

УДК 551.733

ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ГРАНИЦ НОВОГО МЕЖДУНАРОДНОГО ЯРУСНОГО СТАНДАРТА ОРДОВИКА

Н.В. Сенников¹, Т.Ю. Толмачева²

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 25.05.12

Показана ведущая роль зональных подразделений в практике выбора лимитотипов (Глобальный стратотипический разрез и точка — GSSP, или ГСРТ) ярусов международной и общей шкалы ордовикской системы. Приведены сведения о хроностратиграфическом положении нижних границ ярусов в новом стандарте ордовика, проанализирована последовательность зональных подразделений по граптолитам и конодонтам. Рассмотрены потенциальные корреляционные возможности литологических, событийных и изотопных данных по ордовикским лимитотипам.

Ключевые слова: стратиграфия, границы ярусов, зональные шкалы, GSSP, ордовикская система.

Проблемы геохронологии этапов развития осадочной оболочки Земли и вопросы иерархического деления фанерозойской стратиграфической последовательности на системы, отделы, ярусы и зоны относятся к числу фундаментальных научных разработок в геологии (Соколов, 2011а, б).

Био- и литостратиграфическое обоснование границ ярусных подразделений отдельных фанерозойских систем Международной стратиграфической шкалы (МСШ) в региональных стратиграфических последовательностях крупнейших геологических регионов мира является одной из самых дискуссионных тем в стратиграфии. Особенно актуальна эта тематика для систем, в ярусной структуре и номенклатуре которых в последние годы произошли коренные перестройки. Среди палеозойских подразделений к таким системам относятся кембрийская, ордовикская и пермская. Ордовик МСШ является системой, подвергшейся в последние годы наиболее радикальной трансформации — изменены объемы отделов, наименования почти всех ярусов и их общее число (Ogg et al., 2008).

Корреляция региональных (горизонт, или регион-ярус) и местных (серия, свита, толща и др.) стратотипов с подразделениями МСШ проводится с использованием различных методов — биостратиграфии, литостратиграфии, событийной стратиграфии, секвентной стратиграфии, хемостратиграфии и т.д. Нередко всем таким методам придается «равнозначный вес» при оценке точности глобальной корреляции, что, по мнению Б.С. Соколова, методологиче-

ски не правильно: «В действительности, существует ... множество методов региональной стратиграфической корреляции, из которых только исторические пригодны для глобальной стратиграфии. В фанерозое это зональный биостратиграфический метод...» (Соколов, 2011а, с. 1340).

Следует напомнить, что в последние 40 лет совершенствование МСШ идет по пути выбора стратотипов нижних границ (лимитотипов) ярусов (Stage) и отделов (Series) систем с фиксацией хроностратиграфического положения нижней границы подразделения в определенной точке выбранного разреза, как правило, в основании какой-либо биостратиграфической зоны по ортостратиграфической группе фауны. Так выбираются стратотипы (глобальный стратотипический разрез и точка — ГСРТ; Global Stratotype Section and Point — GSSP) для нижних границ ярусных подразделений, отделов и систем.

В одной из своих недавних работ Б.С. Соколов в очередной раз подчеркнул важнейшую роль таких стратотипов в глобальной геохронологии: «... “золотой гвоздь” границы не абсолютен, но он определяет основание типового стратона, как реперный уровень отдаленной стратиграфической корреляции с максимально допустимым приближением к относительной точности. Критерием этой точности является биозона, содержащая таксон-индекс и сопутствующие ему ассоциации других палеонтологических остатков, принимающая на себя коррелятивную биостратиграфическую функцию. Биостратиграфическая зона — это не только биохронологический уровень, а весь объем соответствующей части страто-

на, заключающий палеонтологическую информацию, физически — это литологическая последовательность, секвенция того или иного порядка» (Соколов, 2011б, с. 9).

**Решения подкомиссии
по ордовикской стратиграфии
Международной стратиграфической комиссии**

Употреблявшаяся более 100 лет в качестве наиболее распространенного, традиционного хронологического стандарта «британская» эталонная ярусная последовательность ордовикской системы понималась как этапность в формировании отдельного бассейна седиментации и стадийность в развитии существовавших в ней палеобиот. В конце прошлого века началось современное переизучение типовых разрезов британских ярусных подразделений ордовикской системы (Fortey et al., 1991, 1995). Английские специалисты пришли к единодушному мнению о полном возрастном тождестве лландейло и нижнего карадока. Именно это решение впервые четко обозначило значительные недостатки в структуре ярусных подразделений ордовикской системы, основанных на английских эталонных разрезах. Специализированные исследования в рамках работы подкомиссии по ордовикской стратиграфии Международной комиссии по стратиграфии (МКС) показали недостатки в палеонтологическом обосновании хроностратиграфического положения границ ярусов британской шкалы — соседствующие ярусы в своих объемах имели значительные «перекрытия» либо «перерывы» (Fortey et al., 1991, 1995, 2000). Ордовикская подкомиссия МКС приняла решение о начале работ по комплексному изучению наиболее представительных разрезов ордовика на различных континентах, их всесторонней биостратиграфической обработке, последующем широком международном обсуждении и коллегиальном принятии нового глобального ярусного стандарта ордовика МСШ (Webby, 1998).

Работа по созданию новой версии стандарта ордовикской системы полностью «отошла» от приоритета британских эталонов, пошатнув в какой-то степени и геостратиграфический принцип. Ордовикская подкомиссия МКС (Mitchell et al., 1997) формально уже на первом этапе своей работы, проанализировав мировой опыт изучения закономерностей ордовикской седиментации и потенциальные глобальные корреляционные возможности отдельных граптолитовых и конодонтовых зональных уровней, таких как *Tetragraptus approximatus*, *Undulograptus austrodentatus*, *Nemagraptus gracilis*, *Iapetognatus*, *Tripodus laevis* (позднее замененный на *Baltoniodus triangularis*) и др., создала и предложила для обсуждения и реализации «проект» новой шкалы ордовикской системы из трех отделов (Global series) с делением каждого из них на два яруса (Global stage). Выбор ГСРТ для ярусов и отделов ордовика проходил на «конкурсной» основе.

В качестве разрезов-кандидатов в ГСРТ для каждой из границ предлагалось несколько разрезов, располагавшихся на различных континентах. Так, например, для нижней границы верхнего отдела системы были предложены четыре кандидата на роль ГСРТ: 1) Фогельсонг (Fagelsang) в Швеции, 2) Калера (Calegra) в США, 3) Даваньгу в Китае (Dawangou), 4) Пинлан (Pinglang) в Китае (Bergström et al., 1999; Finney et al., 1999). Ратифицированные решения МКС по принятию ГСРТ границ нового ярусного стандарта ордовика публиковались в 1997—2007 гг. в журнале “Episodes” — официальном издании Международного союза геологических наук.

На первоначальном этапе создания новой версии ярусного стандарта ордовика членами Ордовикской подкомиссии МКС экспертно предполагалось, что такая, представляющая чисто формальной, запроектированная последовательность из шести подразделений, сгруппированных по два в три крупных этапа, по своей сути является реальным отражением определенных глобальных закономерностей эволюции различных ордовикских бассейнов седиментации. Их глобальный характер в настоящее время документально подтверждается седиментологическими материалами с различных континентов, убедительно показывающими закономерные тренды крупнейших колебаний уровня моря в ордовикском периоде. Выделяется шесть последовательно сменяющих друг друга интервалов: 1) раннетремадокский высокого стояния (highstand), 2) позднетремадокский—раннеаренигский низкого стояния (lowstand), 3) среднеаренигский высокого стояния, 4) позднеаренигский—раннеелланвирнский низкого стояния, 5) позднелланвирнский—карадокский высокого стояния, 6) ашгильский низкого стояния (Nielsen, 2003; Ogg et al., 2008). На заключительной стадии создания новой версии ярусного стандарта системы подкомиссия, получив дополнительные материалы, отвергла свое ранее сделанное предложение («внесла коррективы в проект») и вместо двух верхнеордовикских ярусов, которые должны были отражать два возможных глобальных этапа развития мировых ордовикских бассейнов, в верхнем ордовике было предложено выделять три яруса. Это позволило ввести терминальный ордовикский британский региоярус хирнант в качестве самостоятельного яруса МСШ. В целом возросла номенклатурная «преемственность» от ранее используемой британской шкалы. Ордовикская система в МСШ в настоящее время в своем хроностратиграфическом объеме снизу и сверху ограничена двумя — тремадокским и хирнантским — стратиграфическими подразделениями.

Первым ордовикским лимитотипом был выбран ГСРТ нижней границы четвертого ярусного подразделения новой ордовикской шкалы — разрез Хуаннитан (Huangnitang) в Китае с зональным граптолитовым видом-маркером *Undulograptus austrodentatus* (Harris et Keble) (Chen, Bergström, 1995; Chen et al., 2006b; Mitchell et al., 1997). Несмотря на то что

в разрезе Хуаннитан выбранная граница отвечала по дошве регионального китайского яруса Дзезян (Zhejiangian), это ярусное подразделение, первое из ярусов нового стандарта ордовика, было названо (после соответствующего рассмотрения и утверждения) дарривилским по австралийскому региональному стратону (Mitchell et al., 1997). Отметим, что выбор ГСРТ ярусного подразделения нового стандарта ордовикской системы в определенном разрезе, вскрывающем какой-то местный стратон, никаким образом не «закреплял» название такого стратона как собственное название рассматриваемого яруса. Такая практика существовала и существует и при работах по совершенствованию структуры других систем фанерозоя МСШ, когда уже выделенные многие годы назад ярусы в какой-то одной стране «получают» лимитотипы в совершенно других регионах и странах. Но в случае с ордовикской подкомиссией лимитотипы большинства «новых» ярусов принимались до утверждения названия ярусного подразделения, а ярусы были «безымянно-номерными» — второй ярус, третий ярус и т.д. Но был и другой прецедент — сначала было принято название для нового среднего яруса верхнего ордовика — катийский (Bergström et al., 2006), а затем был выбран его лимитотип (Goldman et al., 2007).

В настоящее время дарривилское подразделение кроме ярусного наименования в ордовикском стандарте МСШ используется как региональное хроностратиграфическое подразделение (Regional Subdivision — региоярус) (= «горизонт» в терминах Стратиграфического кодекса России, 2006) в Австралии и Китае (Bergström et al., 2008; Ogg et al., 2008).

В 2000 г. (Bergström et al., 2000) в разрезе Фогельсонг (Fagelsang) в Швеции был предложен лимитотип верхнего отдела ордовика и соответственно GSSP нижней границы первого верхнеордовикского яруса, получившего позднее наименование по близлежащему населенному пункту — сандбий (Bergström et al., 2006).

Далее был установлен (Cooper et al., 2001) лимитотип первого яруса ордовика (и соответственно самой системы) в разрезе Грин Поинт (Green Point) в Канаде с зональным конодонтовым видом-маркером *Iapetognathus fluctivagus* (Cooper et al., 2001). Появление указанного таксона конодонтов установлено в стратотипическом разрезе несколько ниже уровня находок первых планктонных граптолитов. Несмотря на это, для соблюдения преемственности в понимании стратиграфического положения нижней границы системы (ранее нижняя граница ордовика маркировалась основанием граптолитовой зоны *Rhabdinopora flabelliformis*) было решено закрепить за первым ярусом ордовика новой версии МСШ традиционное название — тремадок, как английское региональное подразделение, в основании которого известны находки граптолитов *R. flabelliformis* (Eichwald). В настоящее время кроме ярусно-

го наименования в ордовикском стандарте МСШ тремадок используется как региоярус (Regiostage Tremadocian) в Великобритании, Китае, Средиземноморье и в Северной Гондване (Bergström et al., 2008; Ogg et al., 2008).

Затем в разрезе Диабаз Броттет (Diabassbrottet) в Швеции был выбран лимитотип второго яруса ордовика (верхнего яруса нижнего его отдела) с зональным граптолитовым видом-маркером *Tetragraptus approximatus* (Hall) (Bergström et al., 2004). Позднее это подразделение получило наименование флоско-

Международная стратиграфическая шкала, 2008 г.			Местонахождение лимитотипов (ГСРТ) и виды-индексы граптолитов (Гр) и конодонтов (К) маркеров-границ
Система	Отдел	Ярус	
ОРДОВИКСКАЯ	Верхний	Хирнантский	Разрез Ванджаван Нос (Китай) ↓ <i>Normalograptus extraordinarius</i> (Гр)
		Катийский	Разрез Блэк Ноб (США) ↓ <i>Diplacanthograptus caudatus</i> (Гр)
		Сандбийский	Разрез Фогельсонг (Швеция) ↓ <i>Nemagraptus gracilis</i> (Гр)
	Средний	Дарривильский	Разрез Хуаннитан (юго-восточный Китай) ↓ <i>Undulograptus austrodentatus</i> (Гр)
		Дапинский	Разрез Хуанхуачан (южный Китай) ↓ <i>Baltoniodus triangularis</i> (К)
	Нижний	Флоский	Разрез Диабазброттет (Швеция) ↓ <i>Tetragraptus approximatus</i> (Гр)
		Тремадокский	Разрез Грин Поинт (западный Ньюфаундленд) ↓ <i>Iapetognathus fluctivagus</i> (К)

Рис. 1. Новая международная стратиграфическая шкала ордовика с информацией по лимитотипам (глобальный стратотипический разрез и точка — ГСРТ) ярусов и наименованиями видов-индексов маркеров границ

го яруса, по деревне, в 5 км от которой располагается стратотипический разрез Диабаз Броттет (Bergström et al., 2004, 2006). В настоящее время флоское подразделение кроме ярусного наименования в ордовикском стандарте МСШ используется как флоский региоярус (Regiostage Floian) в Китае (Bergström et al., 2008; Ogg et al., 2008).

В 2005 г. (Wang et al., 2005) в разрезе Хуанхучан (Huanghuachang) в Китае был предложен лимитотип среднего отдела ордовика и соответственно первого среднеордовикского яруса, получившего наименование дапинский по названию деревни, расположенной в 5 км от типового разреза. В настоящее время дапинское подразделение кроме ярусного наименования в ордовикском стандарте МСШ используется как дапинский региональный ярус (Regiostage Dapingian) в Китае (Bergström et al., 2008; Ogg et al., 2008).

В 2006 г. было принято решение использовать в качестве самого молодого яруса ордовика широко известное британское региональное подразделение хирнантий. В разрезе Ванживан Нос (Wangjiawan North) в Китае был выбран его лимитотип (Chen et al., 2006a). Кроме ярусного наименования в ордовикском стандарте МСШ хирнантское подразделение используется как региоярус (Regiostage Hirnantian) в Великобритании, Китае, Средиземноморье и в Северной Гондване (Ogg et al., 2008; Bergström et al., 2008).

Последним был выбран лимитотип катийского яруса верхнего ордовика в разрезе Блэк Ноб Ридж (Black Knob Ridge) в США (Bergström et al., 2006; Goldman et al., 2007). Наименование «катийский ярус» соответствует названию осушенного озера, ранее располагавшегося вблизи этого разреза.

В 2008 г. работы по расчленению ордовика МСШ на отделы и ярусы с фиксацией положения их нижних границ по первому появлению (First appearance data — FAD) видов-индексов зон (видов-маркеров границ) в ГСРТ были полностью завершены (Bergström et al., 1999, 2004, 2006, 2008; Ogg et al., 2008) (рис. 1). В последние годы осуществлялась адаптация принятых в различных странах ордовикских ярусных подразделений к этому новому ярусному стандарту МСШ. В том числе такая работа была проведена и для Общей стратиграфической шкалы России (Сенников, Толмачева, 2012).

Роль зональных подразделений в ярусном и подъярусном расчленении ордовика МСШ

Вопросы методики проводимых членами ордовикской подкомиссии МКС коренных «перестроек» и других мер по совершенствованию ярусного деления ордовикской системы постоянно находились и находятся среди широко обсуждаемых стратиграфических проблем в нашей стране (Елкин, 2006; Каныгин, 2011; Каныгин и др., 2007; Корень, 2002, 2009; Сенников и др., 2010).

Нижние границы применяемых ранее подразделений «британской» последовательности ярусов ордовика (арениг, лланвирн, карадок, ашгилл) коррелировались (маркировались) с основаниями граптолитовых зон британского граптолитового стандарта — соответственно с основаниями зон *Tetragraptus approximatus*, *Didymograptus artus*, *Nemagraptus gracilis* и *Dicellograptus complanatus*. Следует обратить на это особое внимание, так как нередко в русскоязычной литературе фигурирует мнение, что используемая в России для корреляционных процедур ордовикская британская ярусная последовательность реально соответствовала естественным историко-геологическим этапам развития геологического региона — одного конкретного «стратотипического» палеобассейна. Однако это не совсем так, и на этом нюансе более 35 лет назад акцентировал внимание Б.С. Соколов, организатор и первый председатель Ордовикско-силурийской комиссии Межведомственного стратиграфического комитета СССР: «...достижение необходимого соответствия зональных и ярусных подразделений оказалось делом достаточно трудным», «...несовпадение границ стандартных граптолитовых зон типовых британских разрезов с границами стандартных ярусов (а они часто разделены и географически, и структурно) следует принять как реальность» и «...в стандартной шкале, как эталоне корреляционной сверки, мы должны отдать предпочтение границам либо зон, либо ярусов, либо отделов, либо систем. В случае с ордовикской и силурийской системами в качестве основной стратиграфической единицы, контролирующей корреляционную практику, мы приняли граптолитовую зону британской шкалы и, таким образом, предпочтение **отдали зонам**» (Постановления, 1976, с. 21) (*выделено авторами наст. статьи*). Таким образом, хроностратиграфия ордовика в нашей стране базировалась, по своей сути, на британских граптолитовых зонах, а не на ярусах. При использовании в России в стратиграфических работах наименований «стандартной» ярусной британской шкалы ордовика практически все процедуры внутри региональной и особенно межрегиональной и тем более глобальной корреляции, последовательно от местных (свит, толщ) до региональных (горизонтов) стратоноров базировались на данных по зональной граптолитовой шкале Великобритании. Сведения по литологии стратотипических разрезов британских ярусов и по распространению в них бентосных групп фауны применялись, как правило, только в качестве дополнительной информации, т.е. геосторический критерий оценки британских ярусов как естественных геологических этапов, скорее, провозглашался, чем реально использовался.

В современной версии ярусного стандарта ордовика МСШ хроностратиграфическое положение нижних границ двух ярусов установлено в основании конодонтовых зон — нижняя граница тремадока в основании зоны *Iapetognathus fluctivagus* и нижняя граница дапинского яруса в основании зоны *Baltonio-*

dus triangularis. Положение нижних границ флоского и сандбийского ярусов определено в подошвах ранее широко известных и часто выделяемых граптолитовых зон (соответственно *T. approximatus* и *N. gracilis*) «британского» ярусного стандарта, что сохраняет возможность преемственности в распознавании положения этих двух границ в ранее хорошо изученных геологических регионах. Нижние же границы дарривилского и катийского ярусов выбраны в основании граптолитовых зон, соответственно *Undulograptus austrodentatus* и *Diplocanthograptus caudatus*.

Лимитотипы новых ярусных подразделений ордовика МСШ расположены на разных континентах в различных геологических регионах Канады, Швеции, Китая, США и обоснованы первым появлением вида-маркера по одной из двух ортостратиграфических групп фауны — по граптолитам или конодонтам (рис. 1). Современная хроностратиграфическая шкала ордовика МСШ не несет на себе «печать» региональных специфических условий развития одного бассейна, как это было в случае с ранее применявшейся традиционной британской шкалой. Выделяемые в лимитотипах зональные граптолитовые и конодонтовые подразделения и их возрастные аналоги позволяют точно проследить положение нижних границ новых ярусных подразделений ордовика МСШ в бассейнах седиментации как с терригенным (Корень и др., 2006), так и карбонатным и кремнистым осадкообразованием (Сенников и др., 2011; Sennikov et al., 2008).

В случае невозможности выделения в каком-либо из регионов граптолитовых или конодонтовых зон (с зональными видами-маркерами нижних границ ярусов) задача определения положения как ярусных границ, так и продолжительности ярусов нового ордовикского стандарта может рассматриваться с позиций анализа положения границ «внутриярусных» (= ?подъярусных) подразделений. Такие выделенные для всех ярусов нового стандарта ордовика МСШ подразделения получили наименование «временные отрезки» (“Time Slices”) (Cooper, 1999; Ogg et al., 2008; Sadler, Cooper, 2004; Webby et al., 2004) (рис. 2). Продолжительность таких «подъярусных» «временных отрезков» была вычислена статистическим методом с применением компьютерной программы по более чем 200 разрезам мира (Арктическая Канада, Кордильеры, Средний Запад и Северо-Восток Северной Америки, Южная Америка, Великобритания, Испания, Германия, Скандинавия, Восточная Европа, Средняя и Центральная Азия, Сибирь, Китай, Австралия). Было проанализировано стратиграфическое распространение (и продолжительность существования) более чем 1100 таксонов граптолитов, трилобитов и конодонтов с учетом всех имеющихся достоверных радиометрических определений абсолютного возраста. Длительность выделенных «временных отрезков» составила от 1,6 до 3,0 млн лет (в среднем 2,5 млн лет) (Webby et al., 2004).

Международная стратиграфическая шкала			Временные отрезки (ВО) (Time Slice)	
Система	Отдел	Ярус	Индекс ВО	Маркеры нижних границ ВО (Гр) – граптолиты (К) – конодонты
				A. ascensus zone (Гр)
Ордовикская	Верхний	Хирнантский	Hi ₂	Конец хирнантского углеродного изотопного сдвига
			Hi ₁	<i>Normalograptus extraordinarius</i> zone (Гр)
		Катийский	Ka ₄	<i>Dicellograptus complanatus</i> zone (Гр)
			Ka ₃	<i>Amorph. ordovicicus</i> zone (К)
			Ka ₂	<i>Pleurogr. linearis</i> zone (Гр)
			Ka ₁	<i>Diplocanthograptus caudatus</i> zone (Гр)
		Сандбийский	Sa ₂	<i>Climacograptus bicornis</i> zone (Гр)
			Sa ₁	<i>Nemagraptus gracilis</i> zone (Гр)
	Средний	Дарривилский	Da ₃	<i>Pygodus serra</i> zone (К)
			Da ₂	<i>Didymograptus artus</i> zone (Гр)
			Da ₁	<i>Undulograptus austrodentatus</i> zone (Гр)
		Дапинский	Dp ₃	<i>Oncograptus</i> zone (Гр)
			Dp ₂	<i>Isograptus victoriae maximus</i> zone (Гр)
			Dp ₁	<i>Baltoniodus triangularis</i> zone (К)
	Нижний	Флоский	Fl ₃	<i>Didymograptus protobifidus</i> zone (Гр)
			Fl ₂	<i>Oepikodus evae</i> zone (К)
			Fl ₁	<i>Tetragraptus approximatus</i> zone (Гр)
		Тремадокский	Tr ₃	<i>Paroistodus proteus</i> zone (К)
Tr ₂			<i>Paltodus deltifer</i> zone (К)	
Tr ₁			<i>Iapetognathus fluctivaqus</i> zone (К)	

Рис. 2. Зональные маркеры «временных отрезков» ярусных подразделений ордовика МСШ (по Bergström et al., 2008)

Тремадокский ярус делится на три таких временных отрезка — «неформальных подъяруса», флоский — на три, дапинский — на три, дарривилский — на три, сандбийский — на два, катийский — на четыре, хирнантский — на два (Ogg et al., 2008). Без учета семи перечисленных выше нижних границ ярусов, отвечающих подошвам нижних «неформальных подъярусов», основания всех других «не-

Подстилающие и перекрывающие отложения в ГСРТ	Разрезы с ГСРТ ярусных подразделений	Граптолитовые зоны в ГСРТ (виды-индексы зон и маркеры границ)	Подзоны в ГСРТ
<i>Нижние части руддана</i>	Ванживан Нос (Wangjiawan North)	C. vesiculosus	
Хирнант		P. acuminatus	
		A. ascensus	
<i>Верхи катия</i>		N. persculptus	
		N. extraordinarius	
		P. pacificus	
<i>Граптолитовые зоны, отсутствующие в стратиграфически сопряженных ГСРТ – P. linearis, D. complanatus и D. ornatus</i>			
Катий	Блэк Ноб Ридж (Black Knob Ridge)	D. caudatus	
<i>Верхи сандбия</i>		C. bicornis	
<i>Граптолитовая зона «перекрытия» в стратиграфически сопряженных ГСРТ - D. foliaceus (= C. bicornis)</i>			
Сандбий	Фогельсонг (Fagelsang)	D. foliaceus (= D. multidentis)	
<i>Верхи дарривила</i>		N. gracilis	
		H. teretiusculus	
<i>Граптолитовые зоны «перекрытия» в стратиграфически сопряженных ГСРТ – H. teretiusculus и N. gracilis</i>			
<i>Низы сандбия</i>	Хуаннитан (Huangnitang)	N. gracilis	
Дарривил		“H. teretiusculus”	
		P. elegans	
		N. fasciculatus	
		A. ellesae	
		U. austrodentatus	U. sinicus
			A. zhejiangensis
<i>Датингиан</i>		E. clavus	
		I. caduceus imitatus	
<i>Верхи фло</i>		A. suecicus	
	C. deflexus		
<i>Граптолитовая зона «перекрытия» в стратиграфически сопряженных ГСРТ - A. suecicus</i>			
Датингиан	Хуанхуачан (Huanghuachang)	A. suecicus	верхняя подзона
<i>Верхи фло</i>		D. bifidus	нижняя подзона
<i>«Смежные» граптолитовые зоны в стратиграфически сопряженных ГСРТ – D. (A.) balticus и D. bifidus</i>			
Фло	Диабзброттет (Diabassbrottet)	D. (A.) balticus	
<i>Верхи тремадока с конодонтами без граптолитов</i>		T. phyllograptoides (с T. approximatus)	верхняя подзона
			нижняя подзона
<i>Граптолитовые зоны, отсутствующие в стратиграфически сопряженных ГСРТ – Rh. anglica, A. tenellus, A. victiriae и A. murrayi</i>			
Тремадок	Грин Поинт (Green Point)	A. matanensis	
<i>Верхи кембрия с конодонтами без граптолитов</i>		Rh. flabelliformis porabola	
		Rh. praeporabola (условно)	

Рис. 3. Граптолитовые зональные подразделения в ГСРТ ярусов ордовика МСШ

формальных подъярусных» подразделений маркированы нижними границами восьми граптолитовых и четырех конодонтовых зон (Bergström et al., 2008) (рис. 2). В ряде случаев (например, в хирнантском ярусе) «неформальные подъярусные» могут по своему

объему отвечать таким зонам. Кроме того, обобщенные сведения по зональному граптолитовому и конодонтовому расчленению ГСРТ ярусных границ ордовика (рис. 3, 4) показывают высокие потенциальные корреляционные возможности использования и других зональных подразделений.

Во всех разрезах с ГСРТ ордовикских ярусов присутствует не только какая-то одна из зональных групп с первым появлением вида-маркера границы, по которой и определяется положение последней. В таких разрезах выделяются также и подстилающие и перекрывающие зоны (суммарно от 2–3 до 5–10 зон) (рис. 3, 4). Часто такие группы встречаются попарно — граптолиты и конодонты, а в ряде разрезов с ГСРТ к ним «добавляются» хитинозои, трилобиты, брахиоподы. По таким группам выделяются зональные комплексы, обладающие дополнительными корреляционными возможностями, т.е. на разрезах с ГСРТ ордовикских ярусов можно в полной мере использовать принцип «передачи коррелятивной функции», выделенный Б.С. Соколовым (2011а). Такая «передача» может осуществляться как от одной ортостратиграфической пелагической группы (граптолиты) к другой (конодонты), так и к иным пелагическим и бентосным группам.

Зональные подразделения, литологические, событийные и изотопные данные в ГСРТ нового ярусного стандарта ордовика

Тремадокский ярус
нижнего отдела

Новое хроностратиграфическое положение нижней границы ордовикской системы и соответственно нижней границы тремадокского яруса МСШ обосновано конодонтами — первым появлением вида *Iapetognathus fluctivagus* на отметке 101,8 м в слое 23 в стратотипическом разрезе ГСРТ Грин Поинт (Green Point) в Канаде (Ньюфаундленд) (Cooper, Nowlan, 1999; Cooper et al., 2001).

Подстилающие и перекрывающие отложения в ГСРТ	Разрезы с ГСРТ ярусных подразделений	Граптолитовые зоны в ГСРТ (виды-индексы зон и маркеры границ)
<i>Нижние части рудана</i>	Ванживан Нос (Wangjiawan North)	?
Хирнант		<i>A. ordovicicus</i>
<i>Верхи катия</i>		
«Смежные» конодонтовые зоны в стратиграфически сопряженных ГСРТ – <i>A. superbus</i> и <i>A. ordovicicus</i>		
Катий	Блэк Ноб Ридж (Black Knob Ridge)	<i>A. superbus</i>
<i>Верхи сандбия</i>		<i>A. tvaerensis</i>
Конодонтовая зона «перекрытия» в стратиграфически сопряженных ГСРТ - <i>A. tvaerensis</i>		
Сандбий	Фогельсонг (Fagelsang)	<i>A. tvaerensis</i>
<i>Верхи дарривила</i>		<i>P. ancerinus</i>
		<i>P. serra</i>
«Смежные» конодонтовые зоны в стратиграфически сопряженных ГСРТ – <i>H. kristina</i> и <i>P. serra</i>		
Дарривил	Хуаннитан (Huangnitang)	<i>H. kristina</i>
<i>Дапингиан</i>		“ <i>H. holodontata</i> ”
		<i>Y. crassus</i>
<i>Верхи фло</i>		<i>P. originalis</i>
Конодонтовая зона «перекрытия» в стратиграфически сопряженных ГСРТ - <i>O. evae</i>		
Дапингиан	Хуанхуачан (Huanghuachang)	<i>B. navis</i>
<i>Верхи фло</i>		<i>M. flabellum</i> - <i>B. triangularis</i>
		<i>O. evae</i>
«Смежные» конодонтовые зоны в стратиграфически сопряженных ГСРТ – <i>P. elegans</i> и <i>O. communis</i> (<i>O. evae</i>)		
Фло	Диабаз Броттет (Diabassbrottet)	<i>P. elegans</i>
<i>Верхи тремадока</i>		<i>P. proteus</i>
		<i>P. deltifer</i>
«Смежные» конодонтовые зоны в стратиграфически сопряженных ГСРТ – <i>C. angulatus</i> и <i>P. deltifer</i>		
Тремадок	Грин Поинт (Green Point)	<i>C. angulatus</i>
<i>Верхи кембрия</i>		<i>I. fluctivagus</i>
		<i>C. intermedius</i>
		<i>C. proavus</i>

Рис. 4. Конодонтовые зональные подразделения в ГСРТ ярусов ордовика МСШ

Там эта граница проходит в разрезе свиты Грин Поинт, в низах пачки Брум Поинт (Broom Point Member). Пачка Брум Поинт подстилается пачкой Мартин Поинт (Martin Point Member), граница между которыми совпадает с подошвой слоя 23 на отметке разреза 101 м. Свита Грин Поинт представлена черными и зелеными аргиллитами с тонкими прослоями микритовых, нодулярных и слоистых известняков. В разрезе Грин Поинт выделяется непрерывная последовательность из четырех конодонтовых зон (рис. 4): *Cordylodus proavus*, *Cordylodus intermedius*, *Iapetognathus fluctivagus*, *Cordylodus angulatus*. Граница между первой и второй зонами расположена вблизи отметки 99 м в верхах слоя 22, а между третьей и четвертой зонами — на отметке 122 м в середине слоя 27. Первое появление *I. fluctivagus* зафиксировано ниже первого появления планктонных форм дендронидных граптолитов группы *Rhabdinopora flabelliformis* (106,3—106,4 м разреза в нижней части слоя 25), по которым ранее определялось основание ордовика в британской ярусной шкале и в ОСШ России. По граптолитам в разрезе Грин Поинт выделяются три зоны (рис. 3): *Rhabdinopora praerorabola*, *R. flabelliformis parabolata* и *Anisograptus matanensis* (Cooper et al., 2001). Граница между зонами *R. praerorabola* и *R. flabelliformis parabolata* расположена на 107,8—107,9 м разреза Грин Поинт в основании слоя 26, а граница между зонами *R. flabelliformis parabolata* и *A. matanensis* — на 118,2—118,3 м этого разреза в верхах слоя 26. Кроме конодонтов и граптолитов в этом разрезе известны такие группы, как акритархи, хитинозои, сколекодонты (Williams et al., 1997), брахиоподы и радиолярии (Barnes, 1988).

По изотопной кривой $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ в разрезе Грин Поинт отмечается постепенный положительный тренд с пиком на нижней границе конодонтовой зоны *I. fluctivagus* (Cooper et al., 2001).

В отношении данных об определении нижней границы ордовика по литологическим критериям, с использованием методов событийной стратиграфии, следует отметить следующее. Пограничному кембро-ордовикскому хроностратиграфическому уровню соответствует проявление глобального регрессивного события Асегосаре (ARE), выявленного на материалах карбонатных шельфов Северо-Американской и Китайской платформ и коррелируемого с основанием конодонтовой зоны *I. fluctivagus* и с основанием граптолитовой зоны *R. flabelliformis parabolata* (Erdtmann, Miller, 1981; Erdtmann, 1984, 1986). Событие ARE иногда рассматривается как сложное сдвоенное эвстатическое событие с локализацией максимумов проявления на нижних границах зон *Cordylodus lindstromi* и *I. fluctivagus* (Cooper et al., 2001). При реализации попыток распознавания нижней границы тремадока в конкретных разрезах с помощью методов событийной стратиграфии следует учитывать, что в тремадоке зафиксированы еще три (Сенников и др., 2010; Толмачева, 2000; Sennikov et al., 2011), а по некоторым данным, и более (Nielsen, 2003) глобальных ре-

грессивных события, локализуемых стратиграфически выше события ARE. Это регрессивное событие *Peltocare* (PRE) (Erdtmann, 1986), установленное в Балтийском палеобассейне и сопоставляемое с нижней границей граптолитовой зоны *Adelograptus tenellus*. Далее следует регрессивное событие *Kelly Creek* (KCE) (Nicoll et al., 1992), выделенное в Австралии и располагающееся ниже подошвы конодонтовой зоны *Paroistodus proteus*. Затем идет регрессивное событие *Ceratopyge* (CRE) (Erdtmann, 1986), зафиксированное на североамериканских материалах и относящееся к верхней части тремадока, с серединой граптолитовой зоны *Aganeograptus turgayi* и серединой конодонтовой зоны *Par. proteus*. Литологические проявления всех четырех перечисленных глобальных регрессивных тремадокских седиментационных событий обладают конвергентными признаками, что, безусловно, при недостаточности биостратиграфических данных не позволяет корректно, с достаточной степенью надежности использовать метод событийной стратиграфии для маркировки нижней границы ордовика.

Флоский ярус нижнего отдела

Стратиграфическое положение основания флоского яруса нижнего ордовика определено в Швеции в разрезе с ГСРТ Диабазброттет (*Diabassbrottet*) по первому появлению граптолитового вида-маркера *Tetragraptus approximatus* в нижнетойенских сланцах (*Lower Toyen Shale*), подстилающихся (через дайку долеритов — интервал 0,4—0,85 м) латорпскими известняками (*Latorp Ls.*) и свитой Бьеркасформен (*Bjorkasholmen Formation*) (Bergström et al., 2004; Malletz et al., 1996). Породы свиты Бьеркасформен ложатся с несогласием на кембрийские сланцы Алум (*Alum Shale*). Первое появление *T. approximatus* в разрезе Диабазброттет определено в 2,1 м выше границы несогласия с кембрием, непосредственно над слоем Е. По граптолитам здесь выделяются две граптолитовые зоны (рис. 3): *Tetragraptus phyllograptoides* (с нижней и верхней подзонами с границей между ними на уровне 3,9—4,0 м от несогласия с кембрием) и *Didymograptus (Acrograptus) balticus* с границей между зонами на уровне 4,7—4,8 м от несогласия с кембрием. Вид *T. phyllograptoides*, первое появление которого совпадает с первым появлением *T. approximatus*, выбран в качестве вида-индекса зоны, так как он не выходит за ее пределы, а вид-маркер основания флоского яруса *T. approximatus* проходит в вышележащую зону *D. balticus* (Bergström et al., 2004).

По конодонтам в разрезе Диабазброттет выделяются три зоны (рис. 4): *Paltodus deltifer*, *Paroistodus proteus* и *Paroistodus elegans*. Зона *P. deltifer* выделяется непосредственно в самых низах ордовикского разреза под долеритовой дайкой (интервал разреза от несогласия с кембрием 0—0,4 м). Основание конодонтовой зоны *P. proteus* зафиксировано в 1,1 м от несогласия с кембрием. Граница между зонами

P. proteus и *P. elegans* проводится на уровне 3,9—4,0 м (Bergström et al., 2004). В этом разрезе хорошо изучены трилобиты (Bergström et al., 2004; Maletz et al., 1996; Tjernvik, 1956), по которым выделены четыре зоны: *Ceratopyge forficula*, *Megistaspis* (E.) *armata*, *Megistaspis* (P.) *planilimbata* и *Megistaspis* (P.) *aff. estonica*. Нижняя зона *C. forficula* равна по объему конодонтовой зоне *P. deltifer* (интервал разреза от 0 до 0,4 м). Зона *M. (E.) armata* располагается над дайкой долеритов в интервале 0,85—1,9 м. Граница между зонами *M. (P.) limbata* и *M. (P.) aff. estonica* совпадает с границей между нижней и верхней подзонами граптолитовой зоны *T. phyllograptoides* и с границей между конодонтовыми зонами *P. proteus* и *P. elegans*.

Дапинский ярус среднего отдела

Основание среднего отдела ордовикской системы и соответственно основание дапинского яруса проходит в верхней части аренига и определяется главным образом по комплексам конодонтов и в меньшей степени по граптолитам. ГСРТ дапинского яруса выбран разрез Хуанхуачан (Huanghuachang) в Китае по первому появлению конодонтового вида-маркера *Baltoniodus triangularis* в 10,57 м выше основания свиты Даван (Dawan Formation), перекрывающей свиту Хонхуаюань (Honghuayuan Formation) (Wang et al., 2005). В этом разрезе обнажена нижняя подсвита (lower unit) и низы средней подсвиты (middle unit) свиты Даван. Свита Даван представлена известняками, в том числе кальцирудитовыми, биокластическими и глауконитовыми с прослоями сланцев, и делится на три (lower, middle, upper) части (parts), при этом нижняя и средняя части относятся к нижней подсвите, а верхняя часть охватывает верхи нижней подсвиты и низы средней подсвиты. В разрезе Хуанхуачан выделяется непрерывная последовательность из четырех конодонтовых зон (рис. 4): 1) *Oepikodus communis*, 2) *Oepikodus evae*, 3) *Microzarkodina flabellum* — *Baltoniodus triangularis*, 4) *Baltoniodus navis* (Wang et al., 2005). Граница между первой и второй зонами расположена в 0,4—0,5 м выше основания свиты, а между третьей и четвертой зонами — в 14,3 м выше основания свиты.

Нижняя граница конодонтовой зоны *Microzarkodina flabellum* — *Baltoniodus triangularis* совпадает с границей между средней и верхней частями разреза Хуанхуачан. Первый вид-индекс (*M. flabellum*) зоны появляется в разрезе несколько выше ее подошвы (около 0,3 м), в 10,9 м выше основания свиты Даван (Wang et al., 2005).

По граптолитам выделены две зоны (рис. 3): *Didymograptellus bifidus* и *Azigograptus suecicus*, граница между которыми располагается в 5,4 м от основания свиты Даван. Зона *Azigograptus suecicus* делится на две подзоны — нижнюю и верхнюю, граница между которыми располагается в 0,1—0,2 м ниже подошвы конодонтовой зоны *B. triangularis* (Wang et al., 2005). По хитинозомам разрез Хуанхуачан расчленен

на четыре зоны: *Lagenochitina esthonica*, *Conochitina langei*, *Conochitina pseudocarinata*, *Belonechitina henryi* (Wang et al., 2005). Граница между зонами *L. esthonica* и *C. langei* расположена в 1,4 м от основания свиты Даван, граница между зонами *C. langei* и *C. pseudocarinata* — в 6,8 м от основания этой свиты, граница между зонами *C. pseudocarinata* и *B. henryi* совпадает с границей между нижней и верхней подзонами зоны *A. suecicus* (Wang et al., 2005).

Разрез Хуанхуачан с ГСРТ дапинского яруса в Китае содержит помимо конодонтов, граптолитов и хитинозой многочисленные и разнообразные остатки других групп фауны. Среди них хорошо изучены трилобиты, брахиоподы и акритархи (Tongiorgi et al., 1995; Wang et al., 2005; Zeng, 1999).

На изотопной кривой $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ в разрезе Хуанхуачан выделяется устойчивый постепенный положительный тренд с максимумом вблизи нижней границы конодонтовой зоны *M. flabellum* — *B. triangularis* (Wang et al., 2005). В других разрезах мира в низах дапинского яруса фиксируется ярко выраженный пик отрицательного тренда $\delta^{18}\text{O}$, свидетельствующий о резком потеплении на фоне общего на протяжении всего ордовика похолодания (Gradstein et al., 2004).

Дарривилский ярус среднего отдела

Основание дарривилского яруса МСШ определено ниже основания лланвирнского яруса. Его нижняя граница маркирована первым появлением граптолитов *Undulograptus austrodentatus* в основании слоя 12 черно-серых сланцев и аргиллитов мощностью 0,32 м (АЕР 184), в 22 м ниже кровли свиты Нингкуо (Ningkuo Formation) в ГСРТ Хуаннитан (Huangnitang) в Китае (Chen, Bergström, 1995; Chen et al., 2006b; Mitchell et al., 1997; Zhang et al., 2007). Базальная дарривилская граптолитовая зона *U. austrodentatus* в этом разрезе (рис. 3) подстилается граптолитовой зоной *Exigraptus clavus* и перекрывается (слой 35, АЕР 231) граптолитовой зоной *Acrograptus ellesae*. Сама зона *U. austrodentatus* делится на две подзоны — *Arienigraptus zhejiangensis* и *Undulograptus sinicus* с границей этих подзон в слое 24 черных известковых сланцев (мощностью 1,6 м, АЕР 208). Под зоной *E. clavus* выделяются сверху вниз три граптолитовые зоны (рис. 3): *Isograptus caduceus imitatus*, *Azygograptus suecicus* и *Corymbograptus deflexus* (Zhang et al., 2007). Над зоной *A. ellesae* в разрезе Хуаннитан располагаются зоны (снизу вверх): *Nicholsonograptus fasciculatus*, *Pterograptus elegans*, “*Hustedograptus teretiusculus*” и *Nemagraptus gracilis* (Zhang et al., 2007). В нижней части зоны *A. ellesae*, в основании свиты Хуло (Hulo Formation) (слой 44 темно-серых среднеплитчатых известняков и черных кремнистых сланцев мощностью 0,5 м, АЕР 250) проходит граница между выделяемыми там конодонтовыми зонами *Paraistodus originalis* и *Yangtzeplagnathus crassus* (Zhang et al., 2007). Ниже зоны *P. originalis* залегает конодонтовая зона *Oepikodus evae* с границей между ними в верхней

части граптолитовой зоны *C. deflexus*, а над зоной *Y. crassus* следуют (снизу вверх) зоны “*Histiodella holodontata*” и *Histiodella kristina* (Zhang et al., 2007). В целом в разрезе Хуаннитан выделяется десять граптолитовых и пять конодонтовых зон (рис. 3, 4).

Дарривилский интервал, ранее сопоставляемый с верхней частью граптолитовой зоны *Expansograptus hirundo*, легко опознается во всех регионах мира, где развиты терригенные отложения и изучены граптолиты. По конодонтам подошва дарривилского яруса фиксируется лучше, чем основание лланвирна, так как конодонты в стратотипической местности дарривилского яруса в Китае достаточно многочисленны и относятся к холодноводной, относительно глубоководной биогеографической провинции, охватывающей многие регионы мира. В стратотипической местности лланвирна в Великобритании конодонты исключительно редки. Кроме конодонтов и граптолитов в разрезе Хуаннитан с ГСРТ дарривилского яруса хорошо изучены брахиоподы, трилобиты (Chen, Bergström, 1995; Zhang et al., 2007), хитинозои и акритархи (Paris, Chen, 1995; Servais et al., 1995).

Сандбийский ярус верхнего отдела

Нижняя граница верхнего отдела ордовика и соответственно нижняя граница сандбийского яруса МСШ совпадают с нижней границей карадокского яруса ОСШ России. ГСРТ сандбийского яруса выбран в разрезе Фогельсонг (Fagelsang) в Швеции (Bergström et al., 2000). Нижняя граница установлена в обнажении E14a по первому появлению граптолитового вида-маркера *Nemagraptus gracilis* и находится на 8,6 м разреза Дицеллограптовых сланцев (*Dicellograptus shale*), в 1,4 м ниже слоя фосфоритов (10-й м разреза). Зона *N. gracilis* в этом разрезе (рис. 3) подстилается зоной *Hustedograptus teretiusculus* и перекрывается зоной *Diplograptus foliaceus* (ранее выделяемой под наименованием *Diplograptus multidentis*). Граница между второй и третьей граптолитовыми зонами располагается в 4,5 м выше фосфоритового слоя (15-й м разреза) (Bergström et al., 2000).

В 3,5 м ниже первого появления *N. gracilis* зафиксирована граница между конодонтовыми зонами *Pugodus serra* и *Pugodus anserinus* (рис. 4), а в основании фосфоритового слоя проходит граница между зонами *Pugodus anserinus* и *Amorphognathus tvaerensis* (Bergström et al., 2000).

В разрезе Фогельсонг вместе с граптолитами встречаются хорошо изученные хитинозои, по комплексу которых все обнажение E14b с верхней частью зоны *H. teretiusculus* и нижней частью зоны *N. gracilis* общей мощностью более 4 м отнесено к интервалу зоны *Laufeldochitina stentor* (Bergström et al., 2000).

Зона *N. gracilis* является одним из наиболее ярких и легко распознаваемых уровней в многочисленных разрезах ордовика во всем мире. В Центральной и Южной Европе хроностратиграфическим аналогом

зоны *N. gracilis* является зона *Oepikograptus beckeri* (Gutierrez-Marco et al., 2002; Loydell, 2011).

С использованием методов событийной стратиграфии нижнюю границу верхнего отдела ордовика и соответственно нижнюю границу сандбийского яруса (= нижней границе бывшего карадокского яруса) можно условно определять по относительно быстрой трансгрессивной смене сравнительно мелководных карбонатных и терригенно-карбонатных отложений на преимущественно терригенные относительно глубоководные. На глобальной эвстатической кривой вблизи нижней границы сандбиа наблюдается ярко выраженный пик высокого стояния уровня моря, сменяющийся падением (Nielsen, 2003). Это трансгрессивное событие (Корень, Толмачева, 2008; Nielsen, 2003) отвечает раннекарадокскому биотическому событию (Корень и др., 2000).

Катийский ярус верхнего отдела

Основание катийского яруса определено по граптолитам по первому появлению вида-маркера *Dip-lacanthograptus caudatus* в ГСРТ яруса в 4,0 м выше основания кремнистых сланцев Бигфорк (Bigfork Chert) в разрезе Блэк Ноб Ридж (Black Knob Ridge) в США (Goldman et al., 2007). Кремнистые сланцы Бигфорк подстилаются сланцами Вомбли (Womble Shale). По граптолитам разрез Блэк Ноб Ридж расчленяется на две зоны (рис. 3): *Climacograptus bicornis* и *D. caudatus*. При этом детально изучены филетические связи внутри граптолитовых линий — *Climacograptus bicornis* — *D. lanceolatus* — *D. caudatus* — *D. spiniferus* — *C. tubiliferus* (Goldman, 2003). Также на две зоны разрез Блэк Ноб Ридж делится и по конодонтам (рис. 4): *Amorphognathus tvaerensis* и *Amorphognathus superbus*, с границей между ними в 2,5 м выше основания зоны *D. caudatus* (Goldman et al., 2007). Кроме конодонтов и граптолитов в этом разрезе известны хитинозои, спикулы губок, радиолярии и брахиоподы (Finney, 1988; Goldman et al., 2007; Hendricks et al., 1937).

Катийский хроностратиграфический уровень является одним из слабо изученных и, вероятно, возникнут трудности с идентификацией положения нижней границы этого яруса в конкретных разрезах. Несмотря на то что сам вид-маркер *D. caudatus* встречается во многих регионах мира, до самого последнего времени он не рассматривался как потенциальный вид-индекс «самостоятельной» комплексной зоны, или тейлзоны. Вид *D. caudatus* изучался и описывался в литературе как «проходящий» («дополнительный») для зональных интервалов, маркированных другими видами-индексами, и только в 2003 г. он был предложен как вид-индекс (Goldman, 2003).

По $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ и общему содержанию органического углерода в стратотипическом разрезе Блэк Ноб Ридж фиксируется резко выраженный положительный сдвиг с максимальными пиками в интервале между нижней

границей граптолитовой зоны *D. caudatus* и нижней границей конодонтовой зоны *A. superbus* (Goldman et al., 2007).

Хирнантский ярус верхнего отдела

Нижняя граница хирнантского яруса определена по первому появлению граптолитового вида-маркера *Normalograptus extraordinarius* в разрезе Ванживан Нос (Wangjiawan North) в Китае (Chen et al., 2006a). Нижняя граница хирнанта расположена в верхах свиты Вуфен (Wufeng Formation), представленной черными глинистыми и кремнистыми сланцами с конкрециями аргиллитистых известняков, в 0,39 м ниже основания слоя Куаньайиньяо (Kuanyinchiao Bed), сложенного темно-коричневыми аргиллитами. В этом разрезе слой Куаньайиньяо мощностью 0,2 м перекрывается свитой Лунмачи (Lungmachi Formation), состоящей из черных глинистых и кремнистых сланцев. По граптолитам здесь выделяются 6 зон (рис. 3) — три ордовикских (*Paraorthograptus pacificus*, *Normalograptus extraordinarius* и *Normalograptus persculptus*) и три силурийских (*Akidograptus ascensus*, *Parakidograptus acuminatus* и *Cystograptus vesiculosus*). Между верхней границей зоны *N. extraordinarius* и нижней границей зоны *N. persculptus* располагаются слои Куаньайиньяо, не содержащие остатков граптолитов. Нижняя граница граптолитовой зоны *N. extraordinarius* зафиксирована в 0,39 см от основания слоев Куаньайиньяо, а нижняя граница вышележащей зоны *N. persculptus* — в основании свиты Лунмачи. Нижняя граница силурийской системы и нижняя граница зоны *A. ascensus* проводится в 0,2 м выше основания свиты Лунмачи (Chen et al., 2006a).

Конодонты *Amorphognathus ordovicicus* в разрезе Ванживан Нос найдены в конкрециях известняков, залегающих в средней части граптолитовой зоны *N. extraordinarius* (Chen et al., 2006a). В слоях Куаньайиньяо встречено таксономически разнообразное бентосное хирнантское сообщество трилобитов и брахиопод (Chen et al., 2000, 2006a; Rong, 1984). Кроме отмеченных выше групп в этом разрезе изучены наутилоидеи.

В многочисленных разрезах мира хирнантский ярус может однозначно распознаваться по хорошо и давно известным и широко географически распространенным таксонам трилобитов *Mucronaspis mucronata* (Brongniart), *Dalmanitina olini* Tempe, таксонам брахиопод одноименным с названием яруса *Hirnantia sagittifera* (McCoy), *Eostropheodonta hirnantensis* (McCoy) и некоторым другим видам — *Dalmanella testudinaria* (Dalman), *Eospirigerina gaspeensis* (Cooper) (Корень, Соболевская, 1983; Соболевская и др., 2000; Chen et al., 2000, 2006a; Koren, Sobolevskaya, 2008; Sennikov et al., 2008; Zhan, Jin, 2007). В то же время необходимо обратить внимание на то, что так называемая хирнантская фауна (Hirnantia Fauna) имеет массовое развитие на уровне зоны *N. extraordinarius* (Zhan, Jin, 2007), а на уровне зоны *N. persculptus* хир-

нантская фауна встречается значительно реже. Кроме того, первые (древние) представители хирнантской фауны известны в Китае в верхах верхнекарийской зоны *Paraorthograptus pacificus*, а последние их представители встречены в Китае и Англии в нижнесилурийской (нижнерудданской) зоне *A. ascensus* (Zhan, Jin, 2007).

Верхняя часть хирнантского яруса достоверно определяется по граптолитам зоны *N. persculptus* в терригенных разрезах многих регионов мира (Сенников, 2012; Chen et al., 2006a; Koren, Sobolevskaya, 2008; Loydell, 2011).

По $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ в стратотипическом разрезе Ванживан Нос фиксируется значительный положительный экскурс с пиком на уровне средней части слоя Куаньайиньяо с хирнантским комплексом бентосной фауны (Chen et al., 2006a). Этот пик, получивший название хирнантского углеродного изотопного сдвига (Hirnantian isotopic carbon excursion — HICE), является дополнительным маркером для глобальной корреляции и так или иначе прослеживается во всех разрезах этого возраста в верхней части зоны *N. extraordinarius* либо в нижней половине зоны *N. persculptus* (Bergström et al., 2006).

В конце ордовика (хирнантский век), в период пика раннефанерозойского оледенения, произошло падение уровня Мирового океана, по оценкам различных исследователей, от 80 до 150 м (Brenchley, 2004; Haq, Schutter, 2008; Nielsen, 2003, 2004; Ogg et al., 2008). Это привело к появлению в разрезах мелководных образований и перерывов в осадконакоплении. Позднее начинается крупнейшая палеозойская трансгрессия. Следует подчеркнуть, что глобальная, именуемая силурийской, трансгрессия в виде распространения на всех континентах литологически однородных черных граптолитовых сланцев фиксируется, как это показали современные методы зонального датирования, в большинстве регионов мира не в основании первой силурийской зоны *A. ascensus*, а в нижней части верхнехирнантской зоны *N. persculptus* (Nielsen, 2003).

Заключение

Окончательная структура и номенклатура нового ярусного стандарта ордовика МСШ принципиально отличаются от их британской последовательности. Ордовик расчленяется на семь ярусов вместо пяти, из которых сохранил свое название только самый нижний ярус — тремадокский. Из пяти нижних ярусных границ хроностратиграфическое положение, близкое к уровню нижних границ британских ярусов, в настоящее время сохранилось только у двух нижних границ — флоского и сандбийского ярусов. Хроностратиграфическое положение нижних границ других четырех ярусных подразделений принято на иных уровнях, значительно отличающихся от традиционных «британских» ярусных границ (более чем на одну—три граптолитовых или конодонтовых зоны).

Представительно охарактеризованные зональными граптолитовыми и конодонтовыми комплексами, часто сопровождаемыми комплексами бентосных групп фауны, ГСРТ нового ярусного стандарта ордовика МСШ имеют более высокий по сравнению с британскими ярусными границами корреляционный потенциал. Био-, литостратиграфические, событийные и геохимические сведения по ГСРТ ярусного стан-

дарта ордовика можно эффективно использовать для определения разновозрастных уровней в разрезах различных фациальных обстановок осадконакопления.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-00553), Программы Президиума РАН «Происхождение биосферы» (проект № 28.1).

ЛИТЕРАТУРА

- Елкин Е.А.* От закономерностей в эволюции биоты к закономерному упорядочению подразделений глобальной и региональных стратиграфических шкал // Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю. Розанова. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2006. С. 477—491.
- Каныгин А.В.* Проблемы реформирования Международной стратиграфической шкалы с позиции эволюции экосистем (на примере нижнего палеозоя) // Геол. и геофиз. 2011. Т. 52, № 10. С. 1349—1366.
- Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Тимохин А.В.* и др. Ордовик Сибирской платформы. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. 267 с.
- Корень Т.Н.* Проблемы Общей стратиграфической шкалы ордовикской системы // Регион. геол. и металлог. 2002. № 15. С. 14—25.
- Корень Т.Н.* Международная стратиграфическая шкала докембрия и фанерозоя: принципы построения и современное состояние. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 38 с.
- Корень Т.Н., Бугрова Э.М., Гаврилова В.А.* и др. Использование событийно-стратиграфических уровней для межрегиональной корреляции фанерозоя России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 170 с.
- Корень Т.Н., Соболевская Р.Ф.* Граптолиты // Граница ордовика и силура на Северо-Востоке СССР. Л.: Наука, 1983. С. 97—160.
- Корень Т.Н., Толмачева Т.Ю.* Ордовикская система // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований. Вып. 38. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. С. 36—43.
- Корень Т.Н., Толмачева Т.Ю., Соболевская Р.Ф.* и др. Ордовикская система // Зональная стратиграфия фанерозоя России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. С. 31—47.
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 16. Л.: ВСЕГЕИ, 1976. 129 с.
- Сенников Н.В.* Новые данные по зональному расчленению катийского и хирнантского ярусов (ордовик) Горного Алтая по граптолитам // Палеонтология и стратиграфические границы: Мат-лы LVIII сессии Палеонтол. о-ва. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. С. 122—123.
- Сенников Н.В., Обут О.Т., Буколова Е.В., Толмачева Т.Ю.* Глобальные позднекембрийско-раннеордовикские седиментационные события и их проявления в Алтайском шельфовом и Палеоазиатском океаническом бассейнах // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса. От океана к континенту: Мат-лы совещ. Вып. 8. Т. 2. Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2010. С. 78—80.
- Сенников Н.В., Обут О.Т., Буколова Е.В., Толмачева Т.Ю.* Литолого-фациальная и биоиндикаторная оценки глубины формирования раннепалеозойских осадочных бассейнов Палеоазиатского океана // Геол. и геофиз. 2011. Т. 52, № 10. С. 1488—1516.
- Сенников Н.В., Толмачева Т.Ю.* Предложения по введению в соответствие ярусной номенклатуры ордовика в Общей стратиграфической шкале, применяемой на территории России, с официально принятой новой ярусной номенклатурой ордовика в Международной стратиграфической шкале // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 41. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 12—20.
- Соболевская Р.Ф., Ахмадеев Ю.Г., Кабаньков В.Я.* и др. О стратиграфическом положении и возрастном объеме барковской свиты (верхний ордовик) Таймыра // Стратиграфия и фауна палеозоя и мезозоя Арктики. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. С. 11—18.
- Соколов Б.С.* Хроностратиграфическое пространство литосферы и венд как геоисторическое подразделение неопротерозоя // Геол. и геофиз. 2011а. Т. 52, № 10. С. 1334—1348.
- Соколов Б.С.* Палеонтология докембрия и акрохроны биосферной эволюции (к теории расширяющейся биосферы) // Темпы эволюции органического мира и био-стратиграфия: Мат-лы LVII сессии Палеонтол. о-ва. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011б. С. 3—10.
- Стратиграфический кодекс России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 95 с.
- Толмачева Т.Ю.* События позднего кембрия—раннего ордовика // Использование событийно-стратиграфических уровней для межрегиональной корреляции фанерозоя России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. С. 27—35.
- Barnes C.R.* The proposed Cambrian-Ordovician Global Boundary Stratotype and Point (GSSP) in Western Newfoundland, Canada // Geol. Mag. 1988. Vol. 125, N 4. P. 381—414.
- Bergström S.M., Chen X., Gutiérrez-Marco J.C., Dronov A.* The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to $\delta^{13}\text{C}$ chemostratigraphy // Lethaia. 2008. Vol. 41. P. 1—11.
- Bergström S., Finney S., Chen Xu et al.* Three new Ordovician global stage names // Lethaia. 2006. Vol. 39. P. 287—288.
- Bergström S., Finney S., Chen Xu et al.* A proposed global boundary stratotype for the base of the Upper Series of the Ordovician System: The Fagelsang section, Scania, southern Sweden // Episodes. 2000. Vol. 23, N 2. P. 102—109.
- Bergström S., Finney S., Chen Xu, Wang Zhi-Hao.* The Dawangou Section, Tarim Basin (Xinjiang Autonomous Region), China: Potential as global stratotype for the base of the *Nemagraptus gracilis* Biozone and the base of the global Upper

- Ordovician Series // *Quo vadis Ordovician?* Acta Universitatis Carolinae. Geologica. Praha. 1999. Vol. 43, N 1/2. P. 69–71.
- Bergström S., Lofgren A., Maletz J.* The GSSP of the second (upper) stage of the Lower Ordovician Series: Diabasbrottet at Hunneberg, Province of Västergötland, Southern Sweden // *Episodes*. 2004. Vol. 27, N 4. P. 265–272.
- Brenchley P.J.* End Ordovician glaciation // The Great Ordovician Biodiversification Event. N.Y.: Columbia University Press, 2004. P. 81–83.
- Chen Xu, Bergström S.M.* (eds). The base of the austro-dentatus zone as a level for global subdivision of the Ordovician System // *Palaeoworld*. 1995. Special issue. N 5. 117 p.
- Chen Xu, Rong Jia-yu, Mitchell Ch.E.* et al. Late Ordovician to earliest Silurian graptolites and brachiopods biozonation from the Yangtze region, South China, with a global correlation // *Geol. Mag.* 2000. Vol. 137. P. 623–650.
- Chen Xu, Rong Jiayu, Fan Junxuan* et al. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Hirnantian Stage (the uppermost of the Ordovician System) // *Episodes*. 2006a. Vol. 29, N 3. P. 183–196.
- Chen Xu, Zhang Yuan-Dong, Bergström S.M., Hong-Gen Xu.* Upper Darriwilian graptolite and conodont zonation in the global stratotype section of the Darriwilian Stage (Ordovician) at Huangnitang, Chagshan, Zhejiang, China // *Palaeoworld*. 2006b. Vol. 15. P. 150–170.
- Cooper R.A.* The Ordovician time scale — calibration of graptolite and conodont zones // *Quo vadis Ordovician?* Acta Universitatis Carolinae. Geol. Praha. 1999. Vol. 43, N 1/2. P. 1–4.
- Cooper R.A., Nowlan G.S.* Proposed Global Stratotype Section and Point for base of the Ordovician System // *Quo vadis Ordovician?* Acta Universitatis Carolinae. Geol. Praha. 1999. Vol. 43, N 1/2. P. 61–64.
- Cooper R.A., Nowlan G.S., Williams S.H.* Global Stratotype Section and Point for base of the Ordovician System // *Episodes*. 2001. Vol. 24, N 1. P. 19–28.
- Erdtmann B.-D.* Outline ecostratigraphic analysis of the Ordovician graptolite zones in Scandinavia in relation to the palaeogeographic disposition of the Japetus // *Geol. Palaeontol.* 1984. Vol. 18. P. 9–15.
- Erdtmann B.-D.* Early Ordovician eustatic cycles and their bearing on punctuations in early nematophorid (planktic) graptolite evolution // *Lect. Notes Earth Sci.* 1986. Vol. 8. P. 139–152.
- Erdtmann B.-D., Miller J.F.* Eustatic control of lithofacies and biofacies changes near the base of the Tremadocian // Second Internat. Symposium on the Cambrian System. 1981. P. 78–81.
- Finney S.C.* Middle Ordovician strata of the Arbuckle and Ouachita Mountains, Oklahoma: Contrasting lithofacies and biofacies deposits in southern Oklahoma Aulacogen and Ouachita Geosyncline // *Geol. Soc. Amer. Centennial Field Guide — South-Central Section*. Denver. 1988. P. 171–176.
- Finney S., Bergström S., Chen Xu, Wang Zhi-Hao.* The Pingliang section, Gansu Province, China: Potential as global stratotype for the base of the Nemagraptus gracilis Biozone and the base of the global Upper Ordovician Series // *Quo vadis Ordovician?* Acta Universitatis Carolinae. Geol. Praha. 1999. Vol. 43, N 1/2. P. 73–75.
- Fortey R.A., Bassett M.G., Harper D.A.T.* et al. Progress and problems in the selection of stratotypes for the bases of series in the Ordovician System of the historical type area in the U.K. // *Advances in Ordovician Geology*. Geol. Surv. Canada Bull. 1991. N 345. 35 p.
- Fortey R.A., Harper D.A.T., Ingham J.K.* et al. A revision of Ordovician series and stages from the historical type area // *Geol. Mag.* 1995. Vol. 132, N 1. P. 15–30.
- Fortey R.A., Harper D.A.T., Ingham J.K.* et al. A revised correlation of Ordovician rocks in the British Isles // *Geol. Soc. Spec. Rep.* 2000. N 24. 78 p.
- Goldman D.* The Diplocanthograptus caudatus Zone: a proposal for a new, globally recognizable, Upper Ordovician graptolite zone // G.I. Albanesi, M.S. Beresi, S.H. Peralta (eds.). INSUGEO, Serie Correlacion Geologica, 17. Ordovician from the Andes. 2003. P. 65–70.
- Goldman D., Leslie S.A., Nolvak J.* et al. The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Katian Stage of the Upper Ordovician Series at Black Knob Ridge, Southeastern Oklahoma, USA // *Episodes*. 2007. Vol. 30, N 4. P. 258–270.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G.* A Geologic Time Scale. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 589 p.
- Gutierrez-Marco J.C., Robardet M., Rabano I.* et al. Ordovician // The Geology of Spain. London: Geological Society, 2002. P. 31–49.
- Haq B.U., Schutter S.R.* A chronology of Paleozoic sea-level changes // *Science*. 2008. Vol. 322. P. 64–68.
- Hendricks T.A., Knechtel M.M., Bridge J.* Geology of Black Knob Ridge, Oklahoma // *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 1937. Vol. 21. P. 1–29.
- Koren T.N., Sobolevskaya R.T.* The regional stratotype section and point for the base of the Hirnantian Stage (the uppermost Ordovician) at Mirny Creek, Omulev Mountains, Northeast Russia // *Estonian J. Earth Sci.* 2008. Vol. 57, N 1. P. 1–10.
- Loydell D.K.* Graptolite biozone correlation charts // *Geol. Mag.* 2011. Vol. N. P. 1–9.
- Maletz J., Lofgren A., Bergström S.* The base of the Tetragraptus approximatus Zone at Mt. Hunneberg, S.W. Sweden: A proposed global stratotype for the base of the second series of the Ordovician System // *Newsl. Stratigr.* 1996. Vol. 34, N 3. P. 129–159.
- Mitchell C.E., Chen Xu, Bergström S.M.* et al. Definition of the global boundary stratotype for the Darriwilian Stage of the Ordovician system // *Episodes*. 1997. Vol. 20. P. 158–166.
- Nicoll R.S., Laurie J.R., Shergold J.H., Nielsen A.T.* Preliminary correlation of Latest Cambrian to Early Ordovician sea level events in Australia and Scandinavia // *Global Perspectives on Ordovician geology*. Netherlands: Balkema / Rotterdam: Brookfield, 1992. P. 381–394.
- Nielsen A.T.* Ordovician sea level changes: potential for global event stratigraphy // G.I. Albanesi, M.S. Beresi, S.H. Peralta (eds.). INSUGEO, Serie Correlacion Geologica, 17. Ordovician from the Andes. 2003. P. 445–449.
- Nielsen A.T.* Ordovician sea level changes: A Baltoscandian perspective // The Great Ordovician Biodiversification Event. N.Y.: Columbia University Press, 2004. P. 84–93.
- Ogg J.G., Ogg G., Gradstein F.M.* The concise geologic time scale. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 177 p.
- Paris F., Chen Xu.* Early Ordovician chitinozoans from the Huangnitang section and nearby localities in the Jiangshan-Changshan-Yushan (JCY) area. The base of the austro-dentatus Zone as a level for global subdivision of the Ordovician System // *Palaeoworld*. 1995. Spec. issue. N 5. P. 99–100.
- Rong Jia-yu.* Brachiopods of latest Ordovician in the Yichang district, Western Hubei, Central China // *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China*. Ordovi-

cian-Silurian boundary (1). Nanjing: Anhui Science and Technology Publishing House, 1984. P. 111—176.

Sadler P.M., Cooper R.C. Calibration of the Ordovician Timescale // The Great Ordovician Biodiversification Event. N.Y.: Columbia University Press, 2004. P. 48—51.

Sennikov N.V., Obut O.T., Bukolova E.V., Tolmacheva T.Yu. Traces of the global and regional sedimentary events in Early Ordovician sections of the Gorny Altai (Siberia) // Ordovician of the World. Instituto Geologico y Minero de Espana. Madrid, 2011. P. 553—557.

Sennikov N.V., Yolkin E.A., Petrunina Z.E. et al. Ordovician-Silurian biostratigraphy and paleogeography of the Gorny Altai. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2008. 154 p.

Servais N., Brocke R., Fatka O. Variability in the Ordovician acritarch *Dicrodiacrodium* // Palaeontology. 1995. Vol. 39. P. 389—405.

Tjernvik T.E. On the early Ordovician of Sweden. Stratigraphy and fauna // Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala. 1956. Vol. 36. P. 107—284.

Tongiorgi M., Yin L., Milia A.D. Arenigian acritarchs from the Daping section (Yangtze Gorge Area), Hubei Province, Southern China and their palaeogeographic significance // Rev. Palaeobotany and Palynology. 1995. Vol. 86. P. 13—48.

Wang Xiaofeng, Stouge S., Erdtmann B.-D. et al. A proposed GSSP for the base of the Middle Ordovician Series:

the Huanghuachang section, Yichang, China // Episodes. 2005. Vol. 28, N 2. P. 105—117.

Webby B.D. Steps towards a global standard for Ordovician stratigraphy // Newslet. Stratigr. 1998. Vol. 36. P. 1—33.

Webby B., Cooper R., Bergström S.M., Paris F. Stratigraphic framework and time scales // The Great Ordovician Biodiversification Event. N.Y.: Columbia University Press, 2004. P. 41—47.

Williams S.H., Parsons M.G., Burden E.T. Graptolites, acritarchs and scolecodonts across the Cambrian-Ordovician boundary interval at Green Point, western Newfoundland // Circular of the International Cambrian—Ordovician Boundary Working Group (Subcommission on Ordovician Stratigraphy). January 1997. P. 6—15.

Zeng Q. Ordovician brachiopod communities and eustatic changes in the Eastern Yangtze Gorges Area, China // Bull. Geol. Miner. Res. CAGS. 1999. Vol. 16. P. 33—42.

Zhan Renbin, Jin Jisuo. Ordovician — Early Silurian (Llandovery) stratigraphy and paleontology of the Upper Yangtze Platform, South China. Beijing: Science Press, 2007. 169 p.

Zhang Yuandong, Chen Xu, Yu Guohua et al. Ordovician and Silurian rocks of Northwest Zhejiang and Northwest Jiangxi Provinces, SE China. Hefei: University of Science and Technology of China Press. 2007. 189 p.

CHRONOSTRATIGRAPHIC POSITION OF NEW INTERNATIONAL ORDOVICIAN STAGE BOUNDARIES

N.V. Sennikov, T.Yu. Tolmacheva

The leading role of zones used for the practical application in selection of the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the stages of the Ordovician System is demonstrated. The chronostratigraphic position of the lower boundaries of Ordovician stages in the new international stratigraphic scale is indicated. The succession of the graptolite and conodont zones for new Ordovician GSSPs was analyzed. The possibilities of the potential correlation of lithological features, event and stable isotope data for the Ordovician GSSPs are examined.

Key words: Ordovician, GSSP, conodont zonation, graptolite zonation.

Сведения об авторе: *Сенников Николай Валерианович* — док. геол.-минерал. наук, зам. директора Ин-та нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, *e-mail:* sennikovnv@ipgg.sbras.ru; *Толмачева Татьяна Юрьевна* — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотр. отд. стратиграфии и палеонтологии ВСЕГЕИ, *e-mail:* Tatiana_Tolmacheva@vsegei.ru