

© В.З. Негруца, 2009

УДК 551. 72: 7 03: 061.3

*Геологический институт Кольского научного центра РАН,  
г. Апатиты, Россия*

## **К СОЗДАНИЮ ГЕОХРОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭОНОТЕМЫ**

Аргументируется соответствие требованиям эталона основного таксономического подразделения Мировой геохронометрической шкалы раннепротерозойского (карельского) зона, характеризующего развитие Земли в интервале времени 2700–1650 млн лет назад. Установлено, что геологические процессы, овеященные в Карело-Кольском стратотипе карельской эонотемы Общей стратиграфической шкалы нижнего докембрия России, очерчивают полный мегацикл взаимосвязанного развития всех внешних и внутренних геосфер. Типовые региональные стратиграфические подразделения карельской эонотемы, устанавливая правильную периодичность осадконакопления и денудации, магматизма, структурно-тектонических деформаций и метасоматоза девяти соподчиненных рангов длительностью, определяемой в зависимости от детальности исследования и принимаемых границ соответствующих им стратонов 400–525, 200–350, 100–175, 50–88 и менее млн. лет. Рассматриваются перспективы, и ориентиры дальнейшего углубления знаний причинно-следственных закономерностей геологического овеящения времени и периодизации истории Земли.

**Введение.** Геологическое картирование северной Евразии и научно-исследовательское обеспечение, связанных с этим методологических задач, привело к всеобщему признанию российскими геологами единства стратиграфии и геохронометрии для всего разреза стратисферы независимо от возраста, структурно-вещественных и прочих характеристик стратиграфических единиц [1]. Одним из фундаментальных требований такого единства является определение подразделений стратотипами. Исходя из этого, основные подразделения общей стратиграфической шкалы докембрия России фиксированы региональными стратотипами с их собственными названиями. В сводном разрезе докембрия Северной Евразии обособлены четыре стратона первого ранга. Три дорифейские стратоны, составляющие кристаллический фундамент Восточно-Европейской платформы относятся к нижнему докембрию, объем которого определяется стратиграфической структурой региональных подразделений Карело-Кольской стратотипической площади нижнего докембрия России: саамского (нижнеархейского),

лопийского (верхнеархейского) и карельского (нижнепротерозойского) структурно-вещественных комплексов. Четвертый верхнепротерозойский стратон, составляющий предфанерозойскую часть осадочного покрова платформы, представлен рифейскими и вендскими образованиями Волго-Уральской стратотипической области. Все четыре основные докембрийские подразделения по своей историко-геологической сущности и временной продолжительности соизмеримы друг с другом, тектоно-стратиграфически сравнимы с фанерозоем, по продолжительности (каждый около 1000 лет) превышают фанерозой и отнесены к рангу эратемы [2–6]. Вместе с тем они качественно отличаются между собой по детальности и достоверности расчленения, что объясняется увеличением разрешающей возможности хронологической периодизации осадочных отложений по мере продвижения во времени и возрастания хронологической информативности биотической компоненты неметаморфизованных отложений верхнего протерозоя и фанерозоя [7]. По этому показателю переходное положение между архейским вулканогенно-осадочным литогенезом и позднепротерозойским биолитогенезом занимает карельская энотема.

Архей подразделен с детальностью хронометрических единиц ранга энотемы, а верхнеархейская (лопийская) энотема делится на эратемы. В отличие от архейских энотем, стратотип нижнепротерозойской (карельской) энотемы обеспечен эмпирически достаточно детальной и аргументированной Карело-Кольской региональной стратиграфической схемой [4]. Апробированная тремя региональными межведомственными стратиграфическими совещаниями [8, 9] эта схема обеспечивает хроностратиграфическую периодизацию карельской энотемы с детальностью до надгоризонтов, горизонтов и иерархически соподчиненных им местных стратиграфических единиц соответствующих рангам эратемы, системы, отдела и более мелких таксономических подразделений фанерозоя [8–18]. Каждая из обособленных стратиграфических единиц достаточно полно охарактеризована конкретными послойно изученными разрезами, среди которых могут быть определены претенденты для согласованного выбора среди них стратотипов общих подразделений и точек их границ.

Цель статьи – обосновать, на примере типовых региональных стратиграфических подразделений карельской энотемы, наличие достаточно разработанной эмпирико-теоретической основы создания общей геохронологической меры докембрия и фанерозоя, как альтернативы и прогностической предпосылки дальнейшего совершенствования историко-геологической метрологии.

**Основания хронометрической детализации структуры карельской энотемы.** Региональные подразделения карельской энотемы фиксирова-

ны опорными разрезами 28-и изолированных тектонических прогибов, представляющих эрозионные останцы нижнепротерозойского осадочного чехла восточной части Балтийского щита. Все они отличаются друг от друга фациальным составом и интенсивностью структурно-метаморфического преобразования пород, а соответственно, и положением в общей палеогеографической и палеотектонической структуре региона [19]. Существенные изменения состава, полноты стратиграфической колонки и других историко-геологических признаков прослеживаются и внутри отдельных прогибов.

Сводные стратиграфические схемы каждого прогиба представляют итог послойного литогенетического изучения и корреляции конкретных типовых разрезов стратиграфических единиц, прослеженных картированием и изображенных на крупномасштабных геологических картах как серии, свиты, подсвиты, пачки, слои. Хронологическими критериями корреляции служат структурно-вещественные признаки, отражающие историческую направленность процессов гипергенеза, пространственно-временные закономерности изменения состава областей денудации и структуры осадочных бассейнов в процессе литогенеза, влияние вулканизма и сопутствующих эндогенных явлений на образование и литификацию осадочных отложений. Полученные, таким образом, сводные для отдельных прогибов стратиграфические разрезы коррелированы между собой на основе совокупности неповторимых взаимозаменяемых хронологических признаков временных единиц в их иерархической соподчиненности, непрерывной событийной последовательности и фациальной изменчивости. Ключевыми критериями являются совокупности хронологических характеристик динамики бассейнов осадконакопления проявленной в периодичности трансгрессий и регрессий, обуславливавших миграцию во времени и в пространстве береговых зон бассейнов. Существенное хронологическое значение имеют следствия воздействия на седиментогенез эндогенных процессов, а также относительное взаимоположение разрезов на идеальном профиле области сноса – бассейн осадконакопления. Определяющими являются литодинамические и палеовулканические характеристики пространственно-временных закономерностей эволюции денудационно-седиментационных и тектоно-магматических систем, отражающих хронологическую дифференциацию вещества. В итоге устанавливаются временные и латеральные фациальные ряды отложений и их структурно-метаморфических преобразований. Ассоциации пород полного трансгрессивно-регрессивного цикла и соподчиненных макроритмов осадконакопления и магматизма выделяются, как серии и свиты местных схем, одновозрастные латеральные ряды которых определяются соответственно как надгоризонты и горизонты региональной стратиграфической шкалы. Каждая, выделенная таким способом

стратиграфическая единица, рассматривается как овеществленное неповторимое время образования стратиграфической единицы в её полнообъемной эволюционной завершенности и непрерывном хронометрическом ряду подразделений единой региональной последовательности.

Региональные стратиграфические подразделения проявляют сложную структуру иерархической соподчиненности местных стратиграфических единиц и анизохронность границ, обусловленной убыванием полноты овеществления слоеобразующих процессов в направлении от осевых зон бассейнов устойчивого осадконакопления к их побережьям и областям денудации. Стратотипами служат полные (непрерывные) разрезы, отличающиеся отсутствием стратиграфических перерывов и/или сводные стратиграфические колонки, составленные путем корреляции разрезов без перекрытий и перерывов. Установленная таким путем стратиграфическая схема, вскрывает естественноисторический процесс как единство взаимообусловленного пульсационного развития тектонической, магматической, денудационно-седиментационной и биогенных систем. Несогласия и связанные с ними стратиграфические перерывы, приобретают при такой корреляции значение историко-геологических мер продолжительности овеществленных в них тектонических и климатических (палеоэкологических) событий, что позволяет оценить реальную продолжительность стратиграфических перерывов (неовеществленного времени) и, таким образом, повысить достоверность и детальность историко-геологической хронометрии [20].

Общепризнано расчленение карельского комплекса на шесть единых для Карело-Кольской денудационно-седиментационной системы соподчиненных ему региональных стратиграфических подразделений ранга надгоризонтов (снизу вверх): сумийское, сариолийское, ятулийское, людиковийское, калевийское, вепсийское [12–16]. Каждое такое подразделение знаменует собой завершенный цикл взаимосвязанного развития экзогенных и эндогенных геосфер, продолжительностью 160–200 млн лет и отчетливо делится на единицы соподчиненных рангов: свит, подсвит, пачек, подпачек, слоев. Свиты и подсвиты, проявляют периодичность процессов образования и преобразования слоистых толщ, позволяющая классифицировать и трассировать их как хроностратиграфические единицы, определенной относительной продолжительности. Это, однако, остается пока лишь поисковым допущением [18, 21, 22] подлежащего апробированию достаточными эмпирическими данными изотопной хронологии.

Региональные стратиграфические единицы типовой стратиграфической последовательности в соответствии с опытом фанерозойской стратиграфии служат эталонами подразделений ОСШ. Присвоение надгоризонтам карельского комплекса статус эталонов межрегиональной корреляции по-

становлениями II Всесоюзного (Уфа, 1990) и III Всероссийского (Апатиты, 2000) совещаний “Общие вопросы расчленения докембрия”, признано преждевременно из-за недостаточно надежных геохронологических реперов для их трассирования на всю территорию Северной Евразии. На региональном уровне принято трехчленное, на межрегиональном – двухчленное деление карельской эонотемы [2, 4].

Три нижние (сумийский, сариолийский, ятулийский) надгоризонты объединены в нижнекарельскую эратему. Верхние три надгоризонта (людиковийский, калевийский, вепсийский) составляют верхнекарельскую эратему. Граница между эратемами, определена по основанию людиковия как знаменующего “важную биосферную перестройку, получившую отражение в исчезновении глобальной ятулийской положительной  $\delta C_{\text{карб}}$  аномалии, и переход от преимущественно красноцветных эвапоритовых отложений к широко распространенным черносланцевым комплексам”, и крупные события, связанные с раскрытием Свекофенского палеокеанического бассейна. Стратотипическим разрезом с точкой этой границы следует считать основание заонежской свиты людиковия в разрезе Кузоранда-Типиница Заонежского полуострова, где эта свита согласно залегает на туломозерской свите верхнего ятулия. Изотопный возраст границы принят равным 2100 млн лет на основании датировок полученных на территории юго-восточной Финляндии...” [5]. Очевидно, что дальнейшее совершенствование ОСШ зависит от успеха в разработке неповторимых систем взаимозаменяемых хронологических (геодинамических, палеоклиматических, биотических, палеогидросферных, изотопно-геохимических) признаков и фиксации точек границ типовых региональных подразделений конкретными хроностратиграфическими реперами.

Ключевыми критериями стратиграфического возраста подразделений и стандартизации отдаленных корреляций докембрия служат результаты изотопной хронологии. Значение в связи с этим историко-геологических реперов, как реперов изотопной геохронологии оценивается по-разному, однако, их неразрывность и взаимообусловленное единство апробировано, опытом геологического картирования. Очевидно, что стратиграфическая геохронология, в сравнении с изотопной хронологией, обеспечивает несравненно большую детальность расчленения разрезов. Практически же особенно важно то, что только на строго стратиграфической основе решаются задачи крупномасштабного геологического картирования, поисково-оценочных и разведочных работ, независимо от степени метаморфизма и тектонических деформаций пород. Вместе с тем, достаточно очевиден, во-первых, сравнительный потенциал относительной и абсолютной (изотопной) геохронологий, как единство взаимно контролирующих друг друга мер вре-

менной последовательности, событийной сущности и продолжительности процессов образования и преобразования осадочно-вулканогенных отложений, переработанных в термобарических условиях глубинного петрогенеза.

Во-вторых, неоспоримо значение историко-геологических реперов, как конкретные, реально доступные и строго определенные, неизменные ориентиры для независимых дальнейших исследований проблем объективно многовариантных ретроспективных палеогеологических и палеохронологических реконструкций.

В-третьих, – фиксация естественноисторических реперов точными датами их возраста, – необходимое и важнейшее условие оценки воспроизводимости результатов геохронологии и дальнейшего совершенствования общей стратиграфической шкалы, как геологического “хронометра” [18, 23] докембрия в сравнении с фанерозоем.

Применительно к задачам совершенствования знаний хроностратиграфической структуры нижнего протерозоя - карельской эонотемы Северной Евразии, первоочередным является определение объема и ранга её типовых хроностратиграфических подразделений и фиксация их стратотипами. Практически это связано с разработкой согласованной (общей) сети опорных разрезов и эталонов границ подразделений нижнего протерозоя Балтийского щита.

**Границы и объем карельской эонотемы.** Нижнюю границу карельского комплекса – стратотипа карельской эонотемы и соответственно рубеж между археем и протерозоем исследователи Балтийского щита, также как и других раннедокембрийских провинций мира, единогласно связывают с “главным” несогласием, как следствие кардинальной структурно-метаморфической и палеогеографической перестройки в истории континентальной коры. Определение этого несогласия в разное время проводилось по основанию ятулия [24, 25], по основанию сариолия [26–30], по основанию лопия [31, 32], по основанию суйсария [33]. В 70-ые годы XX столетия, после длительной дискуссии, установилось согласованное понимание: граница архея и протерозоя на Балтийском щите фиксирована основанием сумия, как знаменующего главную структурно-метаморфическую перестройку земной коры [12–17, 34–36]. Это и закреплено в ОСШ-2000 [2, 4, 5, 9]. Что же касается отличительных структурно-вещественных характеристик, трассирования внешних границ, определение объема и внутренней структуры сумия, а соответственно, и сариолия, как самостоятельных хроностратиграфических подразделений, то всё это остается дискуссионным [13, 14, 16, 37–48]. Тем самым сохраняется исключительно большой простор для интерпретации дат изотопного возраста и определения нижней границы карельской эонотемы датой возраста в абсолютном летоисчислении [5, 9, 16, 44–47].

Наметились два варианта закрепления в качестве стратотипов границ как принципиально отличных и взаимоконтролирующих друг от друга структурно-вещественных выражений смены архея протерозоем: структурно-метаморфический (СМГ) и денудационно-седиментогенный (ДСГ).

СМГ фиксирует континентальный перерыв между архейским и протерозойским осадконакоплением. Длительность этого перерыва в наиболее представительном стратотипе равноценна продолжительности диастрофических процессов (тектонических деформаций, метаморфизма, гранитизации), сопряжённого с ним этапа денудации (вывод на палеоповерхность Земли образований глубинных зон земной коры и преобразование территории в пенепленизированную область эпиархейской завершённой складчатости) и двух (сумийского и сариолийского) трансгрессивно-регрессивных циклов осадконакопления и магматизма.

Стратотипом СМГ является Паданское несогласие А.А. Иностранцева на западном побережье оз. Сегозеро [49] и прилегающая к нему территория Центральной Карелии, где находится стратотип сариолия [14]. Здесь ятулийский надгоризонт трансгрессивно перекрывает разновозрастные структурно-вещественные подразделения сариолия и со структурно-метаморфическим несогласием залегает непосредственно на породы архейского фундамента. В основании ятулийского горизонта повсеместно развиты продукты коры химического выветривания. Это однозначно указывает, во-первых, на длительное гипергенное преобразование архейского субстрата, его глубокую денудацию, обусловившую вывод на палеодневную поверхность глубинных пород, включая ультраметаморфических образований. Во-вторых, свидетельствует о стратиграфическом перерыве (лакуне), между лопием (верхним археем) и ятулием (нижнем протерозоем), продолжительностью, в историко-геологическом измерении, до 1/3 объема (теоретически 350 млн лет общей продолжительности) карельского эона.

Принципиальной отличительной особенностью сумийско-сариолийского времени является закисная среда осадконакопления и интенсивный базальтоидный вулканизм [21]. Характерна двукратная закономерная смена специфических условий полного химического выветривания в начале сумийского и сариолийского циклов обстановками нивального литогенеза на их завершающих стадиях в связи с палеовулканическими структурами центрального типа.

Глубокое выветривание метаморфических и магматических образований в областях денудации обуславливало полное химическое разложение алюмосиликатов и накопление за счет переотложения элювия коры выветривания терригенных кварцевых псефит-псаммитовых и высокоглиноземистых пелитовых осадков. Среди них, по совокупности литогенетических

характеристик, устанавливаются русловые, дельтовые, мелководные отложения, отложения зон прибойного волнения, осадки приливно-отливных побережий, глубоководного шельфа и реже пелагического осадконакопления. Всё вместе определяет сочетание континентальных обстановок и обстановок континентального склона развивавшегося в условиях пульсационного рифтинга, периодических трансгрессий и регрессий и мантийно-корового магматизма. Длительность этого перерыва устанавливается по данным изотопной хронологии фиксирующих время начала наиболее раннего протерозойского метаморфизма  $2820 \pm 15$  млн лет проявленного в Беломорском подвижном поясе архей-протерозойского тектогенеза, рифтогенных событий 2450–2400 млн лет [50] и связанного с ними ультрабазит-базитового магматизма 2505–2395 млн лет назад [51], что превышает 400 млн лет.

ДСГ характеризует осадконакопление в непрерывно развивающемся архей-протерозойском водном бассейне. Предложены два полигона ДСГ: Окуневский в северо-восточной Карелии и кейвский на Кольском полуострове [16, 40–47, 52, 53]. В обоих случаях граница между археем и протерозоем фиксируется по первому появлению терригенных кварцитов с линзами и прослоями кварцевых конгломератов и высокоглиноземистых сланцев, как следствие принципиально иных, чем в архее, обстановок экзогенеза. Перерыв между археем и протерозоем в окуневском и кейвском типовых разрезах соответствует времени накопления отсутствующей стратиграфической единицы временной продолжительности равной регрессивно-трансгрессивному ритму осадконакопления, что составляет не более  $1/8$  (предположительно, 20–22 млн лет) общей продолжительности времени образования надгоризонта. В этом случае временной рубеж между археем и протерозоем (начало специфического раннепротерозойского литогенеза) на Балтийском щите – 2700 млн лет [16, 44], что соответствует времени изменения “геодинамической обстановки от сходной с островодужной к коллизионной обстановки плит”  $2700 \pm 0,5$  млн лет [54]. Согласно С.Б. Лобач-Жученко “рубеж 2,7 млрд лет знаменует окончание плейтотектонических процессов в архейских доменах, формирование стабильных блоков земной коры” [55].

Верхняя граница карельской эоноотемы не документирована конкретным стратиграфическим репером. Она устанавливается в зависимости от концептуальных предпосылок: по завершению цикла синорогенных интрузий и стабилизации территории, индикатором чего принимается образование гранитов рапакиви  $1650 \pm 50$  млн лет назад [8]. Завершает разрез карельской эоноотемы вепсийский надгоризонт в составе петрозаводской и шокшинской свит [56–57], изотопный возраст которых допускает вариации



в определении возраста их верхней границы во временном интервале 1850–1650 млн лет назад.

Завершение карельской эонотемы принято соотносить с процессами становления хогландского надгоризонта, возраст которого оценивается в пределах 1650–1600 млн лет однако непосредственные стратиграфические взаимоотношения хогландия с вепсием не выявлены [47].

**Стратиграфическое расчленение карельской эонотемы.** Детальность и достоверность периодизации геологической истории, определяющих внутреннюю структуру стратиграфического подразделения зависит от уровня знаний пространственно-временных закономерностей фациально-палеогеографической архитектуры конкретных осадочных бассейнов соответствующего времени в их непрерывно-прерывистом эволюционном развитии. В более обобщенном виде и, естественно, менее определено применительно к нижнему докембрию расчленение слоистых комплексов, производится по совокупности структурно-вещественных и тектонических признаков, как следствие цикличности процессов тектоно-метаморфического преобразования осадочно-вулканогенных наслоений.

Структурно-тектонический (формационный) подход определил изначальное выделение карелия как формационное подразделение, объединяющее три соподчиненных ему литостратиграфические единицы: сариолий, ятулий и калевий [26, 27]. Все они установлены как структурно-вещественные подразделения ранга надгоризонта (серии), отделенные друг от друга региональными континентальными перерывами и соответствуют трем последовательно изменившимся во времени неповторимым этапам эндогенно-экзогенного развития земной коры. Сариолий и ятулий определены как подразделения различающиеся, соответственно, ледовым и жарким переменнo-влажном климатами и кратогенным режимом тектогенеза, калевий - геодинамическим режимом, предопределившим орогенез и структурно-метаморфическую перестройку земной коры. Хронологическим маркером корреляции разрезов разрозненных структур карелид стал ятулий, отличающийся составом отложений, отражающий обстановку интенсивного химического выветривания осадочного материала [27, 34].

Трехчленное деление карелия получило дальнейшее обоснование всей совокупностью новых данных и, несмотря на естественную конкретизацию, относительное положение границ стратоноров сохранилось во всех последующих региональных стратиграфических схемах [8, 9]. Принципиальные уточнения коснулись лишь потенциала структурно-вещественных хронологических признаков подразделений. Установлено, в частности, что раннекарельские (доятулийские) толщи, наряду с тиллитами и подобными им отложениями, вмещают мощные толщи разнообразных вулканогенных об-

разований, включающие линзы и прослои “типично ятулийских пород”: уран-золотоносные кварцевые конгломераты, терригенные кварциты и элювий коры выветривания. Тем самым изменились критерии оценки временной определенности дотятулийских отложений, что вместе с резко анизохронными границами образуемых ими подразделений обусловило эмпирически и теоретически многовариантные хронологические построения. Геологическим картированием и целенаправленными тематическими исследованиями была установлена весьма сложная и крайне трудно расшифруемая пространственно-временная стратиграфическая структура каждого из трех подразделений, изначально определивших объем карельского комплекса. Обозначились как ключевые вопросы ранга и иерархической соподчиненности стратиграфических единиц, критериев корреляции их разрозненных разрезов и как следствие терминологической неопределенности. Стремление сохранить преемственность стратиграфии при необходимости принципиальных уточнений диктуемых новыми знаниями укоренившихся понятий наметило определенную согласованность независимых построений, что в итоге позволило создать общую единую для Карелии и Кольского полуострова хроностратиграфическую схему. Основными подразделениями этой схемы являются шесть перечисленных выше надгоризонта. Дискуссионным остается понимание пространственно-временного положения границ надгоризонтов и их объединения в подразделения более крупных рангов. Принятое в региональной схеме их объединение в три подкомплекса (нижний, средний и верхний) обеспечивает преемственность и, в целом, соблюдает валидность схемы П. Эскола [26]. Такое деление карелия отражает специфику геодинамических и климатических обстановок седиментогенеза на трансгрессивной, стационарной и регрессивной стадиях образования карельской эонотемы.

Двухчленное деление карельской эонотемы принятое в ОСШ, проявляет взаимосвязанное сосуществование и смену во времени и пространстве двух, определяющих её общую структуру, разрозненных и разновозрастных осадочных бассейнов (ОБ): Североскандинавского (Лапландско-Беломорского) унаследованного от архея и Южноскандинавского (Ладожско-Свекофеннского), заложенного в середине карельского времени на месте области денудации (питавшей Беломорскую область осадконакопления) в связи с раскрытием и трансгрессией Ладожско-Свекофеннского палеокеана [16]. Стратиграфический репер соответствующих событий может быть определен двояко: 1) по индикатору максимума трансгрессий, как принято в ОСШ, 2) по началу процессов коренной геодинамической и палеогеографической перестройки, обусловившей закрытие Северосвекофенского ОБ и одновременное открытие Южносвекофеннского ОБ. По первому варианту границу

между ранним и поздним карелием правомерно фиксировать основанием заонежского горизонта как это и принято сейчас. По второму варианту рубеж между нижнекарельской и верхнекарельской эратемами отмечает основание туломозерской свиты верхнего ятулия, начинающей четвертый онежский цикл осадконакопления и вулканизм, знаменующий кардинальную перестройку тектоносферы и условий биолитогеоза [34, 58–62].

Чем крупнее хроностратиграфическое подразделение, тем больше неопределенности в выборе приоритетных критериев границ стратотипов и, следовательно, определения ранга и возраста, а соответственно, изохронных исторических рубежей. Больше оснований согласованности в выборе стратотипов надгоризонтов как типовых подразделений региональной эталонной стратиграфической шкалы карельской эонотемы.

**Региональные стратотипы карельской эонотемы.** Сравнительный анализ современного состояния знаний позволяет наметить предпочтительные варианты установления стратотипов границ всех основных типовых подразделений карельской эонотемы – сумийскрго, сариолийского, ятулийского, людиковийского, калевийского и вепсийского надгоризонтов региональной шкалы Карело-Кольского региона и создать, таким образом, модель хроностратиграфического стандарта нижнего протерозоя, как теоретической основы единой периодизации докембрия в сравнении с фанерозоем.

**Сумийский надгоризонт.** Термин “сумий” введенный К.О. Кратцем как понятие регионального подразделения, сложенного вулканогенными породами спилит-кератофировой формации, фиксирован им типовым разрезом тунгудско-надвоицкой серии Лехтинского синклиория [32]. Целенаправленное детальное изучение этого разреза в связи с проблемой металлоносности кварцевых конгломератов и их рудоносности, показало, что, объединенные первоначально в единый, сумийский стратон, вулканогенные образования и связанные с ними терригенные отложения сариолийского и ятулийского литотипов, генетически неразрывно связаны с собственно сариолийскими отложениями. Вместе они составляют сумийско-сариолийский подкомплекс осадочно-магматогенных пород, знаменующих два полных трансгрессивно-регрессивных цикла осадконакопления и магматизма. Соответственно, в строении сумийско-сариолийского подкомплекса выделены два самостоятельных надгоризонта: нижний сумийский и верхний сариолийский [14–16, 38–43, 45–47]. Предложены два варианта определения нижней и верхней границ сумийского надгоризонта: первый, по отложениям, образованных за счет перетотложения элювия коры химического выветривания [14–16, 40], второй – по смене разнотипных орогенных формаций [45–47].

По первому варианту в Пибозерском типовом разрезе и его аналогах объем сумийского надгоризонта определяют три нижние свиты (толщи)

тунгудско-надвоицкой серии: окуневская (кварцевые метапесчаники с прослоями сульфидных золото-ураноносных монокварцевых конгломератов и высокоглиноземистых метаглинистых отложений), тунгудская (вулканогенные породы основного состава)<sup>1</sup> и ожиярвинская (вулканогенные породы кислого состава). Каждая из этих трех свит, фиксирована конкретными разрезами и точками границ как стратотипы трех горизонтов сумийского надгоризонта [16, 41]. Наиболее широко распространен и прослежен на площади ожиярвинский горизонт. В Пибозёрском и ряде других разрезах (например, Вермасском) между ожиярвинским и тунгудским (вермасской свитой) горизонтами наблюдается постепенный переход частью представленный регрессивно-трансгрессивной последовательностью вулканических конгломератов тефроидного происхождения в чередовании с туфами и туффитами. Ожиярвинский горизонт местами (Шомбозеро, Шуоярви и др.) залегает непосредственно на метаморфизованном элювии пород досумийского кристаллического фундамента. Он прослежен в Пана-Выгозёрской зоне сочленения карелид и беломорид на сотни километров в виде непрерывной хроностратиграфической единицы, мощностью в пределах 400 – 800 метров [16, 45].

Два нижних горизонта сумийского надгоризонта отличаются фрагментарным распространением. Они трансгрессивно перекрывают более древние образования, сами трансгрессивно с размывом и несогласно перекрываются разновозрастными стратиграфическими единицами сариолийского надгоризонта, и вместе демонстрируют направленное увеличение площади осадконакоплением и вулканизма обусловленного нарастающей рифтогенной деструкцией Карельского материка [43].

Согласно предпочитаемым большинством исследователей второму варианту, обе границы сумия проводятся по подошве и кровле горизонта кератофилов, кварцевых порфиров и соподчиненных им осадочных отложений, трансгрессивно и частью резко несогласно перекрывающего более древние образования. Этим и определяется объём сумийского надгоризонта.

**Сариолийский надгоризонт.** Второе снизу историко-геологическое подразделение карельской эонотемы объединяет три свиты (снизу вверх): железноворотинскую, ватулминскую и селецкую, соответствующие трем макроритмам поступательного рифтингенеза и направленного наращивания площади накопления осадочных отложений [41–43]. Они образуют изначально изолированные тела, распространение, фациальный состав, пол-

---

<sup>1</sup> В состав тунгудско-надвоицкой серии первоначально ошибочно были включены разновозрастные метавулканогенные породы парандвской серии лопия, сумийского и сариолийского надгоризонтов, что предопределило, сохраняющуюся до сих пор неопределенность стратиграфической привязки результатов изотопной хронометрии.

нота разрезов, мощность и интенсивность структурно-метаморфических преобразований каждого из которых резко меняются по площади. В целом мощность сариолийского надгоризонта возрастает в направлении от бортовых частей к осевым зонам каждого изолированного прогиба и с юга, со стороны Карельского палеократона (ятулийского материка по Вьюрюнену, срединного массива по Харитонову), на север к его палеоокраине – зоне сочленения карелид и беломорид. Такая изменчивость и сходство структурно-вещественных хронологических признаков сумийских и сариолийских отложений, естественно, сильно затрудняет корреляцию изолированных разрезов и приводит к многовариантному пониманию положения границ, состава, структуры, объёма и соотношения между сумием и сариолием. С формационных позиций коррелируются однотипные образования. При фациальном анализе и прослеживании картированием закономерностей изменения генетических характеристик пород от разреза к разрезу устанавливается синхронность палеовулканических извержений и процессов образования тиллоидов, а частично и накопления переотложенных продуктов размыва элювия коры химического выветривания [14, 34]. Соответственно, достоверность хроностратиграфической корреляции местных свит на современном уровне знаний прямо пропорциональна возможности прослеживания их границ картированием. Выделение хроностратиграфических уровней в смежных, и тем более, в отдалённых друг от друга прогибах достигается сравнительным анализом типоморфных хронологических признаков, ключевое значение среди которых имеет цикличность и ритмичность осадконакопления и вулканизма. Поэтому сариолийский надгоризонт остаётся незакреплённым единым стратотипическим разрезом, а его нижняя граница не фиксированной конкретной точкой стратотипа. Рассматриваются три варианта установления нижней границы сариолия: 1) в полном разрезе, по основанию железноворотинской свиты кварцитов с прослоями радиоактивных сульфидных кварцевых конгломератов (Лобаш-Железноворотинско-Нигалмский полигон на юго-западном крыле Лехтинского синклинория; участок оз. Собачие – оз. Плотичие в Кумсинском прогибе); 2) в сокращённом разрезе, где представлены только верхние два горизонта сариолийского надгоризонта, по основанию ватулминской (вермасской) свиты вулканогенных пород андезит-базальтового состава (Сегозёрско-Елмозёрский прогиб; разрез Красная речка в северо-западном борту Онежского синклинория); 3) в стратотипическом разрезе, где сариолий первоначально был обособлен в объёме горизонта тиллоидов (Энингиварский и Лужминский разрезы в Янгозёрско-Селецком прогибе).

Точки нижней границы железноворотинского горизонта выявлены бурением в юго-западном обрамлении Лехтинского синклинория у оз. Когу;

вскрыты горными выработками и детально изучены в естественном разрезе – береговых обрывах ручья Василий-ручей, впадающего в оз. Кивязозеро (урочище Железные ворота) и в искусственных расчистках у оз. Лобаш в 3,2 км северо-западнее разреза Василий-ручей, а также у западного конца оз. Нигалма и в ряде других мест [39]. В трёх первых из названных точек наблюдался непосредственный контакт железоворотинского горизонта с ожиярвинским горизонтом (кварцевыми порфирами) сумийского надгоризонта. В разрезе Василий-ручей вскрыто расчисткой непосредственное залегание кварцитов с прослоями сульфидных кварцевых конгломератов железоворотинского горизонта на конгломератах ожиярвинского горизонта. Там же видна постепенная смена пород железоворотинского горизонта андезит-базальтовой ассоциацией вулканогенных пород ватулминского горизонта.

Ватулминский горизонт связан с селецким горизонтом непрерывными взаимопереходами наблюдаемых во многих местах (Косозёрско-Ватулминская структура в Лехтенском синклинии, Кумсинский прогиб, мыс Канусниemi у северо-западного окончания оз. Сегозеро и др.). Его верхняя граница может быть закреплена как по несогласию, так и в непрерывных разрезах. Обычно эта граница проводится по основанию горизонта конгломератов и чередующихся с ними осадков с признаками ледниковых отложений. При этом терригенные отложения селецкого горизонта залегают на разновозрастных покровах эффузивных пород ватулминского горизонта сариолия и (или) с размывом на сходных с ними породах сумия, а местами на различно метаморфизованных и магматогенных породах архея [14, 16, 40]. Непосредственный контакт собственно сариолийских конгломератов с предшествующими вулканитами полно и во всех возможных вариациях представлен на ограниченном участке мыс Канусниemi – остров Сондалы (северо-западный конец оз. Сегозеро), в ряде точек в Кумсинском прогибе (Чёбино, Падун и др.), а также в северо-западном крыле Онежского прогиба (Красная речка, Святнаволок и др.). Все перечисленные пункты детально изучены, и их характеристика приводится во многих монографиях и статьях [40 и др.]

**Ятулийский надгоризонт.** Термин “ятулий” впервые использовал И.И. Седерхольм для названия кварцевых терригенных отложений и связанных с ними карбонатных пород бассейна оз. Мал. Янисярви в юго-западной Карелии [27]. Их аналоги служат определяющим корреляционным уровнем нижнего докембрия всего Балтийского щита [29,30]. Стратиграфическое положение ятулийской формации П. Эскола определил как второе снизу подразделение карелия.

Ятулий залегает на отложениях сариолийской формации со стратиграфическим перерывом фиксируемом корой химического выветривания и, в

опорном разрезе бассейна оз. Мал. Янис-ярви, несогласно перекрывается породами ладожской серии. Несогласие между сариолием и ятулием отражает коренную перестройку общего структурного плана территории Карело-Кольской стратотипической области. Она выражена тем, что ятулийские отложения трансгрессивно перекрывают разновозрастные горизонты сариолийского и сумийского надгоризонтов, а также метаморфогенные и магматогенные образования архея. С началом ятулия связана смена закисной геохимической среды сумийско-сариолийского литогенеза, окислительным режимом экзогенеза в условиях переменного жаркого влажного (гумидного) и сухого (аридного) климатов и платформенно-плитного тектогенеза. Отчетливо проявлен скачок в эволюции обстановок фитолиогенеза [59, 62].

Несогласный тип нижней границы в более или менее редуцированные (за счет первичного выклинивания нижних подразделений) разрезы ятулия можно изучать (и это выполнено с достаточно большой тщательностью) во многих десятках отлично обнаженных мест, как в Карелии и на Кольском полуострове, так и на территории Финляндии [16, 27]. Весьма представительны в этом отношении Сегозёрская, Янгозёрская, Онежская, Кумсинская, Елмозёрская, Соваярвинская, Янисярвинская, Козерско-Ватулминская (юго-запад Лехтинского синклинория) структуры, а также Куказёрская, Панаярвинская и Печенгская площади карелид. Яркие примеры несогласного типа нижней границы ятулия, соответствующие требованиям точек границ стратотипов многочисленны и хорошо известны по многим публикациям.

Примеров непрерывных разрезов или разрезов, в которых можно предполагать несущественные стратиграфические перерывы – единицы. Они тяготеют к зоне сочленения карелид и беломорид (северо-восточное крыло Лехтинского синклинория, южный берег оз. Лежево и др.), где ятулий отличается большей фациальной однородностью, чем на остальной площади Карелии. К ним относятся Вермаский, Пибозёрско-Лежевский, Риговарский, Бороварский разрезы. В центральной Карелии известен только один разрез, где отложения ятулия связаны с предшествующими отложениями селецкого горизонта сариолия постепенным переходом. Это обрывы горы Энингивара (Гелингивара) юго-восточнее южного окончания оз. Селецкого. Здесь аркозы сариолия через многометровую пачку чередования сменяются вверх по разрезу мономиктовыми кварцевыми песчаниками, которые выше переходят в мощную пачку пересливания золото-ураноносных мартит-гематитовых кварцевых конгломератов и метапесчаников [14, 16].

Ятулийский надгоризонт характеризуется очень сложной внутренней структурой, обусловленной фациальной изменчивостью, лоскутностью слагающих его слоевых единиц, многочисленными внутренними перерывами и многограновой ритмичностью. Отчётливо, с высокой детальностью (до

элементарных микроритмов) и достоверностью, реконструируется периодичность местного изменения динамики палеогидросферы, палеоклиматических флуктуаций, трансгрессий и регрессий. Ярко проявлено изменение источников и интенсивности выветривания продуктов денудации в областях сноса и на путях транспортировки. Очевидны резкие изменения влияния вулканических извержений базальтоидных магм на экзогенные процессы и обусловленные этим вариации физико-химических условий седиментогенеза и постседиментационного преобразования осадков.

С позиции таких знаний и событийной хронологии ятулий отчетливо подразделяется на два надгоризонта, каждый из которых овеществляет события полного трансгрессивно-регрессивного цикла осадконакопления и магматизма: раннеятулийский (сегозерский) и позднеятулийский (онежский) [16].

Сегозёрский надгоризонт подразделяется на янгозёрский (разнообразные терригенные, частью карбонатные осадки) и медвежьегорский (переслаивание вулканогенных и осадочных пород) горизонты. Янгозёрский горизонт объединяет отложения четырех макроритмов пульсационного наращивания площади накопления и эволюции обстановок осадконакопления. Соответственно понятием янгозерский горизонт принято объединять отложения четырех, по определению, самостоятельных горизонтов (снизу вверх): энингиварского, маймярвского, собственно янгозёрского и медвежьегорского [16]. Два нижних горизонта развиты локально в виде линз (как бы “подвешенных” книзу) янгозёрского горизонта и выделены лишь при тематических работах по керну глубоких поисковых скважин. Поэтому они, как правило, объединяются с перекрывающими отложениями и на геологических картах показываются как единое нерасчлененное подразделение – янгозерская свита. Учет этого обстоятельства имеет принципиальное значение для определения возраста нижней границы ятулия и оценки продолжительности перерыва, отделяющего ятулий от сариолия.

Янгозёрский и медвежьегорский горизонты прослеживаются по всей территории Карелии и Кольского полуострова. Они связаны друг с другом переходом, затрудняющим выбор стратотипа нижней границы медвежьегорского горизонта. Подходящими для этой цели являются основания первого покрова базальтов в разрезах ятулия на южном и восточном берегах оз. Сегозеро. Стратотипом горизонта служит разрез вулканогенно-осадочного наслоения у города Медвежьегорска [16, 60].

Онежский надгоризонт, как последовательность отложений полного осадочно-магматического цикла, включает туломозёрский горизонт, отнесённый в региональной стратиграфической схеме к ятулийскому надгоризонту (верхний ятулий), а также заонежский и суйсарский горизонты лю-



диковийского надгоризонта. Типовой площадью распространения всех этих трёх горизонтов является центральная часть онежского прогиба раннего протерозоя, главным образом, Заонежский полуостров [68].

Тулумозерский горизонт отмечает начало онежского цикла трансгрессивно-регрессивного осадконакопления и магматизма. В нем овеществлены процессы коренной палеогеографической и геодинамической перестройки денудационно-седиментогенной структуры Балтийского щита обусловившей условия взаимосвязанного терригенно-карбонатного, биогенно-хемогенного и эвапоритового осадконакопления [16, 34]. Важным хронологически неповторимым признаком отложений этого времени является обильный фитолитогенез [61] и связь с ним ятулийской положительной аномалии  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$  [57, 58]. Всё вместе обеспечивает вполне однозначную не только региональную, но и межконтинентальную корреляцию на биотической и изотопно-геохимической основе [65–67].

Тулумозёрский горизонт охарактеризован большой серией разрезов, типовым среди которых является стратиграфическая последовательность отложений тулумозёрской мульды [68]. Нижняя граница стратотипа уверенно прослеживается по внутриятулийскому несогласию, фиксируемому трансгрессивным налеганием красноцветных терригенно-карбонатных отложений с биогермами строматолитов на разновозрастные образования (вплоть до пород докарельского фундамента), и кору выветривания вулканогенных пород, завершающих среднеятулийский уровень сегозерского надгоризонта. Становление этого несогласия связано с крупнейшей в течение карельского времени палеогеодинамической перестройкой. Вследствие тектонической инверсии, в это время (2100 – 2200 млн лет назад) началась регрессия Беломорско-Лапландского бассейна, и одновременное прогибание юго-западной части Карельского материка, обусловившего заложение Ладожско-Свекофенского бассейна [16].

Среди многих детально изученных примеров соотношения тулумозёрского горизонта с подстилающими образованиями, требованиям стратотипа наиболее полно отвечает основание верхнего ятулия (граница сегозерского и онежского надгоризонтов) на южном берегу озера Сегозеро в центральной Карелии. На Кольском полуострове показателен контакт между куэтсъярвинской и колосйокской свитами в долине ручья Пикуколосйоки западнее озера Лучломполо в Печенгском прогибе [16]. Перерыву, фиксирующему региональное несогласие между сегозерским и онежским надгоризонтами, предположительно соответствует полисарская свита варзугской серии Имандра-Варзугского прогиба на Кольском полуострове [69]. Эта свита, судя по данным В.А. Мележика и др., может рассматриваться как связующее звено, соответствующее стратиграфическому пе-

рерыву, наблюдаемому между сегозерским и онежским надгоризонтами повсеместно [16].

**Люди́ковский надгоризонт.** Термин “люди́ковский”, введён В.А. Соколовым на рубеже 70 – 80-х годов прошлого столетия для отложений заонежского горизонта, представленного одноименной свитой Онежского прогиба и её коррелянтов уверенно прослеживаемых по всей территории Балтийского щита и за его пределами. Позже в состав люди́ковского надгоризонта были включены и вулканогенные породы суйсарской свиты, связанные с заонежскими отложениями генетическим единством [70]. Определяющим признаком надгоризонта является парагенезис высокоуглеродистых осадочных отложений (фулеренсодержащих шунгитов) и магнезиальных ультрабазит-базальтоидных вулканоплутогенных образований. Текстуры и состав осадочных отложений указывают на условия пелагической седиментации, что в совокупности с данными о подводно-лавовом происхождении [60, 61] ассоциирующих с ними вулканогенных пород мантийного происхождения позволяют установить, что в люди́ковское время экзоферные процессы в пределах Онежского прогиба Карелии контролировались мантийными флюидными. То же самое наблюдается в Печегском прогибе Кольского п-ва [17].

Внутренняя структура заонежского и суйсарского горизонтов люди́ковского надгоризонта охарактеризована многочисленными детально изученными и послойно скоррелированными хорошо известными разрезами, а их границы фиксированы конкретными точками, вполне соответствующие требованиям региональных стратотипов [56, 59, 70–72].

**Калевийский надгоризонт.** Стратотипом калевийского надгоризонта в пределах российской части Балтийского щита служит ладожская серия. Она сложена различно метаморфизованными турбидитами (флишим) и прорывающими их магматическими породами ультраосновново-основного, среднего и кислого составов. Термин ладожий использованный И. Сидерхольмом применительно к коррелятам ладожской серии (ладожский надгоризонт), точнее и, главное, конкретнее определяет положение и стратиграфическую структуру отложений расположенных между люди́ковием (онежским надгоризонтом ятулия), чем термин “калевий”, использованный П. Эскалом как обобщающее формационное (тектоно-литологическое) понятие.

Положение ладожского надгоризонта в сводном разрезе карельской эонотемы определяется, как ещё в начале 50-ых годов установила Л.Н. Патрубович, его залеганием на разновозрастных отложениях онежского (люди́ковского) надгоризонта. В ладожском синклинии обнажаются все типы непосредственных стратиграфических контактов ладожской серии, с предшествующими ей образованиями, включая архейский гранито-гнейсовый

фундамент карелид. На обширной площади свекофенид в Финляндии возрастные аналоги ладожской серии начинаются конгломератами и местами осадочной брекчией олистостромного типа [16], состоящих из фрагментов пород заонежско-суйсарской (людиковийской) и ятулийской ассоциаций [73]. В соответствии с этим нижняя граница ладожского (калевийского) надгоризонта проводится по несогласию, фиксирующего глубокий размыв предшествующих отложений, и временной перерыв, очевидно, весьма разной продолжительности для разных доменов. Приуроченность к этой границе олистостромы свидетельствует о проявлении на этом рубеже конседиментационных надвигов. Следовательно, процессы, обусловившие несогласие между людиковием (онежием) и калевием (ладожием), связаны с орогенезом, проявленном как в областях суши, так и в осадочных бассейнах.

Типовые точки нижней границы ладожской серии изучены в прекрасных, легко доступных для дальнейшего системного исследования, обнажениях бассейна оз. Малого Янис-ярви. На мысе Питьканиеми установлен несогласный контакт ладожской серии с чёрносланцево-вулканогенными отложениями заонежского и вероятно суйсарского горизонтов. В этой точке длительность перерыва между людиковийским (онежским) и калевийским (ладожским) надгоризонтами, по-видимому, минимальна, поэтому, она является приоритетной среди других известных сейчас в пределах Карелии претендентов на роль стратотипа нижней границы ладожского горизонта. У бывшего хутора Партанен, на мысе Корканиеми и острове Контиосари вскрыт стратиграфический контакт ладожской серии со строматолитовыми доломитами и вмещающими их вулканогенно-терригенными отложениями тулумозерского горизонта, что свидетельствует о перерыве длительностью времени накопления и преобразования людиковия.

На Кольском полуострове к калевийскому надгоризонту достаточно обосновано, относится пильгуярвинская серия. Среди многочисленных точек её границ с подстилающими вулканогенными породами колосйокской серии можно фиксировать для системного изучения точку нижней границы пильгуярвинской серии в разрезе Ламос [16,17].

**Вепсийский надгоризонт.** Вепсийским надгоризонтом завершается сводный разрез карельской эонотемы. В типовой местности у южного окончания Онежского синклиория вепсий представлен петрозаводской и шокшинской свитами. Они служат стратотипами одноименных горизонтов. В каждой свите (горизонте) обособляются по две подсвиты (подгоризонта). Соответственно, вепсийский надгоризонт объединяет четыре соподчиненные стратиграфические единицы в ранге подгоризонтов.

Нижневепсийский (петрозаводский) горизонт несогласно и трансгрессивно перекрывает отложения разновозрастных подразделений предполо-

жительно калевийского (ладожского) и онежского (ливийского) надгоризонтов и, как установлено бурением, так же образования докарельского фундамента. В обнажениях его нижняя граница достоверно неизвестна, но скважинами пересечена, что вместе с результатами отдаленных корреляций представляет достаточный материал для её характеристики [57, 58].

Верхневепсийский (шокшинский) горизонт согласно перекрывает отложения верхнего подгоризонта нижневепсийского горизонта. Контакт между ними резкий, с конгломератами в основании верхнего горизонта, но без ощутимого размыва и существенного континентального перерыва в осадконакоплении. Главными отличительными признаками горизонтов являются: темно-серая окраска отложений нижнего горизонта и красноцветность осадочных пород верхнего горизонта, присутствие среди осадочных отложений нижнего горизонта покровов базальтов, прослоев кислых туфов и онколитовых карбонатных отложений. По совокупности этих признаков, согласно А.М. Ахмедову, нижняя граница верхней свиты прослеживается на значительную площадь южной Карелии, а аналоги вепсийских отложений достаточно обосновано устанавливаются в Финляндии и южной Швеции. Это позволяет рассматривать нижнюю границу вепсийского надгоризонта “в качестве одной из главных в раннем протерозое” [58].

Верхняя граница вепсийского надгоризонта не выявлена. По совокупности косвенных данных предполагается её соответствие, а, значит, стратиграфического рубежа между нижним протерозоем (карелием) и верхним протерозоем (рифеем), подошве хогландского горизонта со стратотипом на острове Хогланд в Финском заливе. Определенным ориентиром в этом вопросе может служить салминская свита нижнего-верхнего рифея, залегающая с корой выветривания в основании на дислоцированные глубокометаморфизованные отложения ладожской серии и прорывающих их посторогенные граниты рапакиви.

**Заключение.** Региональный эталон карельской (нижнепротерозойской) эонотемы России, по полноте сводного разреза, достоверности определения её типовых подразделений стратотипами и точками их границ, историко-геологической информативности для дальнейшего исследования и углубления знаний пространственно-временных закономерностей геологического овеществления времени соответствует требованиям стандартной меры основного хронологического подразделения общей периодизации геологической истории. Проявляя процессы и события взаимосвязанного развития всех экзогенных и эндогенных геосфер в интервале времени 2700–1650 млн лет – 1/4 (25%) продолжительности криптозойской предыстории фанерозоя, карельский стандарт нижнего протерозоя Северной Евразии определяет существенные критерии развития стратисферы Земли в течение тре-

тьего мегацикла пульсационно направленной кратонизации геосфер на пути к фанерозойскому биоразнообразию. Одновременно на примере карельской эонотемы особенно отчетливо вскрывается анизохронность границ структурно-вещественных подразделений и геохронометрической значимости установления их стратотипов.

Создание стратиграфических стандартов геологического времени – необходимая предпосылка перехода от эмпирической к теоретической геохронологии и, соответственно, качественного повышения общего прогностического потенциала геологии. Вместе с этим возрастает детальность и достоверность хронологической периодизации истории криптозойской Земли до сопоставимого уровня с биохронометрией фанерозоя.

Карельская эонотема, как один из наиболее продвинутых претендентов на роль типовой хронометрической модели стандарта основного подразделения геохронологической шкалы, представляет систему стратиграфических единиц четырех иерархически соподчиненных рангов, каждая из которых соответствует неповторимому интервалу времени овеществленном в реальном конкретном геологическом теле, который характеризуется внутренней слоистой (событийной) структурой более мелких рангов. Намечается, таким образом, эмпирически обоснованный и логически непротиворечивый макет общей хронометрической структуры нижнепротерозойской стратисферы с детальностью расчленения до уровня систем и отделов фанерозоя, а для отдельных интервалов общего разреза и меньших единиц.

Для того чтобы столь детальное стратиграфическое расчленение эталона карельской эонотемы из эмпирически допустимого и теоретически непротиворечивого варианта стало бы инструментом практической стратиграфии [16] предстоит преодолеть много трудностей, главные из которых две. Они сводятся к согласованному пониманию и восприятию сущности, во-первых, единства стратиграфии для всего разреза стратисферы, во-вторых, – хронологической взаимозаменяемости признаков геохронологических подразделений, включая стратиграфические перерывы (лакуны), независимо от их специфики, масштаба и способа определения, как меры относительного возраста и продолжительности реального геологического явления в конкретных астрономических годах. Ключевым в преодолении методологических неопределенностей, и связанных с ними многочисленных частных аспектов общей геохронологии, является создание сети стратотипов историко-геологических границ типовых региональных подразделений докембрия в их иерархической соподчиненности и их системное доизучения как реальных реперов геосферных перестроек на криптозойских этапах (ранних 4000 млн лет – 85% общей продолжительности истории) развития Земли. Это – во-первых. Во-вторых, необходимо совершенствовать историко-

геологические основы выбора объектов изотопно-хронометрических исследований и интерпретации результатов изотопной геохронологии. Для этой цели необходима независимая мера взаимоконтроля историко-геологических и изотопно-хронологических построений. Теоретический фундамент создания такой меры и построения на её основе глобального геохронологического календаря обеспечивает периодический закон исторической геологии [74–77].

1. Стратиграфический кодекс. – Изд–во ВСЕГЕИ, СПб., изд. третье. – 2006. – 96 с.
2. Семихатов М. А, Шуркин К. А., Аксенов Е. М. и др. Новая стратиграфическая шкала докембрия СССР. / Изв. АН СССР, 1991. Сер. геол., № 4. – С. 3 – 16.
3. Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области // Объяснительная записка. Уфа, 2000. – 81 с.
4. Решение III Всероссийского совещания “Общие вопросы расчленения докембрия” // Стратиграфия. Геол. корр., 2001, т. 9, № 3. – С. 101 – 106.
5. Общая стратиграфическая шкала России. Объяснительная записка. Апатиты, 2002. – 14 с.
6. Постановление по общей стратиграфической шкале нижнего докембрия России. – СПб.: 2002. – Вып. 33. – С. 4 – 5.
7. Семихатов М.А. Современные концепции общего расчленения и новая стратиграфическая шкала докембрия Северной Евразии. // Общие вопросы и принципы расчленения докембрия. Под ред. В. А. Глебовицкого, В. М. Шемякина. Наука, 1994. – С. 9 – 25.
8. Кратц К. О., Негруца В. З., Соколов В. А. и др. Новое в изучении стратиграфии советской части Балтийского щита // Сов. геология. № 7, 1984. – С. 105 – 118.
9. Негруца В. З., Хейсканен К. И. Информация о III Межведомственном региональном стратиграфическом совещании по стратиграфии нижнего докембрия Карелии и Кольского п-ва // Постановления межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 32. – СПб.: 2001. – С. 32 – 35.
10. Кратц К. О., Шуркин К. А., Лобач–Жученко С. Б. и др. Региональная схема стратиграфии докембрийских образований // Стратиграфия и изотопная геохронология докембрия восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1971. – С. 120 – 129.
11. Кратц К.О., Глебовицкий В. А., Былинский Р. В. и др. Земная кора восточной части Балтийского щита. – Л.: Наука, 1978. – 96 с.
12. Богданов Ю. Б., Негруца В. З., Сулова и др. Стратиграфия докембрийских отложений восточной части Балтийского щита // Стратиграфия и изотопная геохронология докембрия Восточной части Балтийского щита. – Л.: Наука, 1971. – С. 160 – 170.
13. Негруца В. З. Опыт фациального изучения протерозойских (ятулийских) отложений Центральной Карелии // Сов. геология. 1963, № 7. – С. 52 – 76.
14. Негруца В. З. Характеристика стратотипического разреза сариолийской серии и обоснование положения этой серии в сводном разрезе докембрия Карелии. // Проблемы геологии докембрия Балтийского щита и Русской платформы. – Л.: 1971. – С. 133 – 152.
15. Негруца В. З. Основные подразделения региональной стратиграфической шкалы докембрия восточной части Балтийского щита // Докл. АН СССР, 1979. – Т. 244. № 1. – С. 165 – 169.
16. Негруца В. З. Раннепротерозойские этапы развития восточной части Балтийского щита. – Л.: Недра, 1984. – 270 с.

17. Негруца В. З. Эволюция экзогенных процессов Печенгского палеобассейна // Магматизм, седиментогенез и геодинамика Печенгской палеорифтогенной структуры. Под ред. Ф. П. Митрофанова и В. Ф. Смолькина. – Апатиты: 1995. – С. 101 – 123.
18. Негруца В. З. Состояние и задачи разработки Всероссийской сети опорных разрезов и эталонов границ основных подразделений нижнего докембрия. – Апатиты: 1997. – 50 с.
19. Негруца В. З. Структурно–фациальное районирование и стратиграфия докембрия советской части Балтийского щита // Стратиграфия нижнего докембрия Карело-Кольского региона. – Л.: 1985. – С. 3 – 16.
20. Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Историко-геологический метод изучения докембрия. – Л.: Недра, 1988. – 196 с.
21. Негруца В.З. Докембрийская формация кварцевых конгломератов. – Апатиты: КНЦ АН СССР. – 1990. – 150 с.
22. Негруца В. З. От структурно-вещественной периодизации к цикло-хронометрической стратиграфии докембрия // Общие вопросы расчленения докембрия СССР. Под ред. В.А. Глебовицкого, В. М. Шемякина. – СПб.: Наука, 1994. – С. 27 – 43.
23. Прозаровский В. А. Общая стратиграфическая шкала – “хронометр” геологической истории Земли / Вестник СПб ун-та. 2000. Сер. 7. Вып. 4 (№ 31). – С. 3 – 7.
24. Тимофеев В. М. Петрография Карелии. – М., Л.: 1935. – 256 с.
25. Гилярова М. А. Стратиграфия, структуры и магматизм докембрия восточной части Балтийского щита. Л.: Недра, 1974. – 222 с.
26. Eskola P. Hufvuddragen av Onega – Karelens geologi. Helsingin geol. Yhol tiedonantoja 1917 u 1918. – P. 13 – 18 and Teknicenn, 1919. – P. 37 – 39.
27. Эскола П. Докембрий Финляндии // Докембрий Скандинавии. Ред. К. Ранкама. – М.: Мир, 1967. – С. 154 – 261.
28. Харитонов Л. Я. К стратиграфии и тектонике карельской формации докембрия. – М., Л.: Госгеолиздат, 1941. – 56 с.
29. Харитонов Л. Я. Стратиграфия протерозоя Карелии, Кольского полуострова и сопредельных стран Балтийского щита и его структурное расчленение. Стратиграфия и корреляция докембрия. // Международный геологический конгресс. XXI сессия. – М., Л.: 1960. – С. 20 – 35.
30. Харитонов Л. Я. Стратиграфия и структура карелид восточной части Балтийского щита. – М.: Недра, 1966. – 355 с.
31. Иностранцев А. А. Геологический очерк Повенецкого уезда и его рудные месторождения // Материалы для геологии России. – СПб.: т. VII, 1877.
32. Кратц К. О. Геология карелид Карелии. – М-Л., труд. ЛГД, вып.16, 1963. – 210 с.
33. Судовиков Н. Г. Обзор стратиграфии, тектоники и магматической деятельности докембрия КАССР / Стратиграфия СССР. Т.1. Докембрий. – М.: 1939. – С. 57 – 80.
34. Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Проблема геологии ятулия. // Проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Л.: 1968. – С. 81 – 96.
35. Шуркин К. А., Доброхотов М.Н. Загородный В.Г. и др. Ранний докембрий Восточно–Европейской платформы (стратиграфия, корреляция) // Стратиграфия архея и нижнего протерозоя СССР. Л.: Наука, 1979. – С. 5 – 23.
36. Салоп Л. И. Геологическое развитие Земли в докембрии. – Л.: Недра, 1982. – 343 с.
37. Синицин А. В. Сариилийские конгломераты озера Волома и проблема сариилия в докембрии Карелии / ДАН СССР. 1969. – Т. 189, № 2. – С. 381 – 384.

38. Негруца Т. Ф., Негруца В.З. Характер границы архея и протерозоя и типы разрезов ранних карелид на стратотипической площади их развития // Стратиграфия архея и нижнего протерозоя СССР. – Л.: Наука, 1979. – С. 29 – 34.
39. Негруца Т. Ф. Палеогеография и литогенез раннего протерозоя области сочленения карелид и беломорид. – Л.: изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 255 с.
40. Негруца Т. Ф. Граница архея и протерозоя на Балтийском щите. – Апатиты: Кол. ФАН СССР, 1988. – 80 с.
41. Негруца Т. Ф. Историко–геологическое обоснование границы архея и протерозоя // Дисс. на соиск. степени доктора геол.–мин. наук. Изд. КНЦ АН СССР, Апатиты. – СПб, 1991. – 48 с.
42. Негруца Т. Ф. Раннепротерозойская стадия рифтогенеза в восточной части Балтийского щита // Структура земной коры материков континентов. – Л.: изд-во ЛГУ. 1983. Т. 77. Вып. 2. С. 16 – 25, 1991. – 48 с.
43. Негруца Т. Ф. Раннепротерозойская стадия рифтогенеза в восточной части Балтийского щита // Структура земной коры континентов. – Л.: изд-во ЛГУ. 1983. т. 77. Вып. 2. – С. 16–25.
44. Негруца Т. Ф. Точки стратотипов границ сумия и сариолия: рубеж архея и протерозоя – 2500 или 2700 млн. лет назад? Общие вопросы расчленения докембрия. Материалы III Всероссийского совещания. 13–17 июня 2000 г. Апатиты, 2000. – С. 197 – 200.
45. Хейсканен К. И., Голубев А. И., Бондарь Л. Ф. Орогенный вулканизм Карелии. – Л.: Наука, 1977. – 216 с.
46. Хейсканен К. И. Карельская геосинклиналь. – Л.: 1980, 168 с.
47. Ранний докембрий Балтийского щита. Под ред. В. А. Глебовицкого. – СПб.: Наука, 2005. 711с.
48. Кратц К. О. Шуркин К. А. Геология докембрия восточной части Балтийского щита // Доклады советских геологов. Проблема IX. Стратиграфия и корреляция докембрия. Международный геологический конгресс. XXI сессия. – М.: Л. 1960. – С. 36 – 44.
49. Негруца Т. Ф., Негруца В. З. Паданское несогласие А. А. Иностранцева – типовой пример границы архея и протерозоя // Вестник СПбГУ. 1995. Сер. 7. Вып. 3 (№21). – С. 42 – 47.
50. Бибикина Е. В., Клайсон С. А., Богданова С.В. и др. Эволюция Беломорского пояса: U–Pb цирконовая геохронология (данные изотопного микрозонда) // Беломорский подвижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, геодинамика, минерагения (материалы научной конференции и путеводитель экскурсии). – Петрозаводск: изд-во ИГ Кар. НЦ РАН, 2005. – С.111 – 112.
51. Баянова Т. Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. – СПб.: Наука, 2004. – 174 с.
52. Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Кейвский стратотип границы архея и протерозоя // Геология и геодинамика архея. Материалы I Росс. конферен. по проблемам геол. и геод. архея. – СПб.: Центр информ. культуры, 2005. – С. 286 – 292.
53. Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Кейвский биолитотип границы архея и протерозоя Современная палеонтология: классическая и нетрадиционная // Тезисы докладов III сессии Палеонтологического общества при РАН. – СПб.: 2006. – С. 93 – 94.
54. Чекулаев В. П. Архейские гранитоиды Карелии и их роль в формировании континентальной коры Балтийского щита / Автореферат докт. дис. – СПб, 1996. – 42 с.
55. Лобач–Жученко С. Б. 2700 млн. лет – важнейший рубеж в истории архея // Геология и геохронология архея. Материалы I Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия. – СПб: Центр информ. культуры, 2005. – С. 231 – 235.



56. Ахмедов А. М., Крупеник В. А. Литолого-геохимическое изучение опорных разрезов терригенно-карбонатных комплексов раннего протерозоя. Методические рекомендации. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. – 63 с.
57. Ахмедов А. М., Панова Е. Г., Крупенин В. А. и др. Аридные палеобассейны раннего протерозоя и девона зоны сочленения Балтийского щита и Русской платформы. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2004. – 140 с.
58. Ахмедов А. М., Свешникова К. Ю., Панова Е. Г. Вепсий: границы, зональность разрезов, реперные уровни // Материалы III Всероссийского совещания “Общие вопросы расчленения докембрия”. – Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2000. – С. 6–9.
59. Сацук Ю. И., Макарихин В. В., Медведев П. В. Геология ятулия Онего-Сегозерского водораздела. – Л.: Наука, 1988. – 96 с.
60. Светов А. П. Платформенный базальтовый вулканизм карелид Карелии. – Л.: Наука, 1979. – 208 с.
61. Светов А. П. Платформенный вулканизм Карелии (палеовулканические реконструкции, петрохимия, геодинамика). Автореф. дис. док. геол.-мин. наук. – М.: 1984. – 32 с.
62. Макарихин В. В., Кононова Г. М. Фитолиты нижнего докембрия Карелии. – Л.: Наука, 1983. – 180 с.
63. Левченков О. А., Богданов Ю. Б., Матреничев В. А. и др. Новые данные о возрасте вулканитов лопия Карелии. Материалы III Всероссийского совещания “Общие вопросы расчленения докембрия”. – Апатиты: 2000. – С. 143–145.
64. Матреничев В. А. Граница архей–протерозой в северо-восточном крыле Лехтинской зоны Карелии, 2000. – С. 155–157.
65. Melezhik V. A. et al. Links between Palaeoproterozoic palaeogeography and rise and decline of stromatolites: Fennoscandian Shield. *Precambrian Research*, 1997. – P. 311–348.
66. Melezhik V. A. et al. Karelian shungite – an indication of 2.0–Ga-old metamorphosed oil-shale generation of petroleum: geology, lithology, and geochemistry. *Earth–Science Reviews* 47 1999. – P. 1–40
67. Melezhik V. A. et al. Extreme  $^{13}\text{C}$  carb enrichment in ca. 2.0 Ga magnesit-stromatolite-dolomit-“red beds” association in a global context: a case for the world-wide signal enhanced by a local environment. *Earth–Science Reviews* 48, 1999. – P. 71–120
68. Соколов В. А. Геология и литология карбонатных пород среднего протерозоя Карелии. – М.; Л. 1963. – 183 с.
69. Имандра-Варзугская зона карелид. – Л.: Наука, 1982. – 280 с.
70. Соколов В. А., Галдобина Л. П. Людиковий – новое стратиграфическое подразделение нижнего протерозоя Карелии // Докл. АН СССР, 1982. Т. 267, № 1. – С. 187–190.
71. Куликов В. С., Куликова В. В., Лавров Б. С. др. Суйсарский пикрит–базальтовый комплекс палеопротерозоя Карелии (опорный разрез и петрология). – Петрозаводск: 1999. – 96 с.
72. Полеховский Ю. С. Динамическая эволюция Онежского бассейна седиментации на границе ятулия и людиковия (южная Карелия) // Материалы III Всероссийского совещания “Общие вопросы расчленения докембрия”. Апатиты: 2000. – С. 218–221.
73. Pekkarinen L. J. The karelian formations and depositional basement in the Kihteysvaara-area/ East Finland. *Geol. Surv. Finland, bull.*, 3–1, 1979, 141 p.
74. Куликович А. Е. Периодический закон исторической геологии // История и методология геологических наук. – Киев: Наукова думка, 1985. – С. 33–48.
75. Куликович А. Е. Фундаментальный закон геологии – закон многоуровневой системной цикличности геологической истории // Циклы как основа мироздания. – Ставрополь: СКГТУ, 2001. – С. 413–432.

76. Кулинкович А. Е., Якимчук Н. А., Татарина Е. А. К разработке общей теории Земли. Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2007. – С. 4–14.
77. Негруца В. З. Эмпирико-теоретический фундамент построения общепланетарного геохронологического календаря // Геоінформатика, 2007, № 2. – С. 32–40.