная модель седиментации, биллингенско-азерских отложений северо-запада Русской плиты.

3) Определен корреляционный потенциал ряда стратиграфических уровней. Установлено, что граница волховского и кундаского горизонтов наиболее пригодна для глобальной корреляции.

4) В пограничном интервале раннего-среднего ордовика северо-запада Русской плиты выявлено 4 этапа развития бассейна: биллингенский, волховский, кундаский и азерский.



■ А ▨ Б □ В ▤ Г ●₁ расположение и номер разреза

Рис. 1 Схема современного распространения ордовикских отложений на СЗ Русской плиты и расположение изученных разрезов: А – в естественных выходах; Б – под покровом более молодых отложений; В – отложения ордовика отсутствуют; Г – акватории

Цифрами отмечены разрезы: 1 - р. Лынна; 2 - р. Волхов; 3 - р. Лава; 4 - Путиловский к-р; 5 - р. Тосна; 6 - к-р Широково; 7 - р. Ламашка; 8 - Мишина гора; 9 - р. Сытке; 10 - Онтика; 11 - Мазкалда; 12 - Харку-Ярве; 13 - Тискре; 14 - Тюрисалу; 15 - Палдиски

Фактический материал. В основу работы положены полевые наблюдения автора, осуществлявшиеся на протяжении 10 лет. Послойно изучены 15 разрезов ниже-среднеордовикских отложений на территории Ленинградской области и Северной Эстонии (Рис. 1); собрана палеонтологическая коллекция трилобитов. Для 5 разрезов в 2000 – 2003 гг. совместно с Н.В. Лубниной произведено палеомагнитное опробывание. Изготовлено и изучено более 1200 шлифов. Методом рентгено-фазового анализа изучен минеральный

состав 114 образцов карбонатных пород (метод порошка), а также более 200 ориентированных препаратов глин и нерастворимого остатка известняков.

Апробация работы. Основные результаты работы представлены на Международных конференциях "Ломоносов" (Москва, 1999, 2003); "Новые идеи в науках о Земле" (Москва, 1999, 2001); Всероссийской молодежной конференции "Геология и геодинамика Евразии" (Иркутск, 1999); молодежных конференциях "Яншинские чтения" (Москва, 2002, 2003) и памяти К.О. Кратца (Апатиты, 2002); межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодые – наукам о Земле" (Москва, 2008); IX Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов "Геологи XXI века" (Саратов, 2008); Всероссийской научной конференции "Геология, Геохимия и Геофизика на рубеже XX и XXI веков" (Москва, 2002); Всероссийском литологическом совещании (Москва, 2003, 2006); Международном симпозиуме "Минералогические музеи" (С.-Петербург, 2002); Балтийской стратиграфической конференции (Вильнюс, 2002; Таллинн, 2008); Генеральной ассамблеи Европейского геофизического общества (Ницца, Франция, 2000); Совещаниях рабочей группы по ордовику Балтоскандии (WOGOGOB): Копенгаген, Дания (2001), Тарту, Эстония (2004); заседании Европейского Союза геологических наук (Страсбург, Франция, 1999); годовом собрании секции палеонтологии МОИП и Московского отделения ВПО (Москва, 2008); на заседаниях кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 30 работ, из них 13 основных. В том числе: 5 научных статей в российских реферируемых журналах, а также 8 тезисов докладов.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и 3 приложений. Объем диссертации составляет 213 страниц машинописного текста. Иллюстрации включают, 1 текстовую таблицу и 67 рисунков. Список литературы включает 184 наименования (из них 138 на русском и 64 работы на иностранных языках).

Благодарности. Диссертация выполнена на каф. региональной геологии и истории Земли геологического ф-та МГУ, под руководством проф. Е.Ю. Барабошкина, которому автор выражает глубокую и искреннюю благодарность.

Автор благодарит А.В. Дронова (ГИН РАН), А.Ю. Иванцова (ПИН РАН), Л.Ф. Копаевич, В.Л. Косорукова, Д.И. Панова (МГУ), Р.Ф. Соболевскую (ВНИИОкеангеология), Т.Н. Корень, Т.Ю. Толмачеву (ВСЕГЕИ) за многолетнюю поддержку, ценные советы в процессе работы над диссертацией и критические замечания.

На разных этапах работы автор пользовался консультациями А.Р. Гептнера, Т.А. Ивановской (ГИН РАН), Т.Н. Корень (ВСЕГЕИ), С.В. Рожнова (ПИН РАН), Д.П. Найдина,

Г.М. Седасвой, В.Т. Фролова (МГУ), П.В. Федорова (СПбГУ), за что выражает им глубокую признательность.

Автор благодарен Л. Айнсаару (Тартуский университет, Эстония), Е.Л. Гуревичу, В.П. Родионову (ВНИГРИ), Н.В. Лубниной, А.В. Сащенко, (МГУ), В.Б. Кушлиной, А.А. Мадисон (ПИН РАН), Ю.Н. Савельевой (СПбГУ), О. Тинн (Тартуский университет, Эстония), С.В. Шипунову, ставшими его спутниками на разных этапах полевых работ.

За помощь в организации полевых работ на территории Эстонии автор глубоко признателен проф. Т. Мейдла (Тартуский университет, Эстония), Л. Хинтс, Х. Пярнасте (Институт геологии Таллиннского технологического университета).

Автор выражает признательность своим друзьям и коллегам Е.Ю. Голубковой, Е.Г. Раевской, С.В. Молошникову, О.И. Хрящевской, Е.В. Яковишиной (МГУ), за постоянную поддержку, помощь и советы.

За финансовую поддержку автор признателен РФФИ (гранты 01-05-64315, 01-05-64642, 04-05-64503, 07-05-00882); "Научные школы" НШ-841.2008.5.

Особую благодарность автор выражает зав. кафедрой региональной геологии и истории Земли, проф. А.М. Никишину, а также сотрудникам кафедр региональной геологии и истории Земли и литологии и морской геологии геологического факультета МГУ за поддержку во время работы над диссертацией.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. История изучения ордовикских отложений северо-запада Русской плиты и развитие взглядов на их стратиграфию и условия формирования

В главе рассматривается история выделения ордовикской системы, основные этапы изучения ордовика северо-запада Русской плиты, становление современных региональных биоэональных шкал. Отдельное внимание уделено развитию взглядов на палеогеографию и условия формирования ордовикских отложений северо-запада Русской плиты.

Глава 2. Стратиграфия пограничного интервала нижнего и среднего ордовика северо-запада Русской плиты

2.1 Горизонты и зоны по трилобитам

Биллингенский горизонт. Выделяется в объеме трилобитовых зон *Megalaspides dalecarlicus* и *Megistaspis estonica* (граптолитовые зоны *Phyllograptus densus* и *Ph. angustifolius elongates*, нижняя половина аренигского яруса). Нижняя граница отвечает основанию граптолитовой зоны *Didymograptus balticus*. Верхняя граница проводится по кровле

конодонтовой зоны *Oericodus evae*, которая в приглинтовой полосе России и Эстонии совпадает с регионально развитой поверхностью твердого дна (ТД, "стекло").

Волховский горизонт принимается в объеме трилобитовых зон *M. lata* и *M. limbata* (нижняя часть граптолитовой зоны *D. hundo*, верхняя половина аренигского яруса ОСШ). Согласно А.Ю. Иванцову (1997) горизонту отвечают трилобитовые зоны *M. polyphemus*, *Asaphus (?) broeggeri* и *A. lepidurus*.

Кундаский горизонт соответствует трилобитовым зонам: *A. expansus*, *A. raniceps*, *M. obtusicauda* и *M. gigas* (верхи аренига – основание лланвирна ОСШ). Нижняя граница проводится по основанию зоны *A. expansus* и совпадает с основанием конодонтовой зоны *Lenodus variabilis*. Эта граница расположена внутри граптолитовой зоны *Undulograptus austroretentatus*, основание которой в настоящее время принято в качестве подошвы ларривильского яруса среднего ордовика МСШ (Корень, Толмачева, 2004). Верхняя граница проводится по кровле трилобитовой зоны *M. gigas* или граптолитовой зоны *D. "bifidus"*. Горизонт соответствует трилобитовым зонам: *A. expansus*, *A. "raniceps"* – *A. striatus*, *A. minor* – *A. pachiophthalmus*, *A. sulevi* – *A. ingrianus* и *A. laevissimus* (Ivantsov, 2003).

Азериский горизонт выделяется по смене характерных комплексов фауны трилобитов, цефалопод и остракод и отвечает низам лланвирнского яруса ОСШ (нижняя часть граптолитовой зоны *D. murchisoni*). Подошва проводится по первому появлению в разрезе трилобитов *A. platyurus* и совпадает с региональным ТД. Кровля определяется по исчезновению цистоидей *Echinospaerites* и трилобитов *A. kowalewskii*. В настоящее время положение верхней границы азериского горизонта требует уточнения. По А.Ю. Иванцову (Ivantsov, 2003) азериский горизонт включает трилобитовые зоны *A. hekkeri*, *A. kotlukovi* – *A. punctatus* и *A. intermedius* – *A. kowalewskii*.

2.2 Местные литостратиграфические подразделения

Нижне-среднеордовикские отложения обладают сильной литологической изменчивостью в Северной Эстонии, где для них разработано детальное попачечное деление. Для их расчленения в пределах Ладожского глинта традиционно используется биостратиграфический метод. Использование эстонской литостратиграфической номенклатуры для разрезов Ладожского глинта затруднительно, вследствие разнофациальности российских и эстонских разрезов, а также разного стратиграфического объема и диахронности ряда стратиграфических границ. Для удобства расчленения и корреляции российских и эстонских разрезов требуется сопоставимая по детальности литостратиграфическая схема для востока области. Различный подход к расчленению ордовикских отложений российских и эстонских разрезов приводит к необходимости

использования двух шкал: схемы А.Ю. Иванцова (как наиболее дробной) для Ладожского глинта, и "эстонской" схемы для запада Ленинградской области и Северной Эстонии (Рис. 2).

МСШ, 2004		ОСШ, 2006		Биоэталонная шкала	РЕГИОНАЛЬНЫЕ ШКАЛЫ					
СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ЯРУС	ЯРУС		ГОРИЗОНТ, ПОДГОРИЗОНТ					
ОРДОВИКСКАЯ	СРЕДНИЙ	ДАРИВИЛЛИЙСКИЙ	ПЛАНИРНСКИЙ	Грантолиты (по Корень, 2002)	АЗЕРИСКИЙ C _{1a}	ДУБОВИКСКАЯ				КАНДЛЕСКАЯ
						СИМАНКОВСКАЯ	НАПАСКАЯ (?)	МАЛПАСКАЯ		
						СИНЯВИНСКАЯ	ПАКРИСКАЯ		ОЖЮПАСКАЯ	
						ОБУХОВСКАЯ	ПОБЕЖА	ВАЛГЕЙБИЗСКАЯ	УТРИАСКАЯ	
						ЛОЛУХИНСКАЯ	НИКОЛЬСКАЯ	ВОКАСКАЯ	ПАДАСКАЯ	
	НИЖНИЙ	ФЛОТСКИЙ	ДАПИНСКИЙ	АРЕНИГСКИЙ	Didymograptus hirsutus	КУНДАСКИЙ V _{III}	ПЛЯНАСКАЯ	ВОЛХОВСКАЯ	ТОЙЛАСКАЯ	СМИТАО-РУСКАЯ
							Верхний	ХАМОНТОВСКАЯ	ПАДАСКАЯ	ЛАХЕПЕРСКАЯ
							Средний	ФРИЗЫ	КАЛЬВИСКАЯ	ЮННА-ПЬХЬЯСКАЯ
							Нижний	ЖЕЛТЯКИ	ТЕПИНЬИМЕСКАЯ	САКАСКАЯ
							ДИКАРИ	ПЯЙТЕЙСКАЯ	ПЯЙТЕЙСКАЯ	ПЯЙТЕЙСКАЯ
НИЖНИЙ	ФЛОТСКИЙ	ДАПИНСКИЙ	АРЕНИГСКИЙ	Didymograptus extensus	БИЛЛИНГЕНСКИЙ V _{1v}	ВАСИЛЬКОВСКАЯ	?	МЯЭЮПАСКАЯ	?	
						МЯЭЮПАСКАЯ	?	МЯЭЮПАСКАЯ	?	
						ЛАКИТСКАЯ	?	ИОАСКАЯ	?	
НИЖНИЙ	ФЛОТСКИЙ	ДАПИНСКИЙ	АРЕНИГСКИЙ	Tetragraptus phyllograptoides	ХУННЕБЕРГСКИЙ, V _{1a}	ЛЕТЭСЕСКАЯ	?	КЛОПАСКАЯ	?	
						ЛЕТЭСЕСКАЯ	?	КЛОПАСКАЯ	?	

Рис. 2. Используемая стратиграфическая схема и ее корреляция новым международным стандартом (Корень, 2009)

Ладожский глинт и восточная часть Балтийского глинта охватывают район от крайних восточных выходов ордовикских отложений в бассейне р. Сясь и до долины р. Тосна. Эти разрезы обладают следующими характерными чертами: (1) отложения волховского горизонта имеют четкое деление на 3 части; (2) отсутствует "падаский оолитовый известняк"; (3) отсутствует фосфатная импрегнация поверхностей ТД волховско-кундаского интервала; (4) пестрые окраски пород в кундаском интервале не выражены; (5) отсутствуют видимые глауконитсодержащие уровни внутри кундаского горизонта. Изученный интервал разреза здесь представлен лезтеской, волховской, лынской, силлаоруской, обуховской, синявинской, симанковской и дубовикской свитами.

Разрезы запада Ленинградской области и Северной Эстонии имеют следующие особенности: (1) волховский горизонт сокращается в мощности (за счет среднего и верхнего подгоризонтов); (2) присутствует падаская "оолитовая" пачка; (3) происходит сокращение мощности (в 2 – 3 раза) кундаской части силлаоруской свиты; (4) в волховско-кундаском

интервале проявлена фосфатная импрегнация ТД; (5) биокласты в породах кундаского интервала лимонитизированы. Биллингенско-азериские отложения здесь сложены лезтеской, тойлаской, силлаоруской, лообуской, пакриской, и кандлеской свитами.

2.3 Магнитостратиграфия среднего ордовика северо-запада Русской плиты

Согласно данным, полученным по Скандинавии, в течение тремадока, аренига и раннего лланвирна преобладала обратная полярность геомагнитного поля (Torsvik, Trench, 1991). Зона прямой полярности отмечается в средне-поздне лланвирнское время. В результате проведенных исследований установлено, что на протяжении большей части лланвирна преобладало поле обратной полярности. Выделяются две короткие зоны прямой полярности на двух стратиграфических уровнях: (1) в разрезе к-ра Широково в средней части силлаоруской свиты (зона A. expansus). Эта зона в Скандинавской магнитостратиграфической схеме не фиксируется. Схожие результаты получены по разрезу р. Тосна, где также была зафиксирована зона прямой полярности в верхах карбонатной части разреза (Smethurst et al., 1998); (2) в разрезе р. Волхов (кровля симанковской свиты), внутри зоны A. kotlukovi – A. punctatus, в 2 м выше ТД на границе кундаского и азериского горизонтов. Выделенная зона согласуется с данными, полученными по ордовикским карбонатам Скандинавии и коррелируется с зоной N1 (Torsvik, Trench, 1991). Наличие двух зон прямой полярности, приближенных к ТД, имеющих субглобальное распространение, позволяет их рассматривать в качестве глобальных реперов. Однако, магнитостратиграфия ордовикских отложений северо-запада Русской плиты требует дальнейшего уточнения.

2.4 Секвенции нижнего-среднего ордовика Прибалтики

Секвентная модель для ордовика Прибалтики разработана А.В. Дроновым (Дронов, 2000; Drosov, Holmer, 2002). Согласно этой модели изученный интервал разреза отвечает латорпской, волховской, кундаской и таллиннской секвенциям. Данная модель не противоречит результатам, полученным в настоящей работе и, в целом, соответствует выделенным этапам развития бассейна.

2.5 Метеоритное вещество в среднеордовикских отложениях Балтоскандии

Ископаемые метеориты и космогенный хромит обнаружены в Швеции в породах конодонтовой зоны L. variabilis (Schmitz et al., 2001). В разрезах Ладожского глинта также встречены хромитовые зерна, состав которых соответствует составу хромита ископаемых L-хондритов. Мелкий размер и небольшое количество терригенного материала позволяют говорить о незначительном воздействии эолового и гидродинамического факторов на распределение хромитов внутри бассейна. Это позволяет рассматривать метеоритное вещество в качестве регионального стратиграфического репера, однако требуется дополнительное изучение его распространения в разрезах Балтийско-Ладожского глинта.

Глава 3. Стратиграфические перерывы в нижне-среднеордовикских отложениях северо-запада Русской плиты

Настоящим исследованием установлены две группы стратиграфических перерывов: (1) седиментационные и раннедиагенетические и (2) позднедиагенетические в соответствии с классификацией (Барабошкин и др., 2002). Последние ранее не выделялись, хотя их признаки указывались в литературе (Пылма, 1982).

3.1 Седиментационные и раннедиагенетические перерывы

В изученных отложениях седиментационные и раннедиагенетические перерывы представлены твердым дном (ТД) и мягким дном (МД) (Зайцев, Барабошкин, 2006).

ТД выражено относительно маломощными (≤ 15 см) горизонтами. Отдельные ТД прослеживаются на расстояние в несколько сотен километров вдоль глинта и являются региональными стратиграфическими реперами. Степень выраженности, морфология и гиатус этих ТД уменьшаются с увеличением глубины бассейна.

МД характерно для верхов волховского кундаского горизонтов и приурочено к породам с низким содержанием CaCO_3 . Они характеризуют обстановку замедленной седиментации (или ее кратковременной остановки) в удаленных от берега частях бассейна при заселении осадка роющими организмами.

Минералами-индикаторами перерывов являются глауконит, фосфориты и гетит-гидрогетитовые микроконкреции. Их наличие на уровнях, где перерывы визуально не определяются, указывает на присутствие в разрезе скрытых перерывов и диастем.

3.2 Позднедиагенетические перерывы

Позднедиагенетические перерывы представлены фазерными текстурами (ФТ), стилолитовыми швами и глинистыми прослоями II типа (ГП2).

ФТ и стилолитовые швы. ФТ представляют собой известняковые линзы, субпараллельные поверхности напластования, окруженные глинистым веществом. Они наиболее распространены в верхней части кундаского и азериском горизонтах и приурочены к глинистым разностям пород. Формирование ФТ связано с первичным распределением глинистого вещества в осадке и избирательным растворением карбонатов на стадии позднего диагенеза вдоль наиболее проницаемых участков породы. Глинистая примесь служила локальным "водоупором", ограничивавшим растворение и приводившим к образованию нерастворенных линз карбонатов (Tucker et al., 1990).

Механизм образования стилолитовых швов обусловлен первичной неоднородностью слабоглинистого осадка, связан с избирательным растворением породы под давлением и диффузным переносом материала из мест с высоким напряжением в места с низким напряжением на стадии позднего диагенеза (Барабошкин и др., 2002).

ГП2 – тонкие (в среднем 3–5 мм), невыдержанные по мощности и стратиграфическому положению, ундулирующие прослои глин. Их формирование связано с позднедиагенетической компакцией пород, растворением CaCO_3 и перераспределением глинистого вещества под действием литостатического давления.

3.4 Оценка стратиграфической полноты разрезов

Оценка гиатусов, даже для наиболее крупных перерывов, встречает значительные затруднения, обусловленные сильной конденсацией отложений, отсутствием абсолютных датировок, и провинциализмом фауны. В большинстве случаев гиатусы конкретных перерывов вычислить не удастся, хотя суммарные гиатусы для изученных стратиграфических интервалов значительны и варьируют от 1 до 6 млн. лет, что типично для конденсированных разрезов. Наиболее продолжительными оказываются гиатусы для высокозрелых ТД, связанных с границами секвенций, – от 1 до 2,5 млн. лет. Гиатусы позднедиагенетических перерывов небольшие и не могут быть оценены даже в первом приближении.

3.5 Распространение перерывов в ордовикских отложениях других регионов, связь с глобальными и региональными факторами

Несогласия, соответствующие перерывам на границе биллингенского/волховского, волховского/кундаского и кундаского/азериского горизонтов, фиксируются в Скандинавском регионе (Nielsen, 1995), в северной части ордовикского Тимано-Североуральского палеобассейна, на Приполярном Урале, юге Русской плиты ее юго-западного обрамления, в Юго-восточной Польше (Trela, 2004), в восточной Авалонии (Vanguetaine, Servais, 2002), Великобритании, Южной Корее, Северном Китае и в Северной Америке. Несогласие на рубеже биллингенского/волховского горизонтов менее выражено, в ряде случаев ей соответствует согласная поверхность.

3.6 Выводы

1. Стратиграфические перерывы на рубежах биллингенского/волховского, волховского/кундаского и кундаского/азериского горизонтов имеют субглобальное распространение и связаны, по всей видимости, с эвстатикой Мирового океана.

2. Перерывы на границе волховского/кундаского, кундаского/азериского горизонтов наиболее широко распространены, к ним приурочены субаэральные экспозиции и максимальные гиатусы. Они связаны с глобальным изменением уровня моря и, следовательно, наиболее применимы для межрегиональной корреляции.

Глава 4. Литология пограничных отложений нижнего-среднего ордовика северо-запада Русской плиты

4.1 Характеристика глинистой компоненты

Глинистая фракция в исследованных образцах представлена смешаннослойно-гидрослюдистой ассоциацией с незначительной примесью хлорита и каолинита. Гидрослюда является основным компонентом (30–80%). Смешанослойные минералы представлены слюда-смектитовой разностью, их количество не превышает 40%. В отложениях биллингенского горизонта каолинит фиксируется в юго-западной Эстонии, где его содержание достигает 15%. В волховском интервале он присутствует в отложениях Южной Эстонии (20%) и на крайнем востоке Ладожского глинта (10%). Хлорит содержится в количестве $\leq 3\%$, лишь на востоке Балтийского глинта (р. Тосна) достигая 7%. Значительная удаленность береговой линии на западе бассейна не позволяла терригенному хлориту в значительном количестве поступать внутрь бассейна. Присутствие каолинита в восточных разрезах можно объяснить действием вдольбереговых течений, либо увеличением его сноса с северо-западной окраины Сарматского континента.

Состав глин характеризует нормально-морскую обстановку с небольшим количеством терригенного сноса. Почти полное отсутствие более крупной терригенной примеси в породах волховского – азериского интервала на Ладожском глинте, говорит об удаленности источника сноса и большей глубине бассейна, чем это предполагалось ранее. Признаком этого может служить практически полное отсутствие здесь следов волновой активности, фиксируемых в раннекарадокских отложениях.

Состав нижнекембрийских "синих глин" сходен с таковым отложений копорской свиты (р. Тосна) и хуннеберга северо-запада Эстонии. Незначительная разница в их составе может свидетельствовать об отсутствии кардинальной перестройки режима седиментации в кембрийско-среднеордовикское время.

4.2 Глауконит

В изученных отложениях глауконит представлен 2 типами: (1) раннедиагенетический глауконит. Представлен глобулями округлой, удлиненной и "лапчатой" формы, псевдоморфозами по биокластам. Глауконит этого типа также инкрустирует ТД или образует кристификационную кайму вокруг зерен **II типа**, отражает обстановки замедления осадконакопления; (2) обломочный глауконит, связан с перемывом первичного осадка и разрушением трещиноватых глобул **I типа** и (или) с их дезинтеграцией биотурбаторами. Исходным материалом для образования глауконита являются смектиты, при этом глауконит наследует их состав (Ивановская и др., 1988). Для гидрослюды, образованных в диагенезе, характерны политипные модификации **IMd**, что подтверждается и настоящими

исследованиями.

4.3 Гетит-гидрогетитовые и фосфатные микроконкреции

Гетит-гидрогетитовые микроконкреции развиты в падаской пачке (кровля зоны *A. lepidurus*), внутри зоны *A. expansus* (за исключением востока Ладожского глинта), внутри зоны *A. "taniceps" – A. striatus* (Ладожский глинт). Их формирование происходило в близповерхностном слое осадка на стадии раннего диагенеза, путем локализации Fe^{3+} вокруг биокластов иглокожих, реже брахиопод или других групп фауны. В качестве источника Fe^{3+} могли выступать триоктаэдрические слюды или хлориты, подвергавшиеся разрушению и гидратации в субаквальных условиях. Наличие геохимического барьера является необходимым условием для образования микроконкреций. В подавляющем большинстве случаев им служит граница "старого" и "нового" осадка. Именно поэтому в большинстве случаев образование "оолитов" приурочено к ТД и биотурбациям.

Фосфатные микроконкреции распространены менее широко, чем гетит-гидрогетитовые, преимущественно на северо-западе Эстонии и встречаются наряду с гетит-гидрогетитовыми в отложениях кундаского и азериского горизонтов.

В современном океане фосфаты накапливаются на континентальных окраинах южной Африки, Перу, Чили, на востоке Австралии, у побережья Мексики. Все перечисленные районы характеризуются в той, или иной степени развитым апвеллингом. Формирование фосфатных стяжений в современных морях происходит близ раздела вода / дно из насыщенных поровых вод. Инициализация процесса фосфатонакопления провоцируется диффузией в осадок CO_2 , щелочность среды падает и фосфаты могут выпадать из раствора (Батурин, 1999, 2004). Воздействие мелководного апвеллинга можно предполагать для кундаского времени, в отложениях которого встречаются массовые скопления остатков головоногих и приурочены гнезда сульфидов, а ближе к берегу фосфатные проявления.

4.5 Состав биокластов

Биокластовый материал, содержащийся в биллингенско-азериских карбонатных отложениях Ленинградской области и северной Эстонии представлен иглокожими, трилобитами, остракодами, брахиоподами, мшанками, головоногими моллюсками и зелеными водорослями. Иглокожие в изученных отложениях содержатся в количестве 20–80%. Их минимальные содержания приурочены к основанию волховского и границе волховского и кундаского горизонтов и, могут быть объяснены более сильной конденсацией этих интервалов, а также с перестройкой сообществ иглокожих.

Биокласты трилобитов содержатся в количестве 30–50%. Содержание остракод в среднем составляет 25–30%, мало меняясь по разрезу.

Зеленые водоросли встречаются практически во всем изученном интервале, а на

отдельных уровнях, таких как валгейзская и ояюлаская пачки лообуской и кандлеской свит их содержание достигает 35%. Характер распределения головоногих моллюсков схож с распространением известковых водорослей, их остатки встречаются в небольшом количестве по всему разрезу. Остатки мшанок немногочисленны, начиная с верхов биллингенского горизонта (пййтейская пачка). Содержание биокластов замковых брахиопод также невелико (5–15%).

4.6 Литотипы карбонатных пород

Выделено 20 литотипов карбонатных пород. Их различия обусловлены составом и количеством биокластов, глинистого вещества, а также глауконита и микроконкреций. Установлено, что доломитизации в большей степени подвержены "дикари" и породы основания кундаского горизонта. К этим же уровням приурочены максимальные количества биокластов головоногих и остатки зеленых водорослей.

4.7 Литофации биллингенско-азерских отложений

Критерием выделения литофаций явилось распределение ассоциаций литотипов карбонатных пород вдоль глинта (Рис. 3). Их генетическая интерпретация производилась с учетом распределения основных типов микрофаций гомоклинального карбонатного рампа, сформулированного Е. Флюгелем (Flügel, 2004).

Фация 1 представлена кварц-глауконитовыми песчаниками. Фация прослеживается вдоль всего Балтийско-Ладожского глинта. Севернее известны находки фрагментов этих пород в Архангельской области. Фация выделяется в пределах верхов конодонтовой зоны *O. evae* и представляет собой литологически переходный тип от терригенной к существенно карбонатной седиментации. Отражает обстановки прибрежных отмелей внутреннего рампа.

Фация 2 сложена остракодово-эхинодерматовыми вакстоунами с глауконитом и многочисленными остатками наутилоидей. В области Ладожского глинта охватывает стратиграфический интервал нижней половины кундаского горизонта, а также его верхи и основание азера на российской части Балтийского глинта. Отражает обстановки среднего рампа.

Фация 3 представлена эхинодерматово-остракодовыми вакстоунами и эхинодерматово-брахиоподовыми пакстоунами с глауконитом. На востоке своего развития (Ладожский глинт) фация охватывает стратиграфический интервал трилобитовых зон *M. polyphemus* – *A. (?) broeggeri*. Распространена вдоль всего глинта (кроме крайнего запада). На профиле рампа фация соответствует ограниченно-морским обстановкам.

Фация 4 характеризуется чередованием остракодово-эхинодерматовых вакстоунов и трилобитово-эхинодерматовых пакстоунов. Слагает несколько ограниченных стратиграфических интервалов в разных частях глинта. В восточных разрезах сй

соответствует пограничный интервал конодонтовых зон *B. navis* и *M. parva*, а также зона *L. variabilis*. Фация отражает открыто-морские обстановки внутреннего рампа. На востоке Ладожского глинта и в окрестностях Таллинна венчает трансгрессивные интервалы.

Фация 5 сложена неяснослоистыми небитурбированными мадстоунами. Распространена на востоке Северной Эстонии и западнее Таллинна. В первом случае она занимает стратиграфический объем валгейзской пачки лообуской свиты. В районе Таллинна фация формирует пологий западный склон обширной отмели. Соответствует условиям прибрежных приливно-отливных обстановок.

Фация 6 в составе преобладают глинистые вакстоуны и пакстоуны с гетит-гидрогетитовыми микроконкрециями. Занимает стратиграфический объем конодонтовой зоны *L. variabilis* и основание зоны *Y. crassus*, от центральной части Ладожского глинта и до г. Таллинна. Формирование фации в условиях внешних отмелей и банок внутреннего рампа.

Фация 7 представлена эхинодерматово-водорослевыми доломитизированными вакстоунами. В кундаском интервале разреза распространена на территории Северной Эстонии, на участке глинта восточнее Таллинна. Отражает приливно-отливные мелководные обстановки внутреннего рампа.

Фация 8 сложена битурбированными эхинодерматово-трилобитовыми пакстоунами с глауконитом. Охватывает нижнюю половину кундаского горизонта в окрестностях г. Таллинна, на востоке Северо-Эстонского глинта слагает низы азерского горизонта. Отражает обстановки отмелей внешней части внутреннего рампа.

Фация 9 представлена песчаными мадстоунами. Распространена в северо-западной Эстонии. Отражает приливно-отливные обстановки внутреннего рампа.

Фация 10 сложена эхинодерматово-брахиоподово-остракодовыми пакстоунами с гетит-гидрогетитовыми микроконкрециями. В области Ладожского глинта слагает синявинскую и нижнюю часть симанковской свиты. Отражает обстановки глубокой части среднего рампа.

Фация 11 характеризуется чередованием глинистых эхинодерматово-трилобитовых и эхинодерматово-брахиоподово-остракодовых вакстоунов. Распространена на Ладожском глинте. На профиле рампа отвечает обстановкам нижней части среднего – верхней части внешнего рампа.

Фация 12 полностью сложена эхинодерматово-водорослевыми, доломитизированными пакстоунами с фосфатными микроконкрециями. Включает в себя азерский интервал в разрезах северо-запада Эстонии. Отражает приливно-отливные обстановки внутреннего рампа.

4.8 Выводы

1. Распределение литотипов на профиле Балтийско-Ладожского глинта отражает трансгрессивные обстановки, характерные для карбонатных рампов: от приливно-отливных внутреннего рампа и до верхней части внешнего рампа. Наиболее глубоководными являются разрезы восточной части Ладожского глинта, характеризующие обстановки среднего и верхней части внешнего рампа.
2. Количество каолинита вдоль глинта увеличивается в восточном и юго-западном направлении, что, учитывая его химическую стойкость, позволяет предположить наличие источников сноса на юго-западной и юго-восточной окраинах бассейна (Сарматский континент).
3. Формирование фосфатных стяжений связано с развитием мелководных апвеллингов, в результате которых происходит обогащение прибрежных вод биогенными элементами, в том числе и фосфором, стимулирующим биологическую продуктивность в прибрежной зоне.

Глава 5. Обстановки осадконакопления

5.1 Общие черты палеогеографии

В течение кембрийско-ордовикской истории на большей части Русской плиты существовал мелководный эпиконтинентальный морской бассейн, с северо-запада ограниченный Фенно-Скандинавским, а на юго-востоке Сарматским континентами (Nikishin et al., 1996). В кембрии-раннем ордовике он имел вид субширотного морского залива, а с конца раннего ордовика – широкого пролива, открытого на юго-западе в океан Торнквиста, а на севере – в Печорский и Западноуральский бассейны. В раннеордовикское время вся Прибалтика и юг Скандинавии относились к южному ариднему поясу, в среднем ордовике его гумидизация увеличилась (Хаин и др., 1997). Состав бентоса свидетельствует о нормальной солености морского бассейна. Морфология бассейна и характер смены фаций не подразумевает резкого перепада глубин, по существующим оценкам они не превышали нескольких десятков метров (Дронов, 2000). Газовый режим был в целом нормальным. Присутствие гнезд и рассеянных зерен сульфидов в кундаском и азериском интервалах в более глубоководных частях бассейна позволяет предполагать наличие стагнационных обстановок.

Активноводные условия фиксируются в наиболее мелководных фациях биллингенского горизонта северо-запада Эстонии. Можно предполагать определяющее значение приливно-отливных течений и крупных штормов в формировании волховско-азериских отложений.

5.2 Модели седиментации

Темпеститовая модель. В качестве основной модели формирования рассматриваемых отложений А.В. Дронов (1998) предлагает темпеститовую модель, обосновывая ее "флишеподобным" характером отдельных интервалов разреза, выдержанностью известняковых пластов вдоль глинта, а также наличием небольших каналов, заполненных более грубым материалом, ориентированных параллельно береговой линии. В качестве контраргументов этой модели можно рассматривать отсутствие волновой эрозии, бугорчатой слоистости и знаков ряби.

Признаки приливно-отливного режима седиментации. В узких морских бассейнах эстуариевого типа обычно действуют сильные течения, как правило, направленные вдоль длинной оси бассейна (Рейнек, Сингх, 1981). Для таких бассейнов характерно сильное воздействие на донные осадки приливно-отливных течений в совокупности с экстремальными штормами. Для приливно-отливных отложений характерно значительное количество эрозионных несогласий, плотно заселенных организмами и биотурбированных. Существование приливно-отливного режима подтверждается морфологией бассейна и, прежде всего, его связью с открытым океаном. Косвенным признаком может служить наличие косоугольной слоистости типа "рыбьей кости" в породах тосненской свиты (нижний ордовик).

5.3 Обстановки осадконакопления

Рассматриваемый мелководный бассейн представлял собой гомоклинальный рамп (Методика событийной..., 1998) с низкой продукцией CaCO_3 , осуществлявшейся главным образом водорослями, иглокожими и трилобитами. Тот факт, что данный бассейн был связан с более глубоководным бассейном, создает предпосылки для развития в нем среднеамплитудных приливов. Приливно-отливные течения обладали относительно низкой транспортирующей способностью, но, подобно современным Багамским островам (Лидер, 1986), могли локально создавать обстановки ненакопления, сопровождавшиеся цементацией карбоната и развитием ТД. В затишные моменты происходило формирование осадка, он биотурбировался, что инициировало развитие ТД и МД. В прибрежных районах (где осадков было больше) происходило образование глауконита, фосфатизация и инкрустация погребенных ТД. При длительной экспозиции полулитифицированного глинистого осадка в нем начинался рост гетит-гидрогетитовых микроконкреций. В целом, для рассматриваемого интервала можно выделить 4 этапа развития бассейна (Рис. 4):

Биллингенское время. Для биллингенского времени характерны обстановки медленной седиментации, с незначительным привнесом слюдистого материала и кварца алевро-песчаной размерности. Поступление карбонатного материала было незначительно.

Волховское время. Начало трансгрессивного этапа с карбонатным осадконакоплением на рампе соответствовало наименьшим значениям скорости седиментации. Эти породы формировались в условиях мелководья, на уровне базиса волнового воздействия. Моменты накопления осадка чередовались с остановками седиментации, причем последние явно преобладали. Верхняя половина "желтяков" и "фризы" отражают более глубоководные обстановки с инситным составом фауны, представленным преимущественно иглокожими и остракодами.

Началу **кундаского времени** соответствует низкое стояние уровня моря (отложения силлаорусской свиты), сопровождавшееся длительной субаквальной экспозицией осадка. Подобная обстановка повторяется в синявинское время. Отложения основания обуховской свиты формировались в условиях стабилизации бассейна. Средняя часть свиты отражает спокойные, относительно глубоководные условия на стадии медленной трансгрессии моря. Основание симанковской свиты соответствует мелководным пелагическим обстановкам седиментации с привнесом преимущественно глинистого материала и немногочисленным инситным биокластовым материалом.

Азериское время. В начале азериского времени произошла продолжительная остановка трансгрессии, сопровождавшаяся ненакоплением и формированием регионального ТД. Каолинитовые фации занимают юго-запад Эстонии, но максимум содержания каолинита в области российской приглинтовой области смещается на запад. Это может быть связано как с изменением контура береговой линии и удалением источника сноса, так и сменой источника сноса и активизацией в позднекундаское (?) время готландского поднятия (Мянниль, 1966), фиксируемого по появлению в разрезах северо-западной части Северо-Эстонского глинта терригенного материала песчаной-тонкопесчаной размерности.

5.4 Кривая колебания уровня моря

Для изученного интервала характерно доминирование трансгрессивных условий. Началу трансгрессии предшествовало значительное понижение уровня моря в начале варангуского времени, выраженное в виде регионального несогласия (Дронов, 2000). В конце биллингенского времени трансгрессия замедляется. Терригенная седиментация сменяется карбонатной, происходит формирование терригенно-карбонатных и карбонатных отложений пийтейской пачки. На рубеже биллингенского и волховского времени происходит приостановка трансгрессии. Этому уровню соответствует очень высоко зрелое региональное ТД ("стекло"). Затем происходит незначительное увеличение глубины бассейна, выраженное в формировании трансгрессивной поверхности в основании "желтяков". На фациальном профиле на этом уровне мы видим смену фаций, отражающих смену ограниченно-морских обстановок на открыто-морские. Такую же смену фаций можно наблюдать на рубеже

волховского и кундаского времени, чему соответствует зрелое ТД. В этом случае эпизод углубления бассейна может быть прослежен как в наиболее глубоководной (Ладожский глинт), так и в мелководной (северо-запад Эстонии) частях бассейна. Началу кундаского времени отвечают обстановки низкого стояния уровня моря. На Ладожском глинте существовали открыто-морские условия, а на северо-западе Эстонии сменяясь мелководными приливно-отливными обстановками. В позднекундаское время продолжается плавная трансгрессия. Для Ладожского глинта характерны обстановки среднего-внешнего рампа. В начале азериского этапа происходит общее падение уровня моря. Наблюдается закономерная смена последовательности фаций от более глубоководных в области Ладожского глинта, к мелководным на северо-западе Эстонии. На Ладожском глинте в этом интервале доминируют условия внешнего рампа, в области Балтийского глинта – обстановки среднего рампа. В восточной Эстонии в начале азериского времени доминировали обстановки отмелей и банок внутреннего рампа, в окрестностях Таллинна и западнее сменяясь более мелководными приливно-отливными фациями.

Заключение

В результате комплексного детального литолого-стратиграфического изучения конденсированных отложений нижнего-среднего ордовика северо-запада Русской плиты выявлено 4 этапа развития бассейна на северо-западе Русской плиты. Предложена новая схема типизации стратиграфических перерывов, включающая синседиментационные и диагенетические перерывы. Впервые произведена оценка их гиаусов. Выявлены закономерности распределения различных типов перерывов как в разрезе, так и на площади, установлена фациальная зональность для региональных ТД. Рассмотрены возможные механизмы формирования различных перерывов, предложена новая приливно-отливная модель их формирования, отличная от существовавших ранее. Произведена оценка корреляционного потенциала ряда стратиграфических уровней, установлено, что граница на рубеже волховского и кундаского горизонтов наиболее пригодна для межрегиональной корреляции. Выявлены основные закономерности формирования ниже-среднеордовикских отложений северо-запада Русской плиты. Предложена альтернативная модель их формирования. Установлено преобладание волновых (приливно-отливных) процессов над штормовыми.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

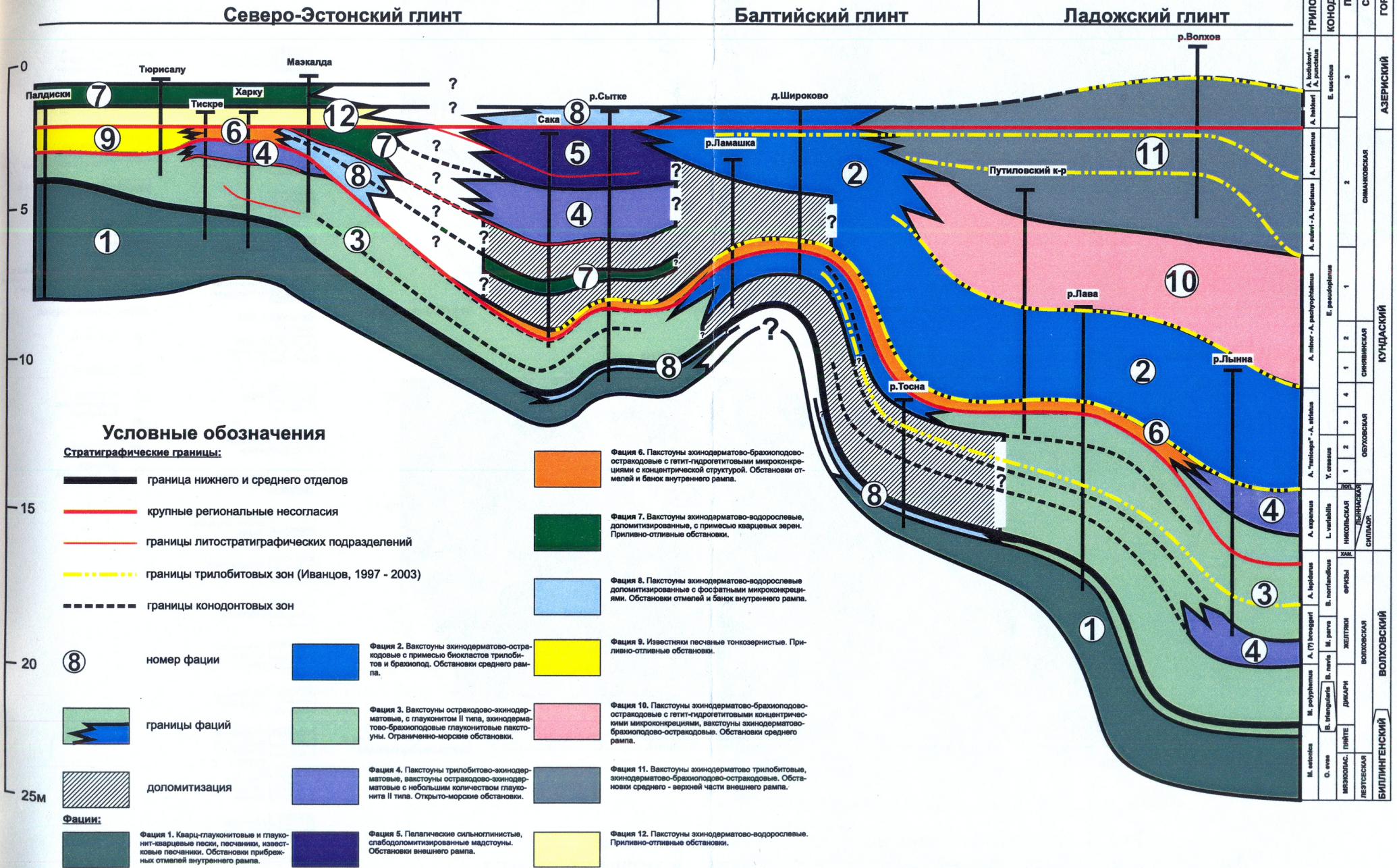
Статьи:

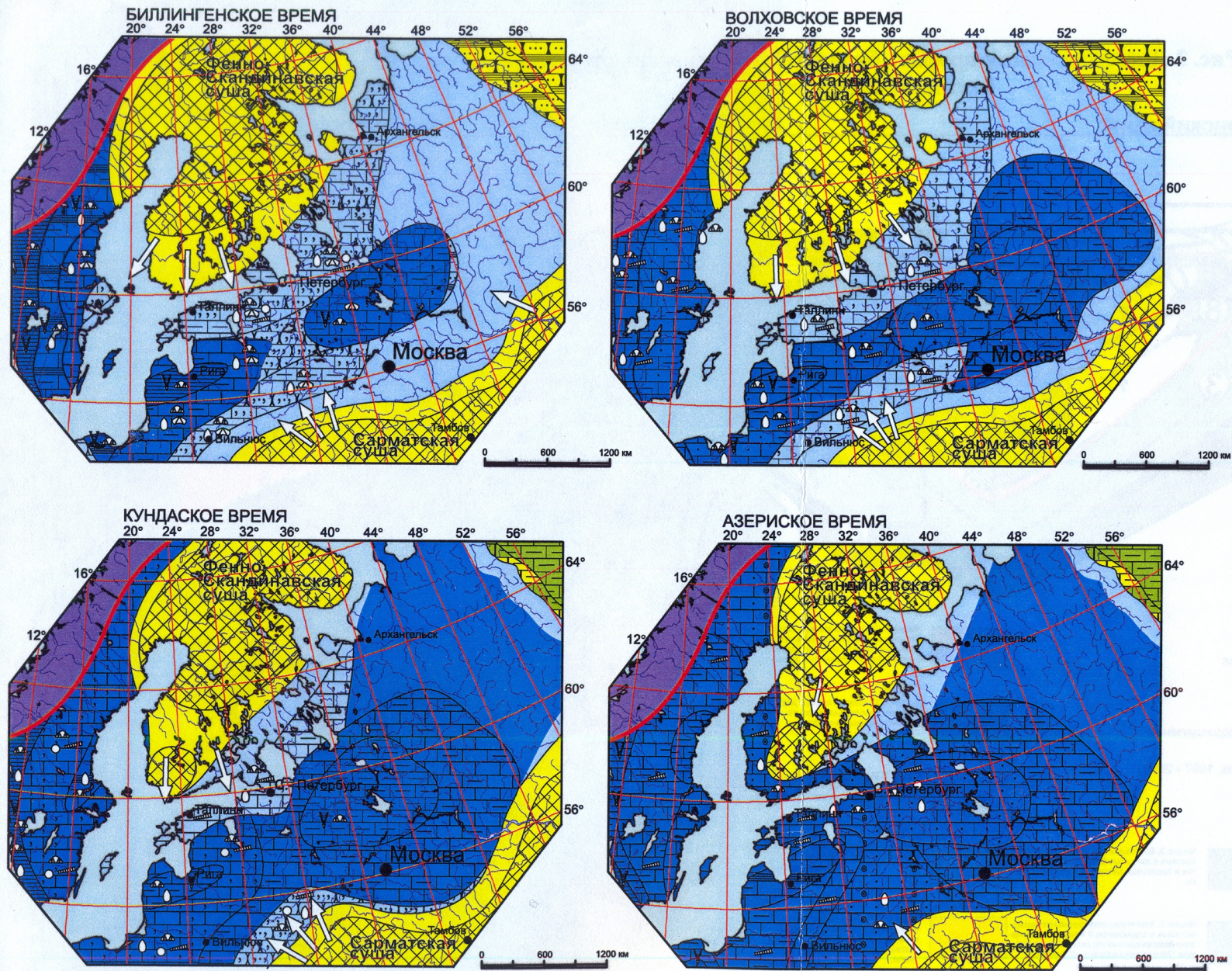
1. **Зайцев А.В.**, Барабошкин Е.Ю. Особенности формирования отложений волховского горизонта (нижний ордовик) разреза р. Лава (Ленинградская область) // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. № 2. – 2000. – С. 37 – 42.
 2. **Зайцев А.В.**, Барабошкин Е.Ю. Стратиграфические перерывы в латорпско – кундаских отложениях (нижний-средний ордовик) центральной и восточной частей Балтийско-Ладожского глинта // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. № 3. – 2006. – С. 12 – 32.
 3. **Зайцев А.В.**, Косоруков В.Л. Конденсированные карбонатные отложения нижнего-среднего ордовика северо-запада Русской плиты: характеристика глинистой составляющей // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. № 1. – 2008. – С. 39 – 49.
 4. Лубнина Н.В., **Зайцев А.В.**, Павлов В.Э. Магнитостратиграфия раннего-среднего ордовика Ленинградской области // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. № 2. – 2005. – С. 3 – 11.
 5. Лубнина Н.В., **Зайцев А.В.**, Павлов В.Э. Новые данные о положении палеомагнитного полюса Восточно-Европейского континента в ордовике // Докл. РАН. – 2005. – Т. 401. – № 1. – С. 89 – 94.
- ### Тезисы:
6. **Зайцев А.В.** Условия осадконакопления в северо-западной части Балтийского палеобассейна на рубеже нижнего и среднего ордовика (аренигский и лланвирнский ярусы) // Материалы Всероссийской научной конференции "Геология, Геохимия и Геофизика на рубеже XX и XXI веков", 8 – 10 октября 2002 года. Т. 1 Тектоника, стратиграфия, литология. – М.: ООО "СВЯЗЬ-ПРИНТ", 2002. – С. 142 – 143.
 7. **Зайцев А.В.** Диагенез и эпигенез в ранне-среднеордовикских карбонатных отложениях (аренигский и лланвирнский ярусы) северо-запада Русской плиты // Материалы X международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов", 15 – 18 апреля 2003 года. – М., 2003. – С. 105.
 8. **Зайцев А.В.**, Барабошкин Е.Ю. Роль перерывов в формировании латорпско-кундаских отложений (нижний – средний ордовик) центральной и восточной частей Ладожского глинта // Современные вопросы геологии: Материалы молодежной конференции 3-е Яншинские чтения, 26-28 марта 2003 года: Сб. науч. трудов. – М., 2003. – С. 210 – 213.
 9. **Зайцев А.В.**, Барабошкин Е.Ю. Седиментационные стратиграфические перерывы в пограничных отложениях нижнего и среднего ордовика северо-запада Русской плиты // Осадочные процессы: седиментогенез, литогенез, рудогенез (эволюция, типизация,

диагностика, моделирование): Материалы 4-го Всероссийского литологического совещания, (Москва, 7 – 9 ноября 2006 г.). Т. 1. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 80 – 82.

10. **Зайцев А.В.**, Барабошкин Е.Ю., Косоруков В.Л. Условия формирования латорпско-кундаских отложений (нижний-средний ордовик) центральной части Ладожского глинта // Современные вопросы геологии: Материалы молодежной конференции 2-е Яншинские чтения, 27-29 марта 2002 года: Сб. науч. трудов. – М., 2002. – С. 282 – 285.
11. Лубнина Н.В., **Зайцев А.В.**, Павлов В.Э. Предварительные результаты палеомагнитных исследований ордовикских комплексов Ленинградской области: Располагалась ли Восточно-Европейская платформа 465 млн. лет назад гораздо ближе к экватору, чем предполагалось ранее? // Современные вопросы геологии: Материалы молодежной конференции 3-е Яншинские чтения, 26-28 марта 2003 года: Сб. науч. трудов. – М., 2003. – С. 89 – 92.
12. **Zaitsev A.V.**, Baraboshkin E.J., Kosorukov V.L. Sedimentary conditions of Latorpian – Kundan Stages (Lower – Middle Ordovician) of the central part of Ladoga Klint (NW Russian platform) // The 5th Baltic Stratigraphical Conference: Basin Stratigraphy – modern methods and problems, September 22 – 27, 2002, Vilnius, Lithuania: Extended Abstracts / Baltic Stratigraphical Association et al.; Edited by Jonas Satkunas and Jurga Lzauskiene. – Vilnius, 2002. – P. 227 – 229.
13. Lubnina N., **Zaitsev A.** Paleomagnetic investigations of the Early-Middle Ordovician limestones of St. Petersburg area // WOGOGOB-2004 Conference materials / Edited by O. Hints & L. Ainsaar. – Tartu, 2004. – P. 59 – 60.

Рис. 3 Литофациальный профиль биллингенско-азерских отложений вдоль Балтийско-Ладожского глинта





Условные обозначения к литолого-палеогеографическим схемам

- границы крупных тектонических элементов
 - границы крупных литофациальных зон (по Мянник, 1968; Laikova, 2000)
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Скандинавские каледониды Палеогеографические обстановки: Континентальные Прибрежно-континентальные Лагунные Мелководные Относительно глубоководные Литологические краппы: Области денудации Глины Алевритоглинистые породы Алювиальные отложения Терригенные песчано-глинистые породы Кварц-глаукоцитовые песчаники Известняки Известняки с гетитовыми ооксидами Известняки с глауконитом Известняки с гетитовыми и фосфатными ооксидами Глинистые известняки, мергели Глинистые известняки Известняки, глинистые известняки | <ul style="list-style-type: none"> Глинистые известняки с глауконитом Глинистые известняки с песчаной примесью Глинистые известняки с гетитовыми ооксидами Глинистые известняки с прослоями глин Битупровадения Чередование глинистых известняков с глауконитом и кварц-глаукоцитовых песчаников Места находок фауны: Граптолитов Трилобитов Брахиопод: а - беззамковых; б - замковых Головоногих Цистодей Echinospaerites |
|---|--|

Рис. 4 Литолого-палеогеографические схемы северо-запада Русской плиты для биллингенского, волховского, кундаского и азерского времени

Подписано в печать 22.09.09
Формат 60x88 1/16. Объем 1 п.л.
Тираж 120 экз. Заказ № 841
Отпечатано в ООО «Соцветие красок»
119991 г. Москва, Ленинские горы, д.1
Главное здание МГУ, к. А-102