

О ВРЕМЕНИ В ГЕОЛОГИИ И ОБЩИХ ШКАЛАХ РАСЧЛЕНЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

И.Л. Жуланова

*ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило
Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН)
ул. Портовая, д. 16, г. Магадан, 685000, Россия*

Рассмотрены теоретические предпосылки корректного подхода к разработке стратиграфических шкал. Сделан вывод о взаимной дополняемости историко-геологических и изотопно-геохронологических методов, баланс которых особенно важен для совершенствования нижнедокембрийской части Общей стратиграфической шкалы. При использовании геохронометрических данных необходимо учитывать многоэтапную тектоно-термальную эволюцию областей развития раннего докембрия. На основе новой региональной стратиграфической схемы нижнего докембрия Северо-Востока России и ее корреляции со схемой расчленения нижнего докембрия юга Сибири разработан авторский вариант древнейшей части Общей стратиграфической шкалы. Архейскую акротему предложено подразделить на нижне-, средне- и верхнеархейскую эонотемы, типовыми подразделениями которых служат соответственно курульгиний, алданий и становий. Ранний архей интерпретирован как “лунная стадия” развития Земли. Его верхняя граница синхронизирована с датой 4600 млн лет – временем завершения активного развития Луны. Верхнюю границу архейской акротемы предлагается совместить с подошвой серии Исуа, имеющей возраст 3800 млн лет.

Ключевые слова: геологическое время, геохронометрия, шкала нижнего докембрия, архей, Северо-Восток России.

Введение. Сугубо теоретический вопрос о специфике геологического времени не беспокоит геологов-практиков, поскольку они уже свыше 100 лет владеют собственным инструментом его определения – Общей (глобальной) стратиграфической шкалой (далее – ОСШ). Однако для науки этот вопрос остается открытым, так как в действительности ОСШ составляет предмет периодически обновляемых конвенций, причем на разных уровнях – международном и национальных. Первоначально ОСШ утверждалась Международным геологическим конгрессом (далее – МГК), а после создания в 1961 г. Международного союза геологических наук (далее – МСГН) – его Международной комиссией по стратиграфии (далее – МКС). Национальные ОСШ утверждаются организациями соответствующей компетенции (в республиках, входивших в состав СССР, это были,

как правило, Межведомственные стратиграфические комитеты, далее – МСК). Важно, что национальные шкалы имеют приоритет перед международными. Так, в Российской Федерации первые обязательны к использованию при создании государственных геологических карт, а вторые носят рекомендательный характер и чаще фигурируют в научных разработках. В то же время понятно по определению, что необходимо максимальное сближение тех и других, в идеале – достижение тождества, на пути к чему прежде всего требуется анализ сущности и причин отличий. Такая попытка на основе использования литературных и оригинальных авторских материалов, характеризующих древнейшую (наиболее слабо разработанную) часть ОСШ, и составляет цель этой статьи.

Научные истоки проблемы восходят к Ч. Ляйелю (1797–1875) и Ч. Дарвину (1809–1882), заострившим внимание на неполноте геологической летописи, обусловленной “потерей време-

ни” на границах стратиграфических систем, т. е. потерей данных об эволюции органического мира. С современных позиций вопрос видится шире – как безвозвратная утрата многих вещественных и кинематических компонентов информации в процессе перехода палеогеосистем из динамического состояния в статическое. Выдающийся российский палеонтолог и теоретик стратиграфии С.В. Мейен (1935–1987) для обозначения этого явления предложил термин “темподесиненция” [15, 36]. В XIX в. не просматривалось никакой возможности оценить в масштабе обычного времени объем скрытых от наблюдения интервалов геологической истории. Но с разработкой доступных для массового применения изотопных методов датирования минералов и горных пород (фактически – после Второй мировой войны) ситуация кардинально изменилась. У стратиграфии появилась надежда калибровать границы ОСШ, установленные на палеонтологической основе, в единицах астрономического (физического) времени. Самые радужные перспективы, казалось, ожидали докембрий, особая значимость которого в истории Земли выяснилась именно (и только) благодаря геохронометрии (изотопной геохронологии). Но реальность оказалась сложнее: установление огромной длительности докембрия при его палеонтологической бедности породило принципиально новую ситуацию в стратиграфии, что заслуживает более подробного рассмотрения.

Геохронология, геохронометрия, хроностратиграфия: общность и различия. Все три понятия, вынесенные в заглавие раздела, родственны одному всеобъемлющему – “геологическое время”, особенно горячие дискуссии вокруг которого велись в последней четверти XX в. (см., например, материалы специального семинара дальневосточных ученых [22], коллективные монографии украинских и российских авторов [19, 23]). В российской науке проблема полнее всего исследована К.В. Симаковым (1935–2004). Он последовательно отстаивал точку зрения о несводимости геологического времени к физическому и не уставал предупреждать об опасности историко-геологических ошибок, проистекающих из пренебрежения теорией и методологией стратиграфии – фундамента любых геологических построений. В этом вопросе он не был одинок, но никто из выдающихся единомышленников (А.И. Жамойда, С.В. Мейен, М.А. Семихатов, Б.С. Соколов) не проанализировал так подробно и глубоко исто-

рию представлений о геологическом времени – начиная с “протогеологических” концепций античности вплоть до публикаций начала XXI в. [20, 37 и др.].

Тем не менее сегодня подавляющее большинство геологов (особенно англоязычных) применяют термин “геологическое время” как свободный. Об этом говорит, в частности, использование в качестве синонимов по отношению к одному и тому же объекту двух названий: “Шкала геологического времени” (*Geologic Time Scale*, далее – *GTS*) [46] и “Международная хроностратиграфическая схема” (*International Chronostratigraphic Chart*) [45], хотя сам язык подсказывает, что сущность соответствующих понятий не идентична. Тут необходимо напомнить, что профессор Кембриджского университета У.Б. Харленд, координировавший в 1980-х гг. начатые по инициативе МКС работы по комплексному обоснованию стратиграфических подразделений, понимал вопрос более строго. Итоговая монография авторского коллектива, опубликованная в 1982 г. (русское издание 1985 г. [40]), названа “Шкала геологического времени” (*A geologic time scale*), но она (шкала) рассматривается как двойная, в которой “... существуют бок о бок и хорошо приспособлены друг другу” хроностратиграфическая и хронометрическая шкалы [40, С. 13]. При этом в категорию хронометрических попали два вида шкал: во-первых, те, что отражают калибровку вещественных границ с помощью методов геохронометрии (фактически это производные традиционных стратиграфических шкал), во-вторых – шкалы, где границы интервалов определяются просто в годах. В свою очередь здесь различаются чисто искусственные (нумерические) шкалы, состоящие из равных по времени отрезков, и те, в которых отражены геологические события разной длительности. Вскоре последовал уточненный вариант той же шкалы (*A Geologic Time Scale*, 1989 [49]). В трактовке У.Б. Харленда, таким образом, шкала геологического времени имела более высокий ранг, чем составляющие ее хроностратиграфическая и хронометрическая шкалы.

Изложенное заставляет более глубоко, чем это свойственно геологам в их повседневной работе, задуматься над тем, что переход от наблюдения слоев горных пород к рассуждению о последовательности некогда происходивших событий и тем более к построению шкалы давно прошедшего времени – нетривиальная логическая операция. Не случайно “сборка” ОСШ, полностью

охватившей историю Земли, заняла более ста лет целенаправленных усилий: с конца XVIII в., когда была выделена юра, до 8-й сессии МГК (1900 г., Париж), утвердившей шкалу во всем объеме – от архея до кайнозоя. Но самое главное с точки зрения обсуждаемой проблемы, что параллельно с собственно стратиграфической (вещественной) шкалой, включающей ряд соподчиненных таксонов (группа, система, отдел, ярус) была утверждена идентичная по структуре (изоморфная, по К.В. Симакову) геохронологическая (виртуальная) шкала, единицами которой выступают интервалы времени (эра, период, эпоха, век), в течение которых сформировались соответствующие слоистые тела. Органическое родство стратиграфической и геохронологической шкал – яркая иллюстрация единства эйнштейновского “пространства–времени”. С.В. Мейен подчеркнул это, определив стратиграфию как науку, которая “изучает пространственно-временные отношения комплексов горных пород (геологических тел) в земной коре”, что принято в качестве методологической основы в Стратиграфическом кодексе России [39, С. 17–18]. Существует мнение, что обе шкалы по сути составляют одно целое, разделение которого на две части призвано облегчить геологу осознание историзма практической стратиграфии.

На этом фоне понятие “хроностратиграфия”, восходящее к разработкам Х. Хедберга середины XX в. [37, Т. 1, 3], многие специалисты считают избыточным. Представляется, однако, что оно удачно отражает специфику современного подхода к совершенствованию общей шкалы фанерозоя, когда традиционное изучение разрезов (стратотипов) стандартных подразделений шкалы (стратонов) дополняется изотопными датировками их границ (лимитотипов). Главную новизну при этом составляет то, что верхней границей каждого из стратонов считается подошва стратона, залегающего выше. Последний момент принципиален, поскольку позволяет снять проблему “потери времени”. Действительно, благодаря понижению статуса верхних границ, интервалы времени, физически овеществленные в каждом данном стратоне, достраиваются интервалами, отвечающими перерывам. Именно в этом, а не просто в геохронометрической калибровке лимитотипов, видится объективное отличие шкал хроностратиграфических от стратиграфических *s. stricto*. Но дальнейшее совершенствование любых шкал, включающих численные значения возраста границ, наталкивается на: 1) методические слож-

ности изотопного датирования слоистых накоплений – главной материальной основы стратиграфических построений; 2) ограниченную разрешающую способность геохронометрии как инструмента историко-геологических реконструкции; 3) дискуссионность геологической интерпретации изотопных датировок.

К.В. Симаков весьма скептически оценивал возможность использования методов изотопной геохронологии для определения “темпоральных свойств и отношений феноменов геологической летописи”. Главную проблему он усматривал в фундаментальном различии между временем, отражающим глобальную эволюцию биоты (он назвал его палеобиосферным), и изотопным – несущим, на его взгляд, информацию лишь о запусках сугубо локальных (минеральных, породных) радиоактивных часов [36, 37]. Такая позиция в корне расходится с нынешней реальностью. Мощный технический прогресс конца XX в. поднял геохронометрию на качественно новый уровень, вооружив ее высокопроизводительными приборами. Но оборотной стороной массового поступления новых изотопных датировок оказалось их некритическое использование геологами, породившее тенденцию смены приоритетов – предпочтение геохронометрических данных геологическим и как следствие – ревизию многих десятилетиями складывавшихся представлений об истории формирования крупных геоконструкций и территорий. Как ни странно, сторонники подобного подхода (апологеты геохронометрии) чаще всего не осознают, что изотопные датировки минералов и/или горных пород как таковые геологического содержания не несут. Оно обнаруживается только при соотнесении их с ОСШ.

Здесь-то и встает вопрос о разрешающей способности методов изотопного датирования, причём не столько самой по себе (аналитической точности приборов), сколько тоже в сопоставлении с ОСШ. К настоящему моменту установлено, что длительность периодов фанерозоя варьирует (млн лет) от 80–90 до первых десятков, веков – от полутора десятков до 3–1, а это уже подходит к пределу возможностей современной аппаратуры. Понятно тем самым, что внутренняя история веков (ярусов ОСШ) хронометрической росписи не поддается, между тем как палеонтологические данные предоставляют для этих целей широкие возможности (частям ярусов в ОСШ соответствуют зоны и подзоны, в региональных и местных схемах выделяются, кроме того, лоны, слои

с фауной или флорой, и каких-либо препятствий для еще более дробного членения стратиграфических разрезов не просматривается).

Оригинальное графическое отображение проблемы геологического времени с ее дилеммой “геохронология *versus* геохронометрия” предложил на склоне своих лет патриарх советской стратиграфии Б.С. Соколов (1914–2013). Поле прямоугольной системы координат (горизонтальная ось – изотопное время; вертикальная – время в декамериадах¹; то и другое – вне масштаба) он разделил на две части диагональю, символизирующей воображаемое направление движения времени. Верхняя часть обозначена как “Пространство времени”, оно же – “Палеобиосферное пространство”, нижняя – “Стратиграфическое пространство литосферы” [38]. Более выразительным

представляется трансформированный вариант этой диаграммы, где по обеим осям показано изотопное время в одинаковом истинном масштабе и изменено местоположение частей (рис. 1). Здесь прекрасно видно, во-первых, насколько коротка фанерозойская “жизнь” сравнительно с докембрийской “преджизнью”, т. е. как долго шла биосфера к вендскому популяционному взрыву, во-вторых – как бесконечно расширяется по мере геологической истории “пространство палеобиосферного времени”. В этом и заключается фундаментальное отличие палеобиосферного времени от изотопного, чей объем вверх по стратиграфической лестнице неуклонно сжимается. Кроме всего прочего, это означает, что неотъемлемый атрибут биосферы (проявлений жизни от самого ее начала) составляет акселерация.

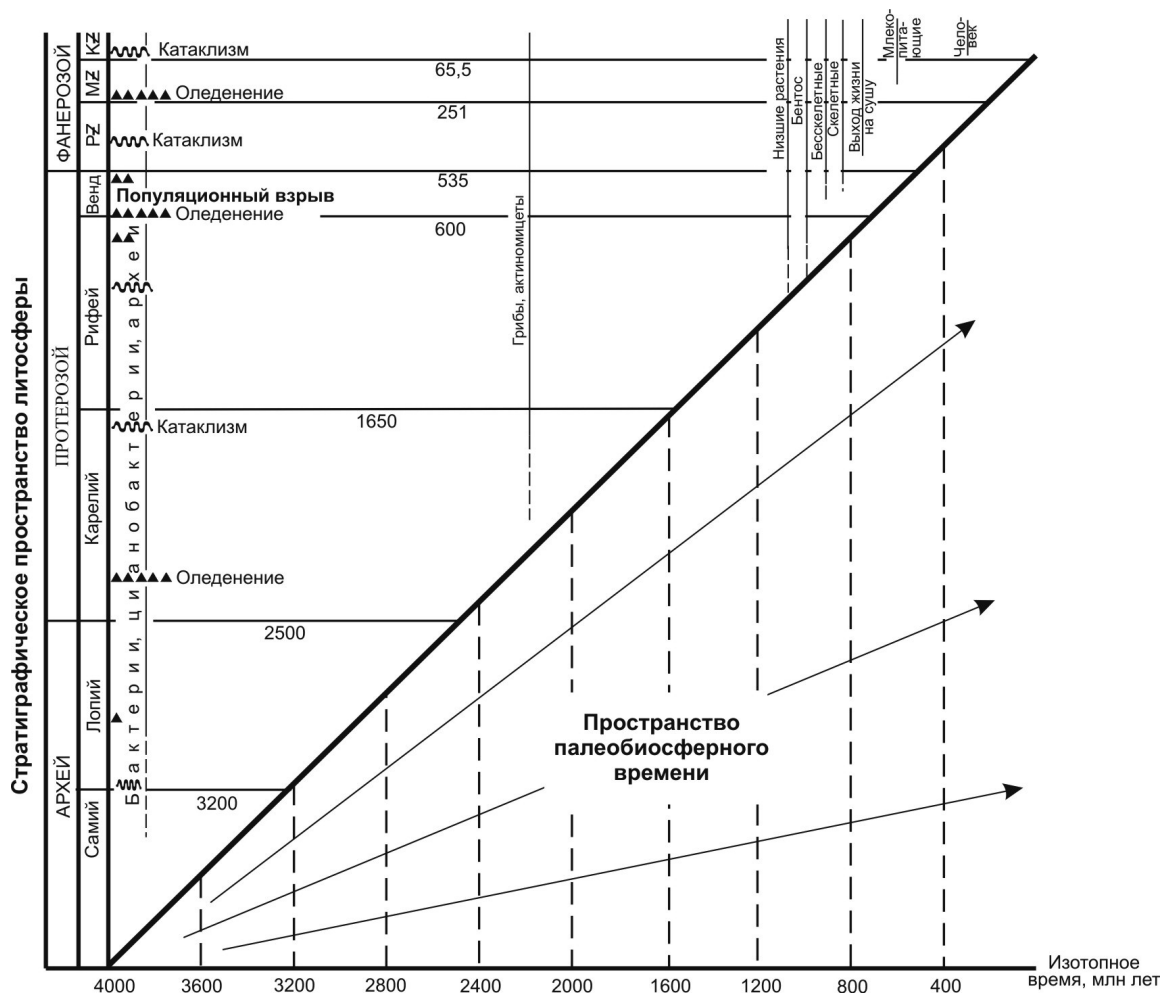


Рис. 1. Геологическое время по палеобиосферным и изотопным часам. Составила И.Л. Жуланова на основе диаграммы Б.С. Соколова [38]: по вертикальной оси – стратиграфические подразделения и изотопный возраст границ, по [27, 39]. Горизонтальный и вертикальный масштабы изотопного времени равны. Начало координат – округленная дата возможного появления “преджизни”

¹ Предложенная В.И. Вернадским единица измерения геологического времени, равная 100 000 лет.

Единственное дополнение ко всему сказанному о “геологическом времени” – что, строго говоря, это образное выражение. Оно равнозначно тому, как в исторической науке, да и в обычной жизни, говорят, к примеру, о “времени (или временах) Тутанхамона”. На самом же деле в подавляющем большинстве историко-геологических реконструкций речь идет не о времени *s. stricto* (это проблема специальная, располагающаяся на стыке геологии, общей физики и философии), а об инструментах его измерения, т. е. о “часах”. Конечно, в первой половине XX в. (“во времена Эйнштейна и Вернадского”) размышления о феномене времени были действительно актуальны. Но сейчас, думается, геологу достаточно представлять себе азы Общей теории относительности: если не осознать, то запомнить, что время и пространство неразделимы, и как можно внимательнее относиться к “геологическим часам”, которых теоретически может быть много. Необходимо, с одной стороны, совершенствовать ОСШ, с другой – минимизировать ошибки и произвол в определении относительного геологического возраста изучаемых объектов, т. е. в их привязке к ОСШ.

Если же говорить о соотношении палеобиосферных и изотопных часов, то рис. 1 с очевидно-

стью демонстрирует, что, вопреки мнению К.В. Симакова, они эффективно дополняют друг друга. Еще более ярко это иллюстрируется сравнением длительности периодов фанерозоя (рис. 2). Закономерно чередующиеся на графике максимумы и минимумы показывают, насколько основательным и объективно верным был (и остается) классический стратиграфический подход к возрастному расчленению слоистой оболочки Земли и как много еще не познанного способна открыть разрабатываемая с его помощью периодизация геологической истории. Вместе с тем понятно, что выявление такого рода историко-геологических (геохронологических) закономерностей в отсутствие данных геохронометрии невозможно. Небезынтересно также, что в варианте Шкалы–1989 У.Б. Харленда хронометрическая периодичность много выразительней. Отличия связаны не столько с уточнением изотопного возраста соответствующих “золотых гвоздей” (утвержденных МСГН лимитотипов систем), сколько с изменениями их местоположения [46]. Попутно, и тоже как иллюстрация полезной взаимодополняемости палеобиосферных и изотопных часов, возникает вопрос: насколько обоснованы позднейшие изменения стратиграфических границ ОСШ?

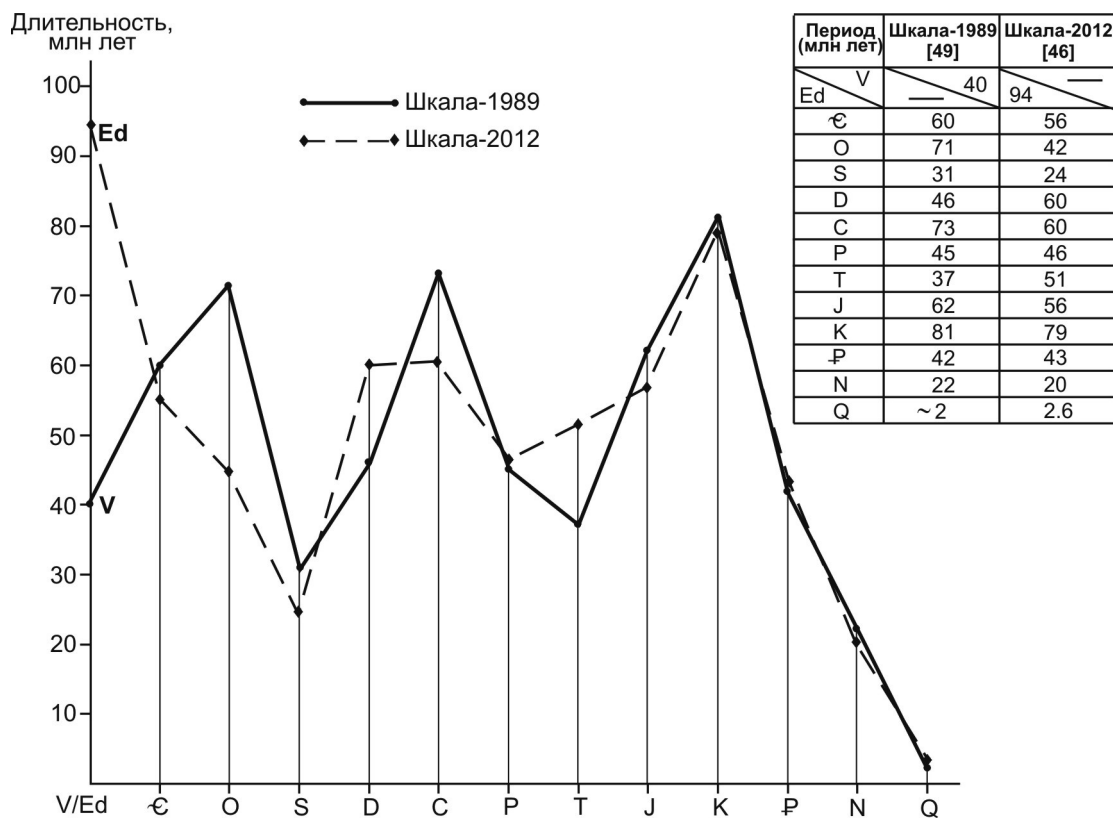


Рис. 2. Сопоставление длительности геологических периодов. Составила И.Л. Жуланова по [46, 49]

Общие шкалы докембрия и дорифей Северо-Востока России.

К истории общих шкал докембрия. Первый шаг, взломавший изнутри единство стратиграфической методологии, совершил МСГН, утвердив в 1976 г. “геохронометрический стандарт” границы архея и протерозоя, равный 2500 млн лет. Роковыми для стратиграфии, на взгляд автора, тут стали два фактора: 1) “навечное” закрепление в качестве геолого-исторического рубежа высшего ранга однажды принятой условной величины; 2) изменение методического подхода к разграничению двух крупнейших подразделений ОСШ. Нарботанные за более чем 100 лет (с момента выделения в середине XIX века У. Логаном на Канадском щите лаврентия и гурона) геологические критерии возрастного расчленения комплексов фундамента древних платформ (вещественный состав, структурно-стратиграфические соотношения, характер деформаций, особенности метаморфизма) отошли в разряд второстепенных – если не вовсе незначимых, уступив место изотопным датировкам.

История сложилась так, что это решение МСГН сразу же попало в центр внимания первого за 60 лет существования СССР Всесоюзного совещания по общим вопросам расчленения докембрия (Уфа, 1977 г.). К тому времени в практике геологического картирования территории страны прочно утвердились структурно-стратиграфические принципы расчленения докембрия, восходящие к фундаментальным геолого-петрологическим исследованиям Д.С. Коржинского на юге Сибири в 1929–1939 гг. На их основе повсеместно (Карело-Кольский регион, Восточно-Европейская платформа, разнообразные тектонические структуры Сибири и Дальнего Востока) к наиболее древнему – архейскому – стратону ОСШ были отнесены стратифицированные образования гранулитовой и/или амфиболитовой фации ареального регионального метаморфизма (кристаллические толщи), с разрывом и угловым несогласием перекрытые гораздо более слабо преобразованными (“зеленокаменными” и зонально метаморфизованными) вулканогенными и осадочными породами, которые датировались нижним протерозоем. Геохронометрический стандарт МСГН разрушал эту схему, поскольку к моменту его введения для вулканогенно-осадочных образований, начинающих разрез нижнего протерозоя Карелии (гимольская серия лопского комплекса) уже были получены датировки, превышающие 2600 млн лет.

Отсюда родились два взаимоисключающих предложения: 1) признать приоритет геохронометрического подхода и отнести образования гимольского уровня к архею, согласившись тем самым с принципиальным изменением его стратиграфического объема; 2) не менять определения архея как специфического комплекса высокометаморфизованных образований и удревить его верхнюю границу до 3000 (или даже 3500) млн лет. Совещание 1977 г. утвердило вариант, отвечающий решению МСГН с небольшой разницей в возрасте верхней границы архея (2600 ± 100 млн лет). Позиция классической российской школы, согласно которой древнейшими в цоколе континентов признаны кристаллические толщи гранулитовой и амфиболитовой фаций регионального метаморфизма, этим решением не отменялась, но и подразделить архей на единицы второго порядка совещание не решилось, указав лишь на существование двух внутриархейских рубежей: 3000 ± 100 и >3500 млн лет [25].

Вскоре общая ситуация обострилась: уже в начале 1980-х гг. выяснилось, что на всех без исключения континентах изотопные даты, превышающие 2500 млн лет, гораздо чаще обнаруживаются не в кристаллических, а в “зеленокаменных” образованиях – но не в любых, а только в тех, которые слагают протяженные прогибы (пояса, трюги) на своеобразном фундаменте, получившем название “серогнейсового”. Для выхода из сложившегося противоречия было предложено считать, что архей на современном эрозионном срезе континентов представлен не только ареальными гнейсо-гранулитовыми толщами, но и двухъярусными тектоническими сооружениями, получившими наименование гранит-зеленокаменных областей [10]. Возрастные соотношения тех и других – в первую очередь под влиянием геохронометрической информации – стали с тех пор предметом дискуссии, а интерес к высокометаморфизованным комплексам значительно снизился.

II Всесоюзное совещание по общим вопросам расчленения докембрия СССР (Уфа, 1990 г.), подтвердило приверженность хроностратиграфическому подходу, опирающемуся на систему типовых разрезов. Новацией стало решение о переходе к установлению важнейших стратиграфических границ не по окончанию крупных тектоно-магматических циклов, как это было принято совещанием 1977 г., а “по началу процессов вулканизма и осадконакопления, которые в стратотипических

областях обычно знаменовали выработку нового структурного плана” [32, С. 5]. Главными аргументами названы: 1) более четкая фиксируемость процессов заложения тектонических структур, нежели признаков окончания их развития; 2) стремление вернуть слоистым толщам ведущую роль в конструкции шкалы, т. е. привести способ ее построения в соответствие с провозглашенным хроностратиграфическим принципом и, согласно с практикой фанерозойской стратиграфии, определять длительность докембрийских подразделений ОСШ по положению нижних границ двух последовательных стратонов одного ранга. В то же время совещание констатировало, что разрешающая способность геохронометрии повысилась до уровня, когда ее результаты можно использовать “как для датирования дискретных геологических событий, определяющих положение общих стратиграфических границ в стратотипических местностях, так и для межрегионального трассирования этих границ в виде относительно изохронных поверхностей вне прямой зависимости от их геологического выражения в каждом отдельно взятом регионе” [32, С. 4]. В итоге уфим-

ское совещание 1990 г. утвердило деление архея на нижний и верхний с возрастом границы 3150 ± 50 млн лет, который был определен по цирконам из вулканитов “зеленокаменной” конкской серии Украинского щита.

Практически тогда же (конец 1980-х гг.) на международном уровне подкомиссия по стратиграфии докембрия МКС разработала вариант ОСШ, где протерозойский эон был подразделен на 10 периодов [51]. Каждый из них знаменует какое-то яркое событие геологической истории, но датировка границ принята директивно – в соответствии с методикой геохронометрических стандартов, прецедент которой создал МГСН при разграничении архея и протерозоя. Длительность периодов протерозоя кратна 50 (250, 200, 150) млн лет при явной тенденции к снижению к концу эона (на венчающий шкалу неопротерозой-III пришлось около 50 млн лет). За 20 с лишним лет дальнейшей работы эта шкала претерпела единственную поправку: вместо неопротерозоя-III выделен эдиакарий с несколько более молодой нижней границей. Нумерическим в ней является по существу и расчленение архея (рис. 3 [45, 46]).

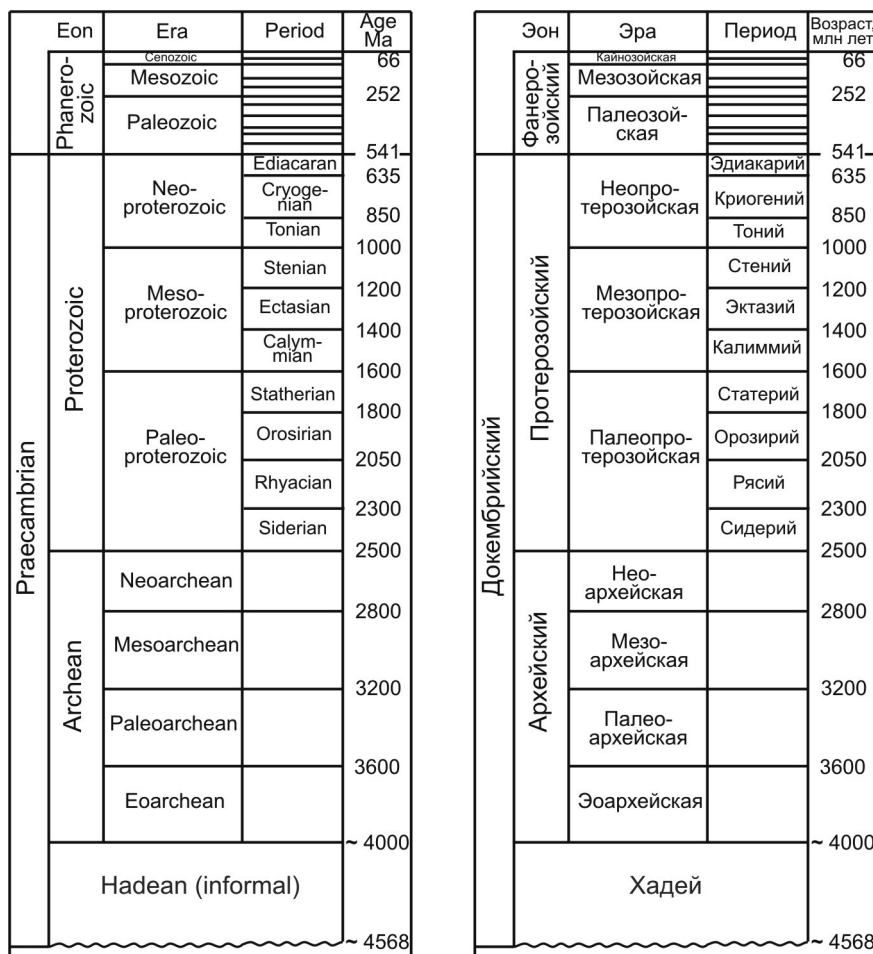


Рис. 3. Шкала геологического времени (The Geologic Time Scale [46])

Со стороны российских специалистов хронометрическая методология и полученные на ее основе результаты встретили серьезную критику [16, 33, 34]. А недавно этот подход признали вынужденным и руководители МКС: заявлено официально, что корреляция докембрия должна опираться на комплексную геологическую характеристику стратонов, пока якобы недостаточную [52]. С последним утверждением согласиться трудно. В результате систематического государственного геологического картирования на территории бывшего СССР накоплена богатейшая информация о геологии и геохронологии докембрия. Подробно этот аспект проблемы рассмотрен в недавней публикации В.П. Кирилюка и И.Л. Жулановой [9].

Дискуссионные вопросы Общей шкалы нижнего докембрия России. В современной России задача общего расчленения докембрия по-прежнему рассматривается как самостоятельная и обсуждается на специальных совещаниях. Последнее (III Всероссийское) состоялось в г. Апатиты в 2000 г. и было посвящено нижнему докембрию. Принятая шкала (далее – Шкала-2001, по дате утверждения, с некоторыми уточнениями, расширенным Бюро МСК РФ [27]) действует по настоящее время. Нижний докембрий, напомним, – неформальное подразделение, объединяющее архей и нижний протерозой, что соответствует протогею, первому из двух выделенных Г. Штилле в истории Земли мегахронов (второй – неогей, объединяет поздний протерозой и фанерозой). Синонимом нижнего докембрия в российской литературе нередко выступает термин “дорифейский докембрий”, или просто “дорифей”. Он несёт нюанс, отражающий специфику фанерозойских складчатых поясов, в фундаменте которых зеленокаменные пояса отсутствуют и на глубокометаморфизованные архейские образования непосредственно ложится рифей [5]. В частности, в мезозоидах Северо-Востока России (Верхояно-Чукотская складчатая область, далее – ВЧСО), сложнодислоцированные полиметаморфизованные кристаллические толщи, возрастное расчленение которых составляет отдельную проблему, перекрыты – со значительным стратиграфическим и резким структурным несогласием – практически неизменными верхнерифейскими (реже средне-верхнерифейскими) карбонатно-терригенными отложениями [2].

Главными единицами Шкалы-2001 (рис. 4, колонка 1) служат соподчиненные стратоны трех рангов: две акротемы (архейская, протерозой-

ская); три зонотемы (нижнеархейская, или саамская; верхнеархейская, или лопийская; нижнепротерозойская, или карельская); пять эратем (три лопийские и две карельские). Для каждой из эратем существуют вещественные эталоны – надгоризонты Карело-Кольской региональной шкалы, опирающиеся на характерные местные подразделения [27]). Стоит отметить достаточно парадоксальное обстоятельство: в разрез с позицией лидеров мировой и тем более отечественной стратиграфии, придающих главную роль комплексной характеристике раннедокембрийских стратонов, наиболее серьёзные нововведения в Шкале-2001 появились как следствие победы сторонников геохронометрического подхода. Прежде всего это относится к первому снизу подразделению – нижнеархейской зоноте, отождествлённой в Шкале-2001 с саамием, хотя уфимским совещанием 1990 г. его стратотип (волоцкая толща водлозерского комплекса) был отмечен лишь как региональный представитель нижнего архея на Балтийском щите – предполагаемый эквивалент курульгиния и/или алдания [32].

Приоритет, отданный саамию, фактически был компромиссом (точнее, паллиативом), порожденным острыми дебатами вокруг стратиграфии сибирского докембрия. Инициатива исходила от геохронологов Института геологии и геохронологии докембрия (ИГГД) РАН, материалы которых несколько позже обобщил А.Б. Котов [13]. Дискуссия закончилась тем, что валидность супракрустальных образований ареальной гранулитовой фации юга Сибири как стратотипа нижнего архея, которая на протяжении полувека после исследований Д.С. Коржинского представлялась бесспорной, официально была дезавуирована. И это несмотря на то, что на IV Межведомственном региональном стратиграфическом совещании (далее – МРСС) по Дальнему Востоку (Хабаровск, 1990 г.) на территории Алдано-Станового щита были выделены три нижнеархейские региональные надгоризонта (снизу вверх): алданий, становий, сахаборий, и это решение, как предписывает процедура, было официально утверждено МСК России [26].

В Шкале-2001 в качестве древнейшего на Алданском щите фигурирует комплекс тоналит-трондьемитовых гнейсов (далее – ТТГ) – название, пришедшее на смену “серым гнейсам”, дабы подчеркнуть их ортометаморфическую природу, а выше помещены супракрустальные гранулиты “иенгрского метаморфического комплекса”

(иенгская серия – общепризнанный компонент алдания). Момент смены ТТГ гранулитам относительно рубежа 3200 млн лет (граница саамий–лопий) не определён, а их верхняя граница совмещена с подошвой среднего лопия (3000 млн лет) [27]. Иначе говоря, алданские гранулиты, согласно Шкале-2001, стали считаться либо нижневерхнеархейскими ближе нерасчленёнными, либо верхнеархейскими (нижнелопийскими).

Дорифей Северо-Востока России в свете задач хроностратиграфии. В ситуации, когда гранулиты Юго-Восточной Сибири лишились официального статуса древнейшего подразделения ОСШ “Северной Евразии в границах бывшего СССР” (так после 1991 г. стали иногда именовать шкалы 1977 и 1990 гг.) важную роль приобретают их некогда общепризнанные эквиваленты, составляющие

основную долю объема дорифея ВЧСО. Сопоставление тех и других, выполненное под соответствующим углом зрения, позволяет продвинуться вперед в понимании природы возникшего противоречия. Дорифей занимает лишь первые проценты современного среза ВЧСО, но в реальности это тысячи квадратных километров, которые благодаря хорошей обнаженности региона (горный рельеф, морские береговые обрывы) оказываются богатым источником разнообразной информации. Приуроченность большинства выходов к тектоническим элементам с длительным восходящим режимом развития (гнейсово-купольные структуры нескольких генераций) обуславливает большой вертикальный размах доступного наблюдению дорифейского разреза [2, 3]. Если смотреть шире, именно тектоническая специфика

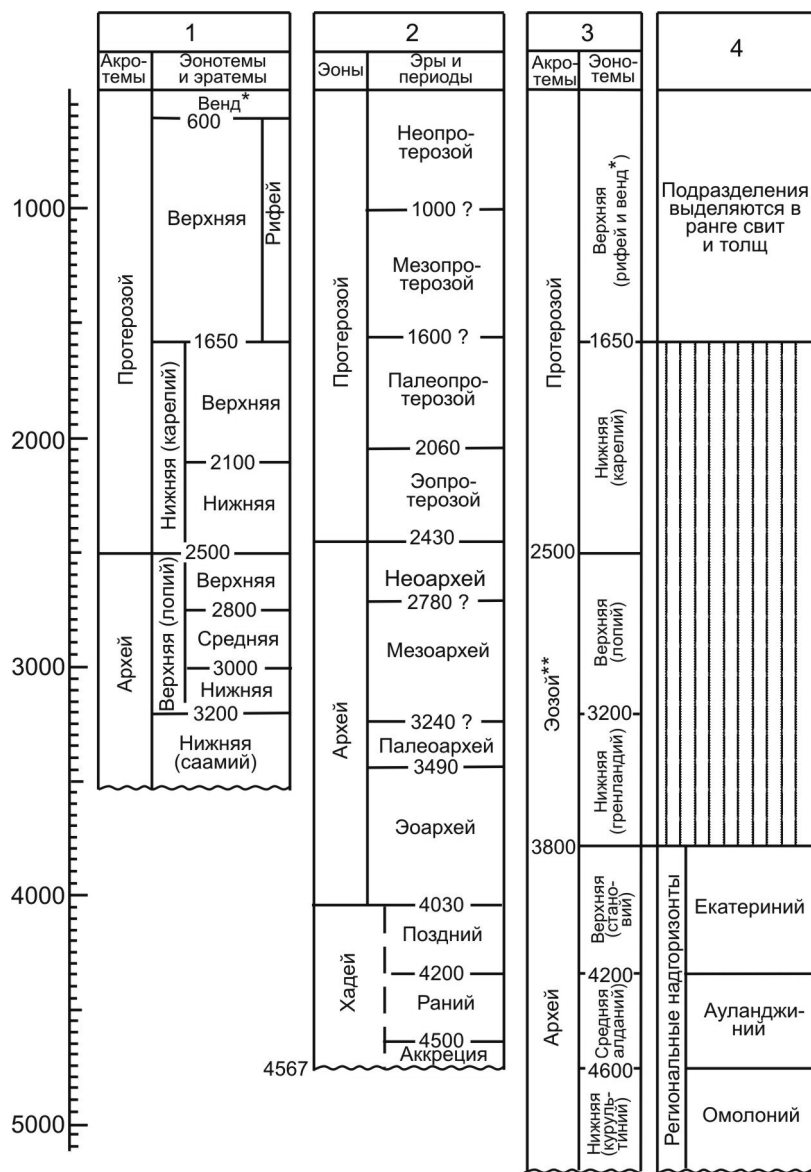


Рис. 4. Сопоставление общих шкал докембрия: 1 – Общая стратиграфическая шкала докембрия России [27, 39]; 2, 3 – предлагаемые варианты: 2 – по [52], 3 – по И.Л. Жулановой (данная работа); 4 – региональная стратиграфическая схема нижнедокембрийских образований Верхояно-Чукотского региона [28]. Цифры – изотопный возраст, млн лет. * Выделяется в ранге системы [39]; ** в этом значении термин предложила использовать Б.Я. Хорева [41]

выходов докембрия, наблюдаемых в фанерозойских поясах, предопределяет те или иные их преимущества (в разных поясах разные) перед щитами древних платформ при расшифровке истории раннего докембрия.

Уровень изученности дорифея, по меркам Северо-Востока России, высокий: все его выходы закартированы в масштабе 1 : 200 000 и крупнее; детально охарактеризована петрография важнейших породных групп и условия их метаморфизма; реконструирована природа протолита; выполнено изотопное датирование. В итоге установлено, что породные ассоциации дорифея ВЧСО имеют сложную природу – полигенную, полиметаморфическую и полихронную. Для них характерны: 1) стратификация нескольких порядков, отражающая в главных своих чертах истинную слоистость протолита; 2) монофациальный (ареальный) тип и высокий уровень регионального метаморфизма (гранулитовая и/или амфиболитовая фация); 3) гранитизация (*s. lato*), протекавшие неоднократно в разных физико-химических условиях в интервале от раннего архея до конца раннего протерозоя.

Для введения дорифейских образований в серийные легенды государственных геологических карт нового поколения (ГГК-200/2, ГГК-1000/3) предложены критерии вычленения из их состава двух категорий картографируемых подразделений: 1) местных стратиграфических (супракрустальных) – материальных фиксаторов непрерывно текущего геологического времени (толщи, свиты, серии); 2) региональных петрографических – индикаторов дискретных эндогенных событий (чарнокитоиды, плаггиогнейсы, гранитогнейсы, метагенные гранитоиды и т. п. – продукты ультраметаморфизма, дебазификации, натровой и/или калиевой гранитизации). Кроме того, в самостоятельное петрографическое подразделение выделены амфиболовые эклогиты и метаперидотиты, локализованные в нижней части видимого разреза (Ауланджинский блок Омолонского массива). Они интерпретированы как тектонические отторженцы нижнекоровых ортометаморфитов со значимо большей, чем у вмещающих гранулитов, глубиной образования (поварнинский инфракрустальный комплекс) [3, 12].

Данные по стратиграфии, полученные в результате исследований, выполненных к 2001 г. специалистами различных учреждений, обобщены на III (последнем) МРСС по Северо-Востоку России (Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2002 г.) [28, С. 9–29]. Согласно утвержденной региональной

схеме нижнего докембрия Верхояно-Чукотского региона, здесь в большинстве выходов обнажен нижний архей; в Восточно-Чукотском районе выделены, кроме того, предположительно верхнеархейские, в Охотском – нижнепротерозойские отложения, метаморфизованные сравнительно слабо. Петро- и стратотипической местностью нижнего архея служит Омолонно-Тайгоносский район (рис. 5). Нижний архей подразделен на три региональных надгоризонта (снизу вверх): омолоний, ауланджиний, екатериний, каждый из которых обладает литолого-формационной и, одновременно, петрологической спецификой. Омолоний составляет нижнюю часть разреза и отличается господством основных кристаллосланцев гранулитовой фации (метабазальтоидов, отчасти, возможно, метагабброидов), включающих протрузии поварнинского комплекса. От вышележащей части разреза омолоний отделен структурным несогласием. Ауланджиний характеризуется грубо ритмичным чередованием метавулканических и метавулканогенно-терригенных основных пород с кислыми метаосадочными, доля которых к верхам ритмов возрастает. Охватывает два полных ритма второго порядка, в верхнем из которых впервые появляются известково-силикатные и карбонатные паропороды. Уровень метаморфизма отвечает гранулитовой фации, глубинность ($P_{общ}$) которой вверх по разрезу снижается от 10–9 до 7–6 кбар. Екатеринбург представлен ассоциацией пород прогрессивной амфиболитовой фации повышенного (до 6 кбар) общего давления, с постепенным понижением к верхам разреза до эпидот-амфиболитовой. Здесь хорошо обособлены (снизу вверх) существенно парагнейсовая, амфиболит-плаггиогнейсовая и паракварцито-карбонатная части.

В целом в дорифее Северо-Востока России хорошо распознается классическая сибирская схема стратиграфии кристаллического архея с обособлением нижней – гранулитовой – части (аналоги алдания) и верхней – амфиболитовой (аналоги становия). Здесь также четко выражен подауланджинский уровень – омолоний, соответствующий “инфракрустальному фундаменту” алдания либо (что кажется предпочтительным) курульгинию [26].

Самая характерная особенность дорифея Верхояно-Чукотского региона – тесное переплетение относительно более древнего изохимически перекристаллизованного слоистого субстрата и продуктов его гранитизации, слагающих четыре разновозрастных комплекса. Формирование двух

первых возможно синхронизировать с седиментогенезом по модели “купол – прогиб”. Она подразумевает, что накопление протолита гранулитов (ауланджиния) было причинно связано с ростом и размывом “анманджинской генерации” гнейсово-купольных поднятий, супракрустальных толщ екатериния – “ноддинской” [2]. По всем характеристикам ноддинский комплекс сопоставим с типичными “серыми гнейсами” [12, С. 37–93]. Для хроностратиграфии самое главное – в том, что ноддинские “серые гнейсы” по отношению к супракрустальным гранулитам выступают как отчётливо более поздние. В главной своей массе они представляют собой продукт дебазификации основных кристаллосланцев ауланджиния (реже – амфиболитов екатериния), которая лишь на

самой поздней стадии, локально, переходила в плавление. Это естественно объясняется высоким уровнем глубинности большинства наблюдаемых в ВЧСО дорифейских образований (глубоким эрозионным срезом дорифея)².

В Омолонно-Тайгоносском районе выполнен большой объем изотопно-геохронологических исследований силами многих отечественных и, отчасти, зарубежных лабораторий, с применением большинства известных методов [1, 2, 12]. Самый общий результат заключается в констатации широкого проявления феномена “несходящихся значений возраста”. Вместе с тем установлено, что “несходящиеся” датировки не случайны, а отражают в большинстве случаев периодические эндогенные возмущения (“термальные

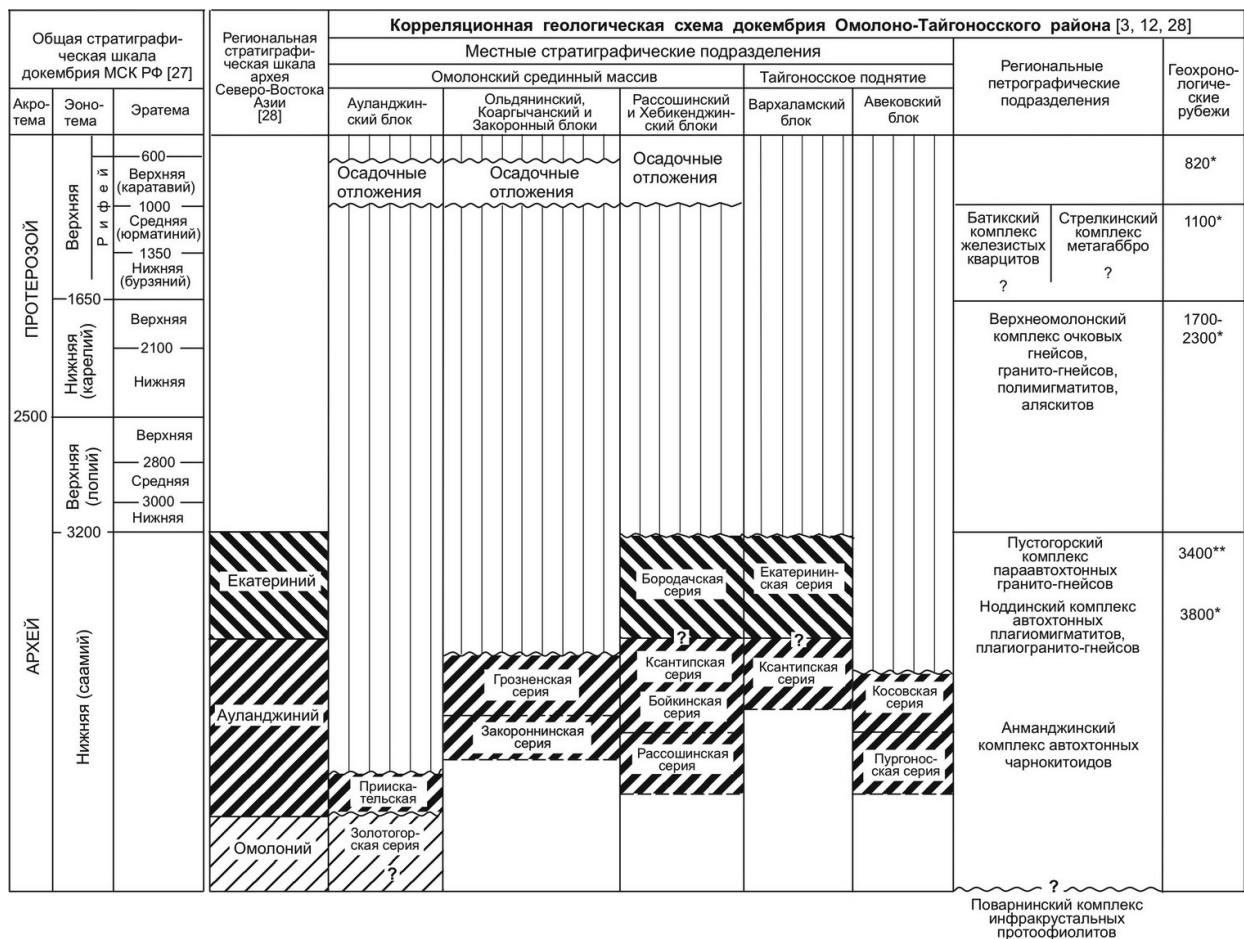


Рис. 5. Схема корреляции стратиграфических и петрографических подразделений докембрия Омолонно-Тайгоносского района Верхояно-Чукотского региона, по [3, 12, 28]. Цифры – изотопный возраст, млн лет. * Rb-Sr изохронный метод по валовым пробам пород [12], ** U-Pb метод по циркону [1]

² С этой точки зрения крайне неудачным представляется термин “тоналит-трондьемитовые гнейсы”, заимствованный из англоязычной тектонической литературы. Смешивая идентичные по минеральному составу магматические и метаморфические породы на словах, он провоцирует аналогичные ошибки на практике. Между тем без тщательного различения тех и других спорные вопросы архейской геологии разрешить вряд ли удастся.

события”), которыми сопровождалось продвижение высокометаморфизованных раннедокембрийских образований к современной эрозионной поверхности. Наиболее глубокое влияние на поведение радиогенных изотопов оказывали процессы гранитизации, с которыми связано формирование анманджинского, ноддинского и верхнеомолонского комплексов (рис. 5). Особенно показательны, что идентичные Rb-Sr изохронные даты установлены как для “серых гнейсов” и амфиболитов ноддинского комплекса, так и для супракрустальных гранулитов закороннинской серии ($3,76 \pm 0,15$ и $3,76 \pm 0,28$ млрд лет соответственно [12, рис. 2.9, 2.10]). Массовая переустановка геохронометров под воздействием процессов гранитизации заставила использовать в региональной стратиграфической схеме даже максимальные из полученных датировок только в качестве минимальных возрастных значений (верхних пределов) соответствующих стратонов [28].

Вывод о систематических нарушениях и переустановках касается всех без исключения радиоактивных часов, но особо следует остановиться на результатах U-Pb цирконометрии, поскольку сейчас их принято считать наиболее надежными (“реперными”). В конце 1970-х гг. в биотит-микроклиновых гнейсах Ауланджинского блока (ядро Ауланджинского чарнокитоидного купола) Е.В. Бибикина впервые в СССР установила цирконы, U-Pb возраст которых, полученный классическим *ID TIMS* методом по навескам, составил, по верхнему пересечению дискордии с конкордией, свыше 3,4 млрд лет (нижнее пересечение – около 1 млрд) [1]. Е.В. Бибикина сопоставила их тогда с “серыми гнейсами” Северной Америки и Гренландии, однако, судя по приведенным петрогеохимическим характеристикам, датированные породы принадлежат к пустогорскому комплексу параавтохтонных гранито-гнейсов – самому позднему в ряду “доверхнеомолонских” гранитоидных образований (рис. 5). Для корректной геологической интерпретации этих данных исключительно важны недавние материалы о цирконах из амфиболовых эклогитов поварнинского комплекса, вскрытого в том же Ауланджинском блоке (коллекция И.Л. Жулановой, измерения выполнены В.В. Акининым на микроанализаторе *SHRIMP-RG* в Стэнфордском университете США³). На диаграмме с конкордией

особое внимание с обсуждаемой точки зрения привлекает группа точек, образующих дискордию с точно такими же характеристиками, что и у дискордии Е.В. Бибикиной: верхнее пересечение – не моложе 3,4 (самое древнее в нашей совокупности), нижнее – около 1 млрд лет. Очевидно, что идентичность U-Pb дискордий, зафиксированных в цирконах как биотит-микроклиновых гнейсов, так и заведомо более древних глубинных отторженцев, отражает моменты общего преобразования их U-Pb изотопных систем. Причем теоретически это может касаться значений, считаваемых не только с нижних пересечений, но и с верхних.

“Термальное событие” с возрастом около 1 млрд лет имеет в кристаллическом фундаменте Омолонского массива четкое геологическое выражение. Это парагенез деструктивных процессов: динамометаморфизм, массовое внедрение базитовых даек, основной метасоматоз (в том числе железооруденение), которые предшествовали началу накопления верхнерифейского осадочного чехла [2, 12]. Нельзя не заметить, что они совпадают с глобальным событием – т. н. началом распада Родинии.

Приведенный пример – яркая иллюстрация неотъемлемой особенности U-Pb геохронометрии, которая была установлена еще на заре ее становления, но тем не менее очень плохо осознается геологами. Недавно о ней убедительно напомнили С.В. Рассказов с соавторами: “Радиогенный свинец во вмещающей структуре крайне подвижен. Надежность уран-свинцового метода обусловлена не сохранностью свинца, а возможностью точно рассчитать его потери” [24, С. 194]. К сожалению, такая возможность, особенно в отношении массовых датировок, получаемых с помощью *SHRIMP*, как по объективным, так и по субъективным причинам используется далеко не всегда.

Итак, данные по геологии, петрологии и геохронометрии дорифея Северо-Востока России показывают, что возраст границ, закреплённый в Шкале-2001, требует как минимум уточнения. Более широкий контекст дает основание заключить, что они способны стать звеном, сближающим Шкалу-2001 с докембрийской частью международной шкалы. Об этом говорит уже то, что общий временной размах региональной схемы докембрия ВЧСО и предлагаемого на ее основе варианта докембрийской части ОСШ гораздо

³ Акинин В.В., Жуланова И.Л. Возраст и геохимия циркона из древнейших метаморфических пород Омолонского массива // Геохимия. – 2016. – № 8. – В печати.

ближе к показанному в проекте *GTS*, разработанном М. Дж. Кранендонком и соавторами [52], нежели к Шкале-2001 (рис. 4, колонки 1, 2, 4). Но сближение должно быть обоюдным, а необходимым условием его успеха представляются, с одной стороны, отказ сторон от некоторых априорных суждений, с другой, напротив, – учет ряда бесосновательно (или ошибочно) игнорируемых фактов.

Общая стратиграфическая шкала нижнего докембрия: предложения. Рассуждая с общих позиций, отказаться в первую очередь следует от представления о безальтернативности гипотезы возникновения Земли в результате аккреции метеоритов, чем задается нижний предел как действующей (рис. 2), так и предлагаемой на будущее *GTS* (рис. 4, колонка 2). А если точнее, то такой основополагающий инструмент геологии, как ОСШ, в принципе не должен содержать гипотетических параметров. Геология, будучи наукой исторической, имеет дело (за редким исключением) с обратными задачами, решение которых требует противоположной методологии – необходимости верифицировать любые гипотезы (в данном случае – о происхождении Земли) наблюдаемыми фактами, но никак не закладывать гипотезы (сколь убедительными те или иные из них не казались бы) в основу практической работы. В то же время знание гипотез обобщающего характера геологу необходимо (иначе можно потерять цель своей деятельности). Но в идеале он должен быть осведомлен обо всех, а выбор наиболее предпочтительной производить исходя из опыта конкретных исследований.

С позиций того, чем располагает сегодня геология докембрия, наиболее обоснованной видится гипотеза изначально гидридной Земли В.Н. Ларина [14, 50], никаких собственных ограничений на ее возраст (кроме синхронности процессу образования Солнечной системы в целом) не накладывающая. Аналогичным образом, У.Б. Харленд [40], сообразуясь с представлениями астрофизики о продолжительности существования нашей Галактики, допускал, что докембрийское время может быть продлено в прошлое до 10 млрд лет (а т. н. Хаббловский возраст Вселенной оценивается, напомним, в диапазоне 13–18 млрд лет и даже, иногда, более). Единственным же эмпирическим заключением о возрасте Земли, сохраняющим определенную значимость, остается величина 5,4 млрд лет, рассчитанная в свое время основоположником U-Pb геохронометрии А. Холмсом по соотношению содержания в земной коре изотопа ^{207}Pb и кларка U [30].

Изложенная аксиоматика предоставляет ту свободу для разработки древнейшей части ОСШ, без которой невозможно введение в нее всех без изъятия аналитически корректных геохронометрических данных. Прежде всего хочется найти объяснение тому странному обстоятельству, что в структуре *GTS* не находит отражения широко известная дата 3800 млн лет, надежно установленная в Западной Гренландии как для вулканогенно-терригенной серии Исуа, так и для подстилающих ее “серых гнейсов” Амитсок [43, 47].

Серия Исуа знаменита тем, что содержит первые в истории Земли достоверно водные терригенные отложения [16], а по совокупности особенностей рассматривается как самый древний представитель ассоциаций зеленокаменного типа [1, 31]. Гнейсы Амитсок – полиметаморфические образования, включающие мрамор-амфиболит-парагнейсовые фрагменты супракрустальной ассоциации Акилия, так что величина 3,8 млрд лет не отражает их истинного возраста (среди многочисленных датировок известна, в частности, 4065 ± 30 млн лет, полученная Rb-Sr изохронным методом [42]). Однако большинство современных специалистов отождествляют стратоны Исуа и Акилия, не желая признать, что геологически разновременные образования могут иметь идентичный изотопный возраст. Нет сомнений, что такая фетишизация данных геохронометрии (игнорирование, если не полное отрицание, открытого геохимического характера радиогенных изотопных систем) чревата серьезными ошибками. Одна из них, к примеру – дезавуирование сведений о присутствии в “древнейших” породах Гренландии следов “зоархейской жизни”. Заключение базируется на абиогенных геохимических характеристиках метакarbonатов региона, без уточнения их привязки [35]. Между тем, если опираться на геологические данные, правомерно предположить, что такого рода карбонатные породы могут принадлежать относительно более древней серии Акилия, а не Исуа. Последняя, судя по ее геологическим особенностям, не должна исключаться из числа объектов, перспективных для докембрийской палеонтологии.

О верхней границе архейской акротемы. Если следовать логике хроностратиграфического подхода к построению ОСШ, естественно удревнить (опустить) верхнюю границу архея до значения 3800 млн лет, т. е. совместить ее с подошвой серии Исуа (рис. 4, колонка 3). В свете того, что в Омолано-Тайгоносском районе идентичная дата

характеризует не только “серые гнейсы” (хроностратиграфический эквивалент гнейсов Амитсок), но и их субстрат – супракрустальные гранулиты (эквивалент серии Акилия), этап формирования первой генерации зеленокаменных поясов предстает как глобальное термальное событие, уничтожившее едва ли не все более ранние геохронометрические метки. Это был, вероятно, самый грандиозный катаклизм в раннедокембрийской истории Земли. Его знаменовали: 1) планетарное рифтообразование; 2) широкомащтабный мантийный магматизм, индикатором уникально высоких температур которого служат коматииты; 3) регенерация кристаллического цоколя континентов с формированием больших объемов “серых гнейсов”, одна часть которых сохранилась в параавтохтонном залегании (как в дорифее ВЧСО), а другая дала расплавы, интродуцировавшие зеленокаменные пояса, чем и завершилось становление первых двухъярусных структур континентов – гранит-зеленокаменных областей, ядер будущих щитов древних платформ.

Убедительным подтверждением глобальной значимости возрастного рубежа 3,8 млрд лет служат материалы изотопного датирования побужского гранулитового комплекса (Украинский щит), который, по мнению В.П. Кирилюка, может претендовать на роль европейского стратотипа нижнего архея (стратиграфического эквивалента саамия Шкалы-2001). При этом совершенно справедливо заключение, что соответствующее возрастное значение – не истинный геологический возраст гранулитов, а лишь его верхний (минимальный) предел [8]. Нетрудно видеть, что эта ситуация очень близка описанной в Омолонотайгоносском районе ВЧСО.

В действующей *GTS* [45, 46] супракрустальные ареально метаморфизованные толщи гранулитовой и амфиболитовой фаций, формально получают место в эоархее, нижняя граница которого имеет возраст около 4000 млн лет (она же – граница архейского эона с неформальным подразделением “*Hadean*”, в русской транскрипции – хадей или хедий [34]), а верхняя – 3600 (рис. 3). В варианте, предлагаемом М. Дж. Кранендонком, возраст границ строго привязан к комплексам, избранным в качестве реперных [52]. Так, “точкой отсчета” архейского эона избрана наиболее древняя датировка гнейсового комплекса Акаста (Канадский щит), равная 4030 млн лет, а верхняя граница эоархея совмещена с подошвой вулканогенно-осадочной формации Дрессер (кратон

Пилбара, Западная Австралия), датированной как 3490 млн лет (рис. 4, колонка 2). Эоархейский возраст, таким образом, получают все упомянутые выше – разнообразные по составу, характеру и степени метаморфизма, первичной природе и находящиеся в сложных структурных соотношениях – раннедокембрийские подразделения Западной Гренландии, что лишний раз подтверждает ограниченность историко-геологического потенциала геохронометрии (по крайней мере, современной). Из сказанного выше понятно, что нижняя граница архейской акротемы как хроностратиграфическая единица (лимитотип) в структуре ОСШ фигурировать не должна.

О внутренней структуре архейской акротемы. Гораздо полнее и детальнее “дозеленокаменная” докембрийская история предстает в материалах по Верхояно-Чукотскому региону, хорошо сопоставимых, как уже говорилось, с сибирскими. Сложные структурные соотношения между омоложением и ауланджинием, глубокие формационные отличия их протолитов, а также принципиальное сходство с ситуацией, установленной в Сибири, где в пределах Алданского щита установлен “инфракрустальный фундамент” алдания (стратиграфически эквивалентный, вероятно, курультинию Становой зоны [26]), дают основание говорить о принадлежности названных стратонев к самостоятельным подразделениям нижнедокембрийской ОСШ. В первом варианте своей шкалы автор, в согласии с традициями сибирской школы, отнес омолений к катархейской, а ауланджиний – к архейской акротеме [12, табл. 2.5]. Здесь предлагается менее радикальный вариант – подразделить архейскую акротему на три эонотемы (снизу вверх): курультиний, алданий, становий (рис. 4, колонка 3).

В то же время следует не упускать из вида, что характер рубежа между курультинием и алданием, в сравнении с границей “алданий – становий”, в историко-геологическом аспекте вырисовывается как гораздо более грандиозный. Этап формирования омоления (накопление первых вулканических и вулканоплутонических базитовых ассоциаций, их метаморфизм, деформации, тектоническое перемешивание с инфракрустальными протоофиолитами) по всем параметрам отвечает “лунной” стадии развития Земли, которую первым распознал в докембрии Сибири основатель московской геологической школы А.П. Павлов (1854–1929) и определил её – что в данном случае особенно интересно – как “доархейскую эру” [21].

“Лунная” стадия развития Земли сменилась, согласно нашим данным, “венерианской”, когда в условиях слабо расчленённого купольно-депрессийного рельефа и горячей, химически агрессивной атмосферы на древнейшем магматогенном ложе началось главным образом хемогенное и отчасти, возможно, эоловое осадконакопление. Такая картина близка той, что была реконструирована для архея В.П. Кирилюком после поступления в начале 1970-х гг. первой информации о состоянии поверхности Венеры [7]⁴. Ауланджиний и екатериний в значительной своей части сложены паракристаллическими породами и обнаруживают сквозную эволюцию литогенеза, а также одинаковый тип первоначальной перекристаллизации – монофациальный статический метаморфизм погружения, термодинамические параметры которого сопряженно снижаются вверх по разрезу от гранулитовой до эпидот-амфиболитовой фации.

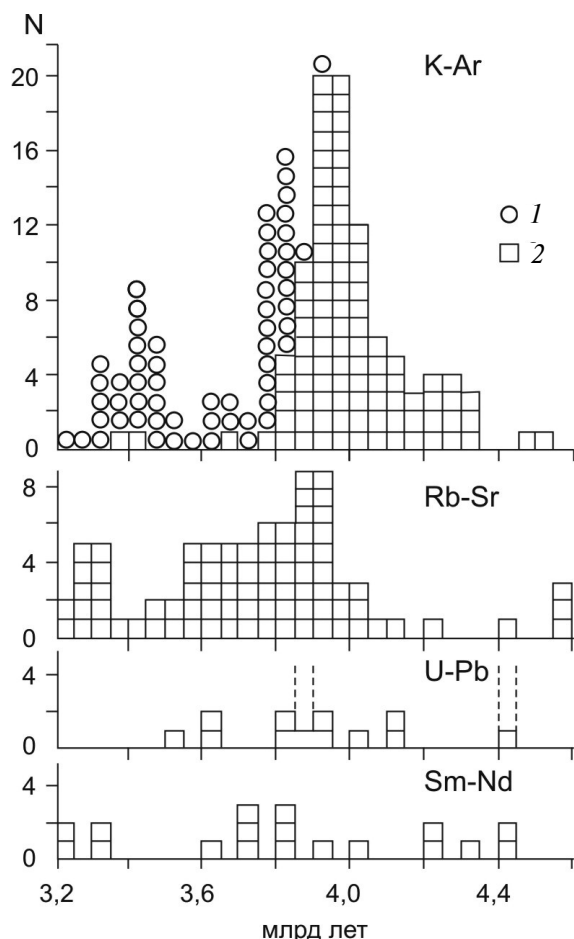


Рис. 6. Возрастные гистограммы для пород Луны [18]: 1 – “морские” базальты, 2 – породы “материков”

Метаморфизм этого типа, судя по его родству с диа- и эпигенезом осадочных толщ фанерозоя, отражает специфический термальный режим юной Земли. Тем самым, согласно принципу Мейена, утверждающему хронологическую взаимозаменяемость стратиграфических признаков [39], подтверждается правомерность традиционной корреляции дорифейских кристаллических толщ Северо-Востока России с археем юга Сибири на основе единства типа и *PT*-параметров их метаморфизма [3, 28].

В качестве рубежа между “лунной” и “венерианской” стадиями развития Земли (нижне- и среднеархейской эонотемами – курультинием и алданием) предлагается значение 4600 млн лет – наиболее древнее для Луны (рис. 6). Оно, как известно, совпадает с многочисленными датировками метеоритов и считается наиболее вероятным возрастом Земли и Солнечной системы в целом [18]. Однако с позиций нашего методологического подхода к геологической интерпретации больших массивов изотопных данных с помощью гистограмм [4, 12], полимодальный характер спектров лунных датировок указывает на нарушение изотопных систем датированных образцов. В свою очередь этот факт свидетельствует в пользу альтернативной точки зрения, выдвинутой одним из выдающихся советских тектонистов Ю.А. Косыгиным (1911–1994). Суть ее в том, что величина 4,6 млрд лет, будучи получена по габброанортозитам с поверхности лунных “материков”, отражает достаточно далеко продвинутую стадию эволюции Луны [11, С. 266]. Этот вывод гораздо лучше согласуется с петрологической природой расслоенных габброидов, нежели допущение, что они возникли геологически мгновенно сразу после формирования Луны как небесного тела [18]. Если же учесть гипотезу А.Е. Рингвуда [29] о Луне как фрагменте планеты Земля, вероятность того, что значение 4,6 млн лет фиксирует общий рубеж в их совместной эволюции, становится ещё выше.

Больше всего впечатляет, что в таком случае получают реальное геологическое истолкование возрастные значения 4,4–4,0 млрд лет обломочных цирконов из тяжелой фракции конгломератов, подстилающих зеленокаменный пояс Джек Хиллз Западной Австралии (рис. 7) [44]. В *GTS* (как действующей, так и предлагаемой на будущее) места им практически не находится. Более

⁴Сейчас знания о Венере много богаче, и её сходство с “ранней” Землей дополнительно подтвердилось [48].

чем условно их появление увязывается с этапом формирования некой доархейской (хадейской) коры, впоследствии якобы полностью уничтоженной [52]. Между тем еще на Карте тектоники докембрия континентов, составленной коллективом сибирских геологов под руководством Ю.А. Косыгина и уникальной по объему вовлеченного в рассмотрение материала, было показано, что в Австралии, помимо зеленокаменных поясов, вскрыто их гранулитовое основание, хорошо сопоставимое как целостный структурно-вещественный комплекс с алданием Сибири [6]. Согласно предлагаемой шкале, цирконы поступили в бассейн седиментации Джек Хиллз в результате разрушения геологических формаций посткурульгинского хроностратиграфического уровня, что полностью согласуется с предлагаемой картиной архейской истории. Более того, по данным исследования изотопии водорода в зернах циркона разного возраста, сделан вывод, что примерно 4,2 млрд лет назад произошел достаточно резкий переход от “горячей” стадии развития юной Земли к последующей более холодной [52, С. 27]. На этом основании М. Дж. Кранендонк с соавторами подразделяют хадей на ранний и поздний (рис. 4, колонка 2). В предлагаемой шкале рубеж 4,2 млрд лет правомерно соотносится с границей “алданий – становий”. На редкость хорошую сохранность первичных геохимических характеристик цирконов Джек Хиллз логично

объяснить тем, что они, в отличие от достаточно случайных кристаллов, извлекаемых из стандартных геологических проб коренных пород, представляют собой “отборные” – особо прочные зерна, поскольку их исходная совокупность, прежде чем попасть в конгломераты, прошла глубокую механическую сепарацию.

Об эзозе. Собственные материалы автора не распространяются на более высокие уровни ОСШ докембрия, поскольку, как уже подчеркивалось, структуры зеленокаменного типа в составе фанерозойских складчатых поясов, в том числе в мезозоидах ВЧСО, отсутствуют в принципе (и думается, не случайно [2, С. 284–288]). Исходя из доступных литературных данных, автор присоединяется к достаточно часто звучащему мнению о необходимости выделения в структуре нижнедокембрийской ОСШ самостоятельной акротемы, охватывающей эпоху формирования допротерозойских зеленокаменных поясов. Лопий Шкалы-2001, с его нижней границей 3200 млн лет, представляет, очевидно, лишь ее верхнюю зонотему. Хроностратиграфический объем нижней складывается из времени накопления серии Исуа и надстраивающих последнюю, судя по геохронометрическим и палеонтологическим данным, зеленокаменных поясов Западной Австралии [52]. В предлагаемой шкале нижняя “зеленокаменная” зонотема названа гренландией (рис. 4, колонка 3). В совокупности гренландий и лопий выделены

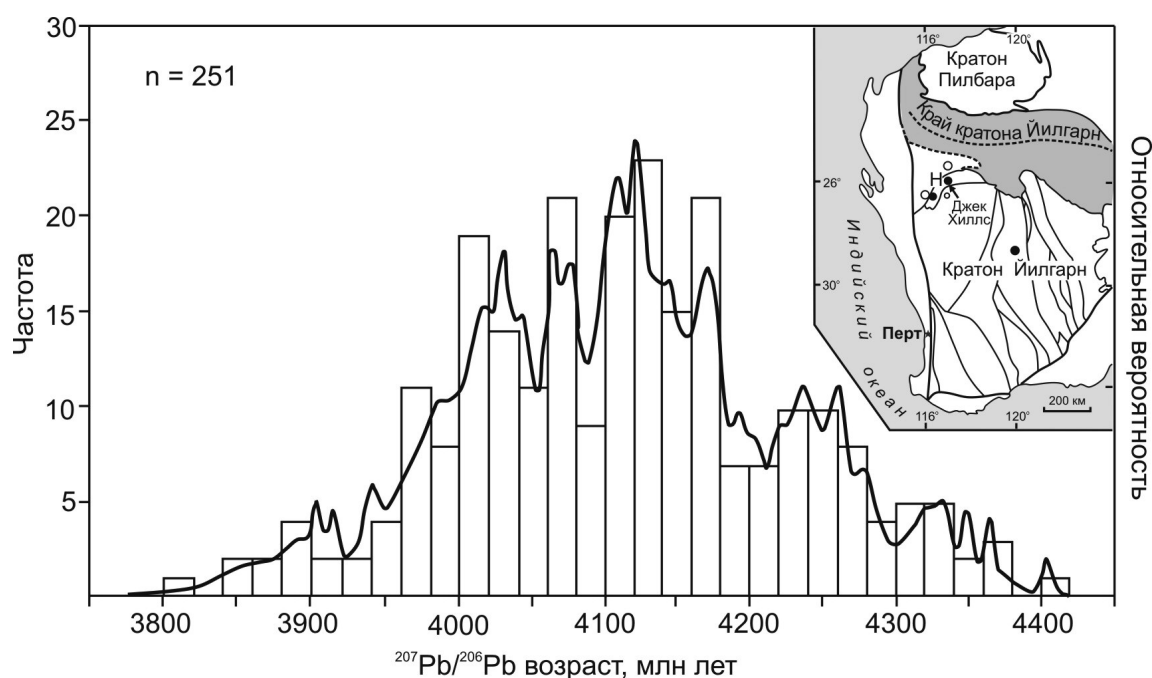


Рис. 7. Гистограмма и кривая относительной вероятности датировок обломочных цирконов из района Джек Хиллз (Jack Hills), Западная Австралия [44]

в эозойскую акротему, в соответствии с давним предложением Б.Я. Хоревой, выдвинутым на совещании по методике картирования метаморфических комплексов (Ленинград, ВСЕГЕИ, 1978 г.) [41]⁵.

Эта номенклатура, как понятно, — всего лишь предмет для дальнейшего обсуждения.

Заключение. Выполненное исследование показало, что остаются два главных препятствия в деле практического сближения российской и международной стратиграфических шкал нижнего докембрия:

— методологические трудности вычленения из обширных массивов уже накопленных геохронометрических данных датировок, пригодных для целей стратиграфии;

— недостаточное внимание к вопросам взаимосвязи экзогенных (седиментологических, литогенетических) и эндогенных процессов при выборе стратотипических районов.

В своей основе эти факторы взаимосвязаны.

Выявленная в дорифейских образованиях Верхояно-Чукотского региона массовая переустановка радиоактивных часов в породах нижнеархейских региогоризонтов под воздействием процессов гранитизации и деструкции делает практически нереальной задачу проникнуть за эти тектоно-термальные (они же геохимические) барьеры с тем, чтобы определить “пик” прогрессивного регионального метаморфизма и тем более возраст протолита. И нет сомнений, что эта проблема имеет универсальный (глобальный) характер.

Тектонический фактор заведомо ограничивает возможность присутствия на современном эрозионном срезе одного и того же региона образований, в равной мере полно характеризующих различные возрастные уровни нижнедокембрийского разреза. Так, в гранит-зеленокаменных областях хорошо вскрыты стратоны, принадлежащие к среднему и верхнему уровням шкалы нижнего докембрия, но “дозеленокаменные” комплексы сильнейшим образом переработаны процессами петро- и тектогенеза, которые сопутствовали формированию зеленокаменных поясов. В гранулитогнейсовых областях, напротив, вулканогенно-терригенные отложения развиты незначительно либо отсутствуют, благодаря чему гораздо полнее вскрыты и сохранились от влияния более поздних эндогенных процессов толщи кристаллического докембрия, в силу чего именно здесь можно исследовать его стратиграфию *s. stricto*. Другими словами, для древнейшей части докембрийской шкалы в качестве стратотипических предпочтительны гнейсо-гранулитовые области. В слагающих их кристаллических толщах свойства, благоприятные для хроностратиграфии (возможности литолого-формационных реконструкций, дробного членения разрезов, выбора стратотипов разрезов и границ), выражены гораздо полнее. Самый спорный вопрос ныне действующей в России стратиграфической шкалы нижнего докембрия — выделение саамия в качестве стратотипа нижнего архея — в значительной мере был порожден невниманием именно к этому аспекту геологии докембрия.

Литература

1. Бибикова Е.В. Уран-свинцовая геохронология ранних этапов развития древних щитов. — М.: Наука, 1989. — 179 с.
2. Жуланова И.Л. Земная кора Северо-Востока Азии в докембрии и фанерозое. — М.: Наука, 1990. — 304 с.
3. Жуланова И.Л., Карсаков Л.П., Кузьмин В.К. Новая региональная стратиграфическая схема нижнедокембрийских образований Верхояно-Чукотского геоблока // Тихоокеан. геол. — 2006. — 25, № 2. — С. 24–38.
4. Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Котляр И.Н. Геология и геохронометрия эндогенных событий в мезозойской истории Северо-Востока Азии. — М.: Наука, 2007. — 358 с.
5. Карта метаморфических и связанных с ними гранитоидных формаций территории СССР. Масштаб 1:10000 000. Объяснительная записка / Составитель Б.Я. Хорева. — Л., 1986. — 46 с. (М-во геологии СССР, ВСЕГЕИ).
6. Карта тектоники докембрия континентов в масштабе 1 : 15 000 000. Объяснительная записка / Отв. ред. Ю.А. Косыгин. — М.: Наука, 1974. — 75 с.
7. Кириллук В.П. Об особенностях седиментации, метаморфизма и геологической истории Земли в архее в свете современных представлений о природе Венеры // Геол. журн. — 1971. — 31, Вып. 6. — С. 42–51.
8. Кириллук В.П. Побужский гранулитогнейсовый комплекс как европейский стратотип нижнего архея // Междунар. науч.-практ. конф. “Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов Восточно-Европейской платформы”: Тез. докл. — К.: УкрГГРИ, 2010. — С. 87–91.
9. Кириллук В.П., Жуланова И.Л. Стратиграфические схемы нижнего докембрия России и Украины: сопоставление, анализ различий, пути сближения // Геол. журн. — 2013. — № 2. — С. 89–120.

⁵ Термин “эозойская группа” по отношению к отложениям, находящимся между археем и протерозоем, ввели в советскую литературу, ссылаясь на приоритет А. Грэбо (А. Grabau, 1921), Е.М. Лазько и его коллеги [17]. Но они подразумевали метаморфические толщи, которые в нашей шкале соответствуют становию.

10. Конди К. Архейские зеленокаменные пояса. — М. : Мир, 1983. — 390 с.
11. Косыгин Ю.А. Тектоника. — М. : Недра, 1988. — 462 с.
12. Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Гагеева А.М. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. — Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. — 319 с.
13. Котов А.Б. Граничные условия геодинамических моделей формирования континентальной коры Алданского щита : Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. — СПб. : ИГГД РАН, 2003. — 78 с.
14. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли (новая глобальная концепция) : 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1980. — 216 с.
15. Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. — М. : Наука, 1989. — 216 с.
16. Негруца В.З. Основные проблемы стратиграфии докембрия // Минерал. журн. — 2004. — 26, № 3. — С. 146–155.
17. Нижний докембрий западной части Украинского щита (возрастные комплексы и формации) / Лазыко Е.М., Кириллюк В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. — Львов : Вища школа, 1975. — 239 с.
18. Овчинникова Г.В., Левский Л.К. Возраст метеоритов, Луны, Земли // Методы изотопной геохронологии. — Л. : Наука, 1987. — С. 18–33.
19. Оноприенко В.И., Симаков К.В., Дмитриев А.Н. Методология и понятийный базис геохронологии / Отв. ред. А.С. Поваренных. — К. : Наук. думка, 1984. — 128 с.
20. Оноприенко В.И. Кирилл Владимирович Симаков / Отв. ред. Б.С. Соколов. — М. : Наука, 2006. — 295 с. — (Научно-библиографическая литература).
21. Павлов А.П. Попытка распознать доархейскую эру в истории Земли и определить ее влияние на дальнейшую эволюцию геоида // Бюл. МОИП. Отд. геол. Н.С. — 31. — С. 16–22.
22. Проблемы времени в геологии. Сборник статей / Отв. ред. В.И. Шульдинер, В.А. Красилов. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1979. — 152 с.
23. Развитие учения о времени в геологии / Оноприенко В.И., Симаков К.В., Мейен С.В. и др. — К. : Наук. думка, 1982. — 416 с.
24. Рассказов С.В., Брандт С.Б., Брандт И.С., Иванов А.В. Радиоизотопная геология в задачах и примерах. — Новосибирск : Гео, 2005. — 208 с.
25. Решение Всесоюзного совещания по общим вопросам расчленения докембрия СССР // Общие вопросы расчленения докембрия СССР. — Л. : Наука, 1979. — С. 147–153.
26. Решения IV Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою Дальнего Востока и Восточного Забайкалья. — Хабаровск : ХГГГП, 1994. — 123 с.
27. Решение III Всероссийского совещания “Общие вопросы расчленения докембрия” // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2001. — 9, № 3. — С. 101–106.
28. Решения III межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России. — СПб. : ВСЕГЕИ, 2009. — 268 с.
29. Рингвуд А.Е. Происхождение Земли и Луны. — М. : Недра, 1982. — 293 с.
30. Рудник В.А., Соботович Э.В. Ранняя история Земли. — М. : Недра, 1984. — 319 с.
31. Салоп Л.И. Геологическое развитие Земли в докембрии. — Л. : Недра, 1982. — 343 с.
32. Семихатов М.А., Шуркин К.А., Аксенов Е.М. и др. Новая стратиграфическая шкала докембрия СССР // Известия АН СССР. Сер. геол. — 1991. — № 4. — С. 3–13.
33. Семихатов М.А. Новейшие шкалы общего расчленения докембрия: анализ // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. — 1, № 1. — С. 6–20.
34. Семихатов М.А. Хроностратиграфия и хронометрия: конкурирующие концепции общего расчленения докембрия // Бюл. МОИП, Отд. геол. — 2008. — 83, Вып. 5. — С. 36–58.
35. Сергеев В.Н., Семихатов М.А., Федонкин М.А. и др. Основные этапы развития докембрийского органического мира: Сообщение 1. Архей и ранний протерозой // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2007. — 15, № 2. — С. 25–46.
36. Симаков К.В. Введение в теорию геологического времени. — Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 1999. — 556 с.
37. Симаков К.В. К созданию теории палеобиосферного времени. В 3 т. — Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2004. — Т. 1. Предыстория. Зарождение. — 356 с. ; Т. 2. Становление. Оформление. — 252 с. ; Т. 3. Стагнация. Перспективы. — 357 с.
38. Соколов Б.С. Геологическое или палеобиосферное время и стратиграфия // Эволюция органического мира и биотические кризисы: Материалы 56-й сесс. Палеонтолог. общ-ва России. — 2010. — С. 3–8.
39. Стратиграфический кодекс. Изд. 2-е, доп. — СПб. : Межвед. стратигр. ком., 1992. — 120 с. ; Изд. 3-е. — СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. — 96 с.
40. Харленд У.Б., Кокс А.В., Ллевеллин П.Г. и др. Шкала геологического времени / Пер. с англ. — М. : Мир, 1985. — 141 с.
41. Хорева Б.Я. К методике возрастного расчленения и картирования архейских гранулитогнейсовых комплексов // Методика картирования метаморфических комплексов. — Новосибирск, 1980. — С. 68–76.
42. Baadsgaard H., Lambert R.St., Krupicka J. Mineral isotopic age relationships in the polymetamorphic Amitsoq gneisses, Godthaab District, West Greenland // Geochim. Cosmochim. Acta. — 1976. — 40, N 5. — P. 513–527.
43. Baadsgaard H., Nutman A.P., Bridgwater D. Geochronology and isotopic variation of early Archaean Amitsoq gneisses, southern West Greenland // Geochim. Cosmochim. Acta. — 1986. — 50, N 10. — P. 2173–2183.
44. Cavosie A.J., Valley J.W., Wilde S.A. The Oldest Terrestrial Mineral Record: A Review of 4400 to 4000 Ma Detrital Zircons from Jack Hills, Western Australia // Earth's Oldest Rocks. — Amsterdam : Elsevier, 2007. — P. 91–111.

45. Cohen K. M., Finney S., Gibbarg P.L. International Chronostratigraphic Chart. International Commission on Stratigraphy // 34th International Geological Congress. – Brisbane, 2012.
46. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D. The Geologic Time Scale 2012. / G.M. Ogg, eds. – Amsterdam : Elsevier, 2012. – 1144 p.
47. Hamilton P.J., O’Nions R.K., Bridgewater D., Nutman A. Sm-Nd studies of Archean metasediments and metavolcanics from West Greenland and their implications for the Earth’s early history // Earth and Planet. Sci. Lett. – 1983. – **62**, N 3. – P. 263–278.
48. Hansen V.L. Venus: a thin-lithosphere analog for Early Earth? // Earth’s Oldest Rocks. – Amsterdam : Elsevier, 2007. – P. 987–1012.
49. Harland W.B., Armstrong R.L., Cox A.V. et al. A geologic time scale 1989. – Cambridge Univ. Press, 1990. – 263 p.
50. Larin V.N. Hydridic Earth: the new geology of our primordially hydrogen-rich planet // Polar Publishing. – Calgary, Alberta (Canada), 1993. – 247 p.
51. Plumb K.A. New Precambrian Time Scale // Episode. – 1991. – **14**, No 2. – P. 139–140.
52. Van Kranendonk M. J., Gehling J., Shields G. Precambrian // J. G. Ogg, G. Ogg, F. Gradstein. The Concise Geologic Time Scale. – Cambridge University Press, 2008. – P. 23–36.

Zhulanova I.L.

About the geologic time and general Precambrian scales.

The author has considered theoretical premises of correct approach to the development of stratigraphic scales. The conclusion of the mutual complementarity of geological and isotope-geochronological methods is made. The balance of these methods is particularly important to consider when the Lower Precambrian part of the General Stratigraphic Scale is improving. Geological interpretation, taking into account the multi-stage tectonic and thermal evolution of Early Precambrian area, should precede the use of isotope-geochronological data. The author has developed a version of the ancient part of the General Stratigraphic Scale, which based on the new Lower Precambrian regional schemes of the Northeast Russia and the Southern Siberia. The author propose to divide Archean Acrothem into Lower Archean, Middle Archean and Upper Archean Eonotems, typl units of which are Kurultinian, Aldanian, Stanovian. Early Archean Eon is interpreted as “lunar stage” of the Earth hystory. The Kurultinian upper boundary is synchronized with the date 4,6 Ga, which corresponds to the completion of active development of the Moon. The author proposes to coincide the Archean Acrothem upper boundary with the base of Isua series, whose age is defined as 3,8 Ga.

Key words: geologic time, geochronometry, Lower Precambrian Scale, Archean, Northeast Russia.

Жуланова І.Л.

Про час у геології та загальні шкали розчленування докембрію.

Розглянуто теоретичні передумови коректного підходу до розробки стратиграфічних шкал. Зроблено висновок щодо взаємодоповнюваності історико-геологічних та ізотопно-геохронологічних методів, баланс яких надзвичайно важливий для покращення нижньодокембрійської частини Загальної стратиграфічної шкали. Використовуючи геохронологічні дані необхідно враховувати багатоетапну тектоно-термальну еволюцію областей розвитку раннього докембрію. На основі нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію північно-східної частини Росії та її кореляції зі схемою розчленування нижнього докембрію південного Сибіру розроблено авторський варіант найдавнішої частини Загальної стратиграфічної шкали. Запропоновано архейську акротему розділити на нижньо-, середньо-, верхньоархейську еонотеми, типовими підрозділами яких є відповідно курультиній, алданій і становій. Ранній архей інтерпретовано як “місячну стадію” розвитку Землі. Його верхня границя синхронізована з датою 4600 млн рр. – часом завершення активного розвитку Місяця. Верхню границю архейської акротеми запропоновано зіставити з підшовою серії Ісуа, датованою 3800 млн рр.

Ключові слова: геологічний час, геохронометрія, шкала нижнього докембрію, архей, Північний схід Росії.

Поступила 22.04.2016.