

Геологическое время и радиологический возраст

Рассмотрены понятия геологического времени и радиологического возраста. Геологическое время — последовательность разнообразных геологических событий, каждое из которых характеризуется определенной присущей ему продолжительностью. Историческая геология решает задачу выяснения пространственно-временных взаимоотношений таких событий. Возможности определения радиологического возраста, базовые принципы которого корректны, но не всегда позволяют соотнести его с определенным геологическим событием. Взаимоотношения понятий «историческая геология» и «историческая геотектоника» тесно связаны с решением этой проблемы.

Ключевые слова: *геологическое время, геологический возраст, историческая геология, историческая геотектоника, геохронология, биостратиграфия.*

B. A. BLYUMAN (VSEGEI)

Geological time and radiological age

The article discusses the concept of geological time and radiological age. Geological time — the sequence of different geological events, each of which is characterized by a specific inherent duration. Historical geology solves the problem of elucidate the spatial-temporal relationship between these events. The possibility of determining radiological age, the basic principles which is correct but it is not always possible to correlate this age with a specific geological event. The relationship of the concepts of “historical geology” and “historical geotectonics” closely related to solving this problem.

Keywords: *geological time, geologic age, historical geology, historical geotectonics, geochronology, biostratigraphy.*

В современной геологии, отечественной и зарубежной, в последние десятилетия возросла роль радиологического датирования в решении теоретических и прикладных вопросов общей и региональной геологии и металлогении. Одновременно в силу разных обстоятельств все меньшее внимание уделяется вопросам историко-геологической последовательности геологических событий и их пространственно-временных взаимоотношений. Это положение рассмотрено в докладе чл.-корр. РАН А. И. Жамойды [3] на Всероссийской конференции «Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы ее обустройства»: «Второе примечание касается увлечения в последние годы хронометрией применительно к стратиграфическим шкалам. МКС уже распространяла с 2003 по 2008 г., в том числе на двух сессиях МГК, не МСШ, а Шкалу геологического времени. Хотя на схеме стратиграфической классификации, принятой на VIII сессии МГК в 1900 г., колонка хроностратиграфических подразделений помещалась левее колонки классификации стратиграфических подразделений, все-таки геологи понимали первичность именно стратиграфических данных, первичность и приоритетность изучаемой нами «стратиграфической летописи» (по С. В. Мейену)» [3, с. 21].

«Из важного, можно сказать, фундаментального значения ОСШ (Общей стратиграфической шкалы) вытекает ее назначение. Она — необходимая база каждого историко-геологического исследования, прежде всего, собственно геологического картирования любых масштабов и составления специальных геологических карт. Полистное составление

государственных геологических карт и серийных легенд к ним просто невозможно без официально принятой ОСШ. Исследования практически в любой отрасли геологии не могут обходиться без ОСШ — от седиментологии и тектоники до прогнозирования месторождений полезных ископаемых и разработки общих проблем развития планеты Земля» [3, с. 12].

В последнем из приведенных фрагментов доклада следует выделить отмечаемое А. И. Жамойдой значение историко-геологических исследований. С этим положением перекликается содержащийся в том же докладе фрагмент из вступительного слова Б. С. Соколова [6] на открытии 56-й годичной сессии Палеонтологического общества: «...основанием для выделения стратиграфических подразделений разного ранга является не время, которое можно заранее калибровать как угодно, а события, происходившие в ходе — **деления этого времени**, которое можно датировать... В рамках стратиграфического пространства его правильнее всего называть **событийным** и привязывать к стратиграфическим границам подразделений, заключающим палеонтологическую и другую информацию... Нет сомнения, что... более чем 125-летний опыт работы на гигантской территории Евразии имеет первостепенное значение для совершенствования общемировой стратиграфической шкалы, которая в геологической практике не может быть заменена шкалой геологического времени, так как картируются геологические тела, а не время заполнения его этими телами» по [3, с. 21]. В этом фрагменте вновь следует отметить высказанные Б. С. Соколовым

положения о событийности геологических процессов и о том, что «картируются геологические тела, а не время заполнения его (геологического времени) этими телами».

Здесь же важно подчеркнуть, что изначально биостратиграфия использовала при построении стратиграфической шкалы геологическое время — время направленной эволюции различных видов фауны и флоры. Только впоследствии при широком внедрении в практику построения стратиграфических шкал методов радиологического датирования определенных биостратиграфических событий в стратиграфические шкалы «вошел» геологический, точнее, радиологический возраст.

Далее в статье пойдет речь о геологическом времени и радиологическом возрасте, используемом для его измерения, но вначале необходимо определить понятия «время» и «возраст». Воспользуемся для этого такими полярными по существу определениями, как общепотребительное определение времени в «Толковом словаре живого великорусского языка» В. Даля и классическое определение времени, с точки зрения современной физики, приведенное в работе С. Хокинга [8].

В. Даль: «Время — длительность бытия; странство в бытии; последовательность существования; продолжение случаев, событий; дни за днями и века за веками; последовательное течение суток за сутками» [2].

С. Хокинг: «Законы науки не делают различия между направлением «вперед» и «назад» во времени. Но существуют по крайней мере три стрелы времени, которые отличают будущее от прошлого. Это термодинамическая стрела, т. е. то направление времени, в котором возрастает беспорядок; психологическая стрела — то направление времени, в котором мы помним прошлое, а не будущее; космологическая стрела — направление времени, в котором Вселенная не сжимается, а расширяется. Я показал, что психологическая стрела практически эквивалентна термодинамической стреле, так что обе они должны быть направлены одинаково» [8].

Как это ни покажется удивительным, во многом такие разные определения понятия «время» сходятся: «...последовательности событий, дни за днями...» у В. Даля и «стрелы времени» у С. Хокинга. И то, и другое переключается с положением о событийности геологических процессов в вышеприведенной цитате Б. С. Соколова.

Определения понятий возраста и времени из «Новейшего большого толкового словаря русского языка» [5] таковы: «**возраст** — количество прожитых лет» для определенного существа, или «период с момента появления чего-либо, ступень в росте, развитии чего-либо»; «**время** — ...длительность существования всего происходящего, всех явлений и предметов, измеряемая веками, годами и т. п.». Общеупотребительное понимание возраста — продолжительность периода от момента рождения живого организма до настоящего или любого другого определенного момента времени. Обычно под словом «возраст» понимается **календарный возраст** (паспортный возраст, хронологический возраст), при котором не учитываются факторы развития организма. Наблюдаемые отличия индивидуальных особенностей развития организма от средних показателей послужили основанием для введения понятия «биологический возраст», или «возраст развития».

В Геологическом словаре так определены понятия «геологический возраст» и «геологическое время»: «Геологическое время — форма последовательной смены явлений и состояний геологических тел, выражающаяся в их взаимодействии между собой, с окружающей средой и объектами Космоса. Геологическое время проявляется в событиях, связанных отношениями «раньше — позже», которые запечатлены в составе, строении, форме, размерах и в соотношениях геологических тел, горных пород и минералов, а также в их внутренних свойствах, в том числе на атомном уровне. Это — реальное реконструируемое геологическое время, которое фиксируется сохранившимися свидетельствами былых геологических событий и является по своей природе необратимым и дискретным. Геологическое время устанавливается и измеряется как относительное (логическое время) и как абсолютное (физическое время), хотя последнее определение является условно относящимся к той или иной выбранной начальной точке отсчета».

«Геологический возраст — время, прошедшее от какого-либо геологического события: наступание моря, накопление одного пласта или определенной толщи горных пород, вымирание одних организмов и появление других, внедрение интрузий и др. См. *Геологическое время*» [1].

Можно практически без оговорок согласиться с приведенными определениями, хотя и остаются отдельные вопросы. В частности, в определение понятия «геологический возраст» включено понятие «время», в определение понятия «геологическое время», кроме времени, которое «проявляется в событиях», вводятся понятия «относительное (логическое время) и абсолютное (физическое время)», которые в значительно большей степени соответствуют понятию «геологический возраст».

Попытаемся в свете вышеприведенных определений понятий «геологический возраст» и «геологическое время» более детально рассмотреть их сущность применительно к геологическим процессам.

Геологическое время фиксируется последовательным проявлением в земной коре различных по длительности эндогенных и экзогенных событий — осадконакопления, складко- и разломообразования, магматизма, метаморфизма, рудообразования и пр. Каждый из этих геологических процессов складывается из последовательно проявленных его стадий; отдельные стадии складываются в свою очередь из отдельных эпизодов, продолжительность и физическая сущность которых могут отличаться. Таким образом, формируется событийность геологических процессов, из продолжительности которых складывается их календарный возраст. Нередко оценивается или отдается предпочтение накопленному возрасту, а длительная и сложная событийность его часто остается не раскрытой.

Для осадочных пород их событийная история представлена последовательно проявленными процессами накопления осадков, режим которых регулируется многими факторами — эндогенными и экзогенными. Кон-, син- и постседиментационные изменения представляют собой сложный и длительный процесс, вслед за которым происходит вовлечение этих пород в складкообразование, которое в свою очередь меняет состав и строение первичных осадочных пород. Все это в целом и представляет собой сложную и длительную событийную сторону конкретного геологического

процесса, которая нередко остается не изученной, и предпочтение отдается определению накопленного — конечного возраста породы.

Для магматических плутонических пород длительная событийность проявлена зарождением расплавов в мантии или в земной коре (для гранитов это метаморфо-метасоматическое или палингено-анатектическое образование расплавов), перемещением расплавов, во многом определяемым термодинамическими соотношениями расплав — вмещающая порода. Интрузивный процесс завершается кристаллизацией, становлением — формированием контактово-метаморфических и поздне- и постмагматических внутри- и внеинтрузивных гидротермально-метасоматических процессов и сопутствующего оруденения. Подобный перечень можно было бы продолжить применительно и к другим группам геологических образований, но здесь важно еще раз отметить уже давно известные геологам сложность и длительность геологических событий, которые, конечно, не могут представляться только данными об их возрасте. Датировки возраста в каждом конкретном случае характеризуют накопленный возраст, а отдельные события в процессе накопления возраста не всегда легко устанавливаются.

Каждое из этих последовательно проявленных разнообразных геологических событий вкладывается в общую структуру того региона, где в силу не только временных, но и различных обстоятельств — тектонических, геодинамических — происходит ассоциирование отдельных событий, сложность и продолжительность их совместной жизни усложняется и не заканчивается в истории развития структурно-тектонических подразделений различных рангов. Все указанные события, не исключая формирования разнотипного оруденения, совмещаются в пространстве земной коры по-разному — в пределах традиционно выделяемых подвижных (надвигово-складчатых) областей, устойчивых массивов и платформ. Не следует забывать о том, что эти образования по-разному могут подвергаться наложенным процессам преобразования (например, тектоно-магматической активизации), которые по-разному продолжают события в истории развития ранее сформированных геологических образований.

Все это в недавнем прошлом являлось предметом исторической геологии, одна из главных задач которой — изучение и систематизация последовательности базовых геологических событий на основе их учета в различных по местоположению региональных и надрегиональных геологических структурах. Сегодня на смену традиционным положениям исторической геологии пришла историческая геотектоника: «...ее задача состоит в выделении этапов и стадий развития структуры литосферы как в глобальном, так и в региональном масштабе. Историческая геотектоника — органический составной элемент исторической геологии...» [7]. Приведенное определение исторической геотектоники и место в ней исторической геологии показывают, что на смену анализа истории геологического развития разнообразных геологических процессов — осадконакопления, магматизма и пр. — приходит анализ их результатов, трансформированных «...в этапы и стадии развития структуры литосферы как в глобальном, так и в региональном масштабе». Нелишне здесь же привести определение исторической геологии из Геологического словаря [1]: «Историческая

геология — раздел геологии, изучающий историю и закономерности эволюции геологических процессов и создаваемых ими геологических структур преимущественно земной коры: последовательности и физико-географические условия осадконакопления, тектонических движений, а также магматизма и метаморфизма в истории Земли. И. г. опирается на данные других геологических дисциплин, прежде всего стратиграфии, палеонтологии, фациального анализа, изотопной геологии, петрологии и тектоники и рассматривает историю геологического развития регионов Земли в целом».

Историческая тектоника в соответствии с приведенным выше определением имеет дело с этапами и стадиями развития структур и соответственно относительно рассматриваемой нами проблемой геологического времени с крупными возрастными подразделениями, охватывающими временные промежутки, соответствующие этапам и стадиям развития крупных геологических, в данном случае тектонических структур, в которых уже объединены связанные между собой отдельные литологические, петрологические, металлогенические события. Соответственно понятия геологического времени заметно отличаются в исторической геотектонике, оперирующей этапами и стадиями, и в исторической геологии, рассматривающей конкретные геологические события в их исторической последовательности. Поэтому время их проявления может на порядки отличаться от времени геотектонических этапов и стадий.

Возраст геотектонических этапов и стадий складывается из возрастов последовательных историко-геологических событий, каждое из которых может быть датировано геологическими (биостратиграфическими) данными, а также радиологическими данными, которые являются физически корректной оценкой радиологического возраста конкретного геологического объекта — минерала, породы. Однако такие данные не представляют возможности ретроспективной оценки последовательности и длительности стадий накопления радиологического возраста, который фиксируется конечной датой — закрытием изотопной системы. Датирование геологических объектов различными изотопно-геохронологическими методами, безусловно, весьма перспективно для решения различных, в том числе и прикладных задач. Нужно при этом учитывать, что речь идет, конечно, не о подмене или замещении радиологических датировок сведениями об историко-геологических данных. Сегодня назрела необходимость совокупного использования и геологического, и радиологического датирования. Особенно важно подчеркнуть, что в цифре радиологической датировки скрыты длительные во времени и по существу разнообразные геологические процессы, но, в отличие от собственно геологических, историко-геологических данных, радиологические данные в большинстве случаев не несут сведений об истории геологического развития, о длительной и сложной последовательности событий в истории накопления радиологического возраста. Тем не менее в последние десятилетия заметно возросли объемы и финансовые затраты на датирование разнообразных пород и руд, но при этом не всегда у заказчика определений радиологических датировок существуют четкие представления о последовательности разнообразных процессов, которым подвергался исследуемый объект, и о том, что же

в конечном счете может собой представлять полученная датировка. Разнообразие и последовательность процессов образования и преобразования радиологически датируемого объекта могут быть восстановлены в общих чертах сочетанием анализа историко-геологических данных, структурно-литологическими, структурно-петрологическими, петрографическими, биостратиграфическими методами, и в этом случае информативность радиологической датировки скорее всего будет намного больше, чем просто определенная датировка. Нет особого смысла приводить конкретные примеры датировок магматических, метаморфических и рудных образований, итоговый условный возраст которых отображает конечную — накопленную датировку одного из событий в истории становления этого конкретного длительно развивавшегося объекта. Такие датировки часто используются в виде формальных «ярлыков» без тщательного историко-геологического анализа — изучения последовательности и пространственно-временных взаимоотношений процессов осадконакопления, складкообразования, магматизма, метаморфизма и рудообразования.

Основными элементами истории геологического развития того или иного региона являются последовательно проявленные геологические события разного происхождения — эндогенного или экзогенного. Здесь важно отметить, что понятие «событие» в геологическом смысле означает синхронное или близко одновременное сочетание разнообразных геологических процессов. Все это в совокупности определяет то, что может быть обозначено как принцип суперпозиции — нелинейного развития, когда в «событийном» процессе участие дополнительных процессов определяет то, что итог событийного развития становится не таким, каким бы он был, если бы в него «не вмешивались» другие синхронные процессы (события). Нелинейный характер геологических процессов определяет, кроме всего прочего, их направленность и необратимость. Все это усиливает значимость геологического времени в изучении истории развития отдельного участка земной коры и совокупности таких участков.

Геологическое время суть овеществленное время, когда в определенных участках земной коры друг за другом последовательно и закономерно проявляются или сосуществуют разнообразные события, заполняющие длительные промежутки геологического времени в последовательности этих событий. Геологическое время не дискретно, в то время как радиологический возраст предоставляет нам дискретные датировки пород, минералов.

Радиологический возраст представляет собой конечную «цифру» — время «закрытия» радиологических изотопных систем. Эта цифра — радиологическое время — корректна с точки зрения физических констант распада радиоактивных элементов в различных изотопных системах. А что же скрыто исторически за этой цифрой? Радиологическая датировка фиксирует «накопленный» возраст — его конечную или какую-либо промежуточную дату, и не всегда (вернее, всегда) не позволяет раскрыть динамику — хронологическую динамику — историко-геологическую последовательность развития определенного процесса. Геологическое время фиксирует определенную последовательность событий: осадконакопление, перерывы, несогласия, складкообразование, внедрение интрузий, их последующая

эрозия и т. д. Радиологический возраст, вполне корректно с физической, но отстраненно с геологической точек зрения, фиксирует для изучаемого объекта накопленное время.

В силу полигенности и полихронности большинства геологических объектов, и эндогенных и экзогенных, не всегда пользователю-геологу удастся корректно интерпретировать полученную радиологическую датировку и тем более «связать» с конкретным процессом, определившим время «закрытия» изотопной системы, учитывая значительную длительность таких геологических процессов, как магматизм, метаморфизм, метасоматоз, полистадийное рудообразование.

С учетом всего вышеизложенного, по мнению автора, вопросы истории геологического развития — вопросы исторической геологии — рассматриваются сегодня нередко с позиций не всегда рационального использования радиологических датировок. Возможно, что не последнюю роль в этом играет замена подходов традиционной исторической геологии подходами, используемыми в исторической геотектонике или исторической геодинамике, в которых последовательность геологических событий достаточно строго регламентирована. Вполне к месту развернутая выдержка из наиболее массового (судя по Интернету) учебника для вузов «Историческая геология» [4, с. 6]: «В настоящее время не осталось сомнений в том, что земная кора и вся литосфера были постоянно разделены на крупные и более мелкие плиты, которые испытывали значительные горизонтальные перемещения относительно друг друга. Поэтому восстановление, в основном по палеомагнитным данным, былого положения континентальных блоков и конфигурации разделявших их океанов составляет главную задачу палеогеографии и палеотектоники. Изучением характера взаимодействия литосферных плит в отдельные геологические эпохи занимается новая наука — палеогеодинамика, примыкающая к палеотектонике. Другая наука, производная от палеогеографии и палеотектоники с палеогеодинамикой, — палеовулканология — восстанавливает историю вулканической и вообще магматической деятельности. Перечисленные частные дисциплины и научные направления имеют своей целью воссоздание отдельных аспектов обстановок прошлых геологических эпох, а объединение их данных в общую картину составляет задачу исторической геологии в целом. Если вплоть до недавнего времени усилия исследователей в области исторической геологии были направлены на ретроспективу — восстановление условий геологического прошлого, то в последние годы со всё большей определенностью выступает новый аспект рассматриваемой науки — на основе анализа развития поверхности Земли, ее географической оболочки в прошлом попытаться дать прогноз изменений в ближайшем будущем, столь важный для оценки возможного характера и масштаба изменений окружающей нас природной среды».

Приведенное определение исторической геологии и ее роли в геологии в целом в известном смысле вступает в противоречие с приведенными в начале статьи оценками А. И. Жамойды [3] и Б. С. Соколова [6] роли и значения исторической геологии в теоретическом познании и практическом применении ее в геологии в целом, а также в геологическом картировании и картографировании.

В журнале «Региональная геология и металлогения» достаточно давно не появлялась рубрика «Дискуссии», поэтому возникает впечатление, что в отечественной геологической науке нет заслуживающих обсуждения нерешенных проблем, а существует общее согласие по всем вопросам и нет необходимости о чем-то беспокоиться. Конечно, это не так, и многие публикации и высказываемые в них положения требуют серьезного рассмотрения. Предлагаемая статья не бесспорна, автор выражает надежду, что ее содержание может побудить к началу такой дискуссии, которая будет полезна для уточнения ряда широко используемых в геологии понятий геологического времени и радиологического возраста.

Автор считает своим приятным долгом поблагодарить Виктора Людвиговича Масайтиса за критические замечания, сделанные в процессе работы над статьей.

1. Геологический словарь. В трех томах. Издание третье, перераб. и доп. / гл. ред. О.В. Петров. Т. 1: А–И. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. — 432 с.
2. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка: В 4 т. Т. 1: А–З. — М.: Русский яз., 1989–1991. 699 с.
3. *Жамойда А.И.* Общая стратиграфическая шкала, принятая в СССР — России. Её значение, назначение и совершенствование. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2013. — 24 с.
4. *Короновский Н.В.* Историческая геология: учебник для высших учебных заведений / Н.В. Короновский, В.Е. Хаин, Н.А. Ясманов; 2-е изд. пераб. и доп. — М.: Изд. центр «Академия», 2006. — 464 с.
5. *Кузнецов С.А.* Новейший большой толковый словарь русского языка. — М.: Изд-во ИПОЛклассик, 2008. — 1536 с.
6. *Соколов Б.С.* Биохроностратиграфия и эволюция биосферы. К 200-летию стратиграфической палеонто-

гии // Материалы LV сессии Палеонтологического общества. 6–10 апреля 2009. — СПб., 2009. — С. 3–8.

7. *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. — М.: Изд-во МГУ. 1995. — 480 с.
 8. *Хокинг Стивен.* Краткая история времени: от Большого взрыва до чёрных дыр. — СПб.: «Амфора», 2001. — 268 с.
-
1. *Geologicheskij slovar' [Geological dictionary] V trech tomah. Tretye izd., pererab. i dop. Ed-in-Chief O.V. Petrov. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2010. Vol. 1. 432 p.*
 2. *Dal V. Tolkovyy slovar' zhivogo velikorusskogo yazyka [Explanatory dictionary of the living great Russian language]. V 4 t. T. 1: A–Z. Moscow: Russk. Yazyk. 1989–1991. Vol. 1. 699 p.*
 3. *Zhamoida A.I. Obshchaya stratigraficheskaya shkala, prinyataya v SSSR — Rossii. Eyo znachenie, naznachenie i sovershenstvovanie [General stratigraphic scale adopted in the USSR — Russia. Its value, purpose and improvement]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2013. 24 p.*
 4. *Koronovskij N.V. Istoricheskaya geologiya: uchebnik dlya vysshih uchebnyh zavedenij [Historical Geology: textbook for the high. proc. establishments]. Ed. by N.V. Koronovskij, V.E. Hain, N.A. Yasmanov; 2-e izd. perab. i dop. Moscow: Izd. centr «Akademiya», 2006. 464 p.*
 5. *Kuznetsov S.A. Novejshij bol'shoj tolkovyy slovar' russkogo yazyka [The Latest big explanatory dictionary of Russian language]. Moscow: Izd-vo IPOLklassyka. 2008. 1536 p.*
 6. *Sokolov B.S. Biochronostratigraphy and evolution of the biosphere. The 200th anniversary of the stratigraphic paleontology. Materials of LV session of the Paleontological society (April 6–10, 2009, St. Petersburg). St. Petersburg. 2009. Pp. 3–8. (In Russian).*
 7. *Hain V.E., Lomize M.G. Geotektonika s osnovami geodinamiki. Uchebnik [Geotectonics with fundamentals of geodynamics. Tutorial]. Moscow: Izd-vo MGU. 1995. 480 p.*
 8. *Hoking Steven. Kratkaya istoriya vremeni: ot Bol'shogo vzryva do chyornyh dyr. [A brief history of time: from the Big Bang to black holes]. St. Petersburg: «Amphora». 2001. 268 p.*

Блюман Борис Александрович — доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.
<Boris_Blyuman@vsegei.ru>

Blyuman Boris Alexandrovich — Doctor of Geological and Mineralogical Science, Head of the entire Department, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.
<Boris_Blyuman@vsegei.ru>