

ПЕРЕРЫВЫ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЛЕТОПИСИ: ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ

Е. Ю. БАРАБОШКИН

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

UNCONFORMITIES IN THE GEOLOGICAL ANNALS: PROBLEMS AND RESOLUTION METHODS

E. Yu. BARABOSHKIN

Stratigraphic unconformities (hiatuses) in the Earth's stratisphere are briefly considered: their features, duration and formation conditions. The unconformity time exceeds the time of sediment accumulation. Under favorable conditions geological events taking place during unconformities can be restored.

Рассмотрены стратиграфические перерывы (гиатусы), возникающие в осадочной оболочке Земли: их признаки, продолжительность и условия формирования. Время, приходящееся на перерывы, превышает время накопления осадков. При благоприятных условиях геологические события, имевшие место во время перерывов, могут быть восстановлены.

www.issep.rssi.ru

ЧТО ТАКОЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ ПЕРЕРЫВ

Как известно, геологическая летопись неполна. Это обусловлено множеством причин, связанных не только с захоронением тех или иных объектов, но и с последующей их переработкой — размывом, разрушением, переплавлением и другими процессами, которыми занимаются разные направления геологической науки. Здесь мы остановимся только на тех явлениях, которые ведут к утрате сведений о геологических событиях, запечатленных в слоистой осадочной оболочке Земли. Эти явления фиксируются в разрезах (последовательности) осадочных пород и получили название стратиграфических перерывов, выявлением которых занимается раздел геологии “стратиграфия” (от лат. stratum — слой) — наука о последовательности напластования горных пород и их относительном (моложе—древнее) возрасте. Стратиграфический перерыв (несогласие) — это отсутствие (исчезновение) любого по масштабу слоя в общей последовательности слоев, запечатленное обычно на контакте слоев. При этом гиатусом называют как соответствующий перерыву стратиграфический интервал, выпадающий из общей последовательности (то есть слой или другое геологическое тело), так и отрезок времени, соответствующий перерыву (собственно время в годах).

Изучение причин образования перерывов, их особенностей и длительности, а также реконструкция событий, имевших место во время перерыва, производятся методами различных научных направлений геологии. Эта проблема включает три аспекта: 1) выявление перерывов, 2) установление причин формирования перерывов и 3) воссоздание геологических, палеонтологических и других событий, происходивших во время перерывов.

Чтобы лучше представить себе, что есть стратиграфический перерыв, обратимся к примеру — карьере у пос. Пески на юге Московской области (рис. 1). Здесь на известняках верхнего отдела каменноугольной

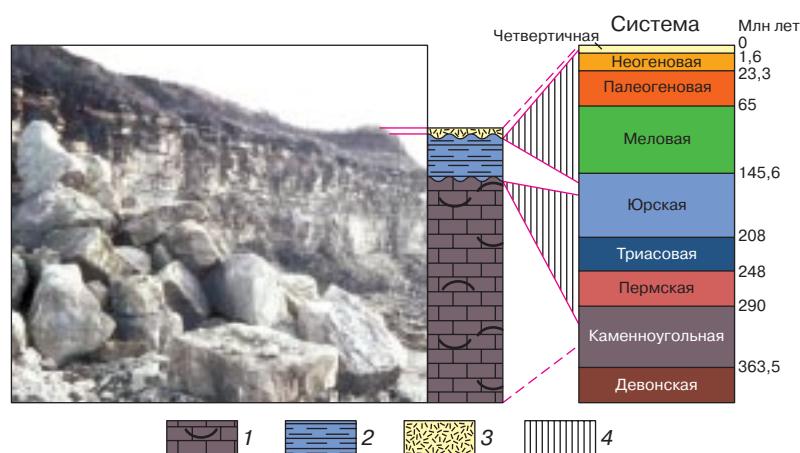


Рис. 1. Схема выявления стратиграфических перерывов. Строение разреза в карьере “Пески” (Воскресенский район Московской области) (слева) и фрагмент международной стратиграфической шкалы (справа). 1 – позднекаменноугольные биогенные известняки, 2 – средне-позднеюрские песчаные глины, 3 – четвертичные (современные) суглинки и почвенный слой, 4 – гиатусы

системы (стратиграфическое подразделение с возрастом около 300 млн лет тому назад) залегают глины средне-келловейского и нижнеоксфордского подъярусов средней и верхней юры (возраст этих стратиграфических подразделений около 160 млн лет). На них, в свою очередь, залегают четвертичные (преимущественно современные) породы. Их возраст в масштабе геологического времени можно принять за 0. Между каменноугольными и юрскими толщами присутствует стратиграфический перерыв: здесь не хватает отложений пермского, триасового, раннеюрского и большей части среднеюрского возраста. Длительность этого перерыва можно оценить в 140 млн лет. Он соответствует границе раздела каменноугольной и юрской толщ – стратиграфическому несогласию, как принято говорить.

Между верхнеюрскими и современными отложениями также имеется стратиграфическое несогласие (отсутствуют большая часть верхней юры, мел, палеоген, неоген и практически вся четвертичная система), продолжительность которого можно оценить в 160 млн лет.

Методика выявления этих перерывов в настоящее время сравнительно проста. Вначале было установлено стратиграфическое (то есть друг относительно друга) положение упомянутых каменноугольных и юрских отложений благодаря находкам ископаемой фауны, встреченной в породах. Затем выявленные стратиграфические интервалы были сопоставлены с международной (общей) стратиграфической шкалой, отражающей общую стратиграфическую последовательность всех толщ в пределах осадочной оболочки Земли. При этом и было определено, что некоторые интервалы общей последовательности в данном случае выпадают. Благодаря

тому что для подразделений международной стратиграфической шкалы методами абсолютной геохронологии (методы определения возраста по скорости распада радиоактивных элементов в породах) установлен возраст в годах, мы получили возможность судить и о продолжительности данных перерывов. Их суммарное время в данном случае составляет около 300 млн лет. Если сам факт стратиграфических перерывов в данном примере выявить достаточно просто, то ответить на вопрос: “А что же, собственно, происходило на этой территории в течение потерянных для геологической летописи 300 млн лет?” – весьма и весьма сложно.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРЕРЫВОВ

Рассмотренный пример относится к тем случаям стратиграфических перерывов, когда их установление не вызывает больших затруднений, поскольку гиатусы здесь достаточно велики и изменение в характере ископаемых остатков слишком существенно, чтобы быть незамеченным. Гораздо чаще геологам приходится решать проблему выявления мелких гиатусов, длительность которых незначительна и не превышает десятков тысяч – первых миллионов лет. Обнаружить такие перерывы намного сложнее, поскольку ископаемая фауна за это время не успевала претерпевать серьезных изменений, а именно она имеет достаточную “разрешающую способность” для выявления стратиграфических тел, формировавшихся в течение такого короткого срока. Здесь на помощь приходит детальное (последовательное) изучение последовательности пород и обнаружение характерных признаков, обычно сопровождающих перерывы. К ним относятся форма и характер стратиграфических границ

(контактов) слоев, базальные горизонты (конгломераты), резкое изменение состава пород, присутствие фосфоритов, минерала глауконита и некоторые другие. Эти признаки позволяют обнаружить явные перерывы, но существует категория скрытых перерывов, не видимых глазом, установить которые можно лишь при специальном изучении. Рассмотрим наиболее характерные признаки явных перерывов.

1. Контакты слоев, свидетельствующие о перерывах, представлены несколькими видами. Эрозионные контакты – это волнистые или сглаженные поверхности пластов, образовавшиеся в результате воздействия водных потоков, ветра, движения ледников на уже сформированные породы. Эрозионные контакты могут возникать на любых породах.

Контакты типа “твердого дна” (ТД) представляют собой окаменевшие, твердые поверхности, образовавшиеся в результате замедления осадконакопления (седиментации) или его остановки. Эти поверхности обычно присутствуют в разрезах карбонатных пород (известняки, мергели), но могут образоваться и в терригенных песчано-глинистых толщах, возникая при формировании карбонатных конкреций или фосфоритовых плит. В зависимости от стадии развития ТД (длительности экспозиции) эта поверхность может быть гладкой, неровной (растворенной), пронизанной норами донных организмов (например, раков или червей) и иссверленной камнеточками [1].

Контакты типа “рыхлого дна” в целом аналогичны предыдущему типу, но возникают в рыхлых обломочных породах (глины, пески).

2. Базальные горизонты – это сгруженный крупнообломочный материал в основании слоев. Часто такой материал может представлять собой продукты размыва и переотложения (перемыва) подстилающих толщ на месте, без существенного горизонтального переноса.

3. Фосфоритовые горизонты и глауконититы. Скопления фосфоритов обычно формируются при очень медленном осадконакоплении. Часто образуются фосфоритовые конгломераты, представляющие собой фактически базальные горизонты, возникшие без существенного перемещения материала. Глауконититы и вообще глауконит является минералом, крайне медленно растущем в морских осадках. Обогащение слоев глауконитом является хорошим индикатором перерывов как в терригенных, так и в карбонатных разрезах.

4. “Глинистые прослой” в карбонатных толщах также являются признаком перерыва или резкого замедления осадконакопления. Примером, ставшим классическим, является глинистый прослой на границе мела и палеогена, зафиксированный во многих разрезах мира

[1], обогащенный космогенными элементами (“иридиевый прослой”). Появление таких прослоев свидетельствует о растворении карбонатного материала, то есть о перерыве.

5. Изменение цвета пород иногда также указывает на перерыв. В частности, появление бурых, ржавых окрасок в светлоокрашенных известняковых толщах обычно является хорошим индикатором присутствия ТД разного типа. Это связано с окрашиванием пород окислами и гидроокислами железа, сопровождающим обычно растворение карбонатов и длительную экспозицию поверхности.

6. Резкая смена состава пород, как правило, указывает на перерыв, поскольку свидетельствует об изменении режима и условий осадконакопления.

Указанные признаки являются хорошими индикаторами, и при их появлении в разрезах уже можно говорить о присутствии или отсутствии перерыва. Иногда в зависимости от сочетания этих признаков можно судить и об относительной продолжительности перерывов. Однако такие выводы впоследствии необходимо подтверждать изучением остатков микро-, макрофауны и флоры, позволяющих привязать эти данные к международной стратиграфической шкале и тем самым определить вероятную длительность перерывов.

Случаи скрытых перерывов наиболее сложны, поскольку эти перерывы невозможно увидеть в разрезах при их визуальном изучении. У них нет видимых признаков, даже косвенно указывающих на перерыв. Поэтому подобные перерывы могут быть выявлены только путем комплексного детального изучения разрезов, в первую очередь с помощью палеонтологического метода.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЕРЕРЫВОВ

По происхождению перерывы можно отнести к двум основным группам. Первую составляют перерывы, образующиеся в результате водной, ветровой или ледниковой эрозии уже сформировавшихся толщ горных пород. Чаще всего эти перерывы формируются на суше в результате поднятия территории и горообразовательных движений, а также при трансгрессиях (наступлении моря) и регрессиях (отступлении моря). Они могут формироваться и в подводных условиях при изменении гидродинамических условий бассейнов или действия течений. Кроме того, такие перерывы могут появиться в результате действия морских турбидитных (мутьевых) потоков на континентальном склоне. Вне зависимости от причины все перерывы подобного типа подчеркнуты эрозионными поверхностями (границами).

Ко второй группе относятся перерывы, возникающие в процессе осадконакопления (синседиментационные перерывы). Такие перерывы можно разделить на несколько типов.

1. Перерывы ненакопления — перерывы, отражающие временную приостановку накопления осадков; возможно незначительное удаление накопленного ранее материала. Подобные явления могут, например, возникать при растворении карбонатного материала в толще воды, если поверхность осадконакопления находится ниже критической глубины карбонатонакопления (уровня, где воды океанов недосыщены карбонатом кальция) или в результате действия наддонных течений, когда осадок просто не достигает дна и уносится водным потоком.

2. Эрозионные перерывы возникают в результате удаления верхней части мягкого осадка, а иногда удаления всего рыхлого осадка и эксгумации погребенной горной породы. При этом твердые и тяжелые части осадка (например, фосфориты) могут осесть на дно и образовать впоследствии базальный горизонт. Отличить эрозионные перерывы, образовавшиеся в процессе осадконакопления от эрозионных перерывов, возникших после формирования породы, порой бывает очень трудно.

3. Элювиальные перерывы возникают при подводном или субаэральном выветривании: сложном сочетании химических, физических и биологических процессов, приводящих не только к формированию перерывов, но и к изменению, преобразованию первичного облика пород. Таким перерывам соответствует образование почв на континентах, горизонтов твердого и рыхлого дна в морях.

4. Перерывы смешанного типа, в которых принимают участие комбинации перечисленных типов перерывов.

Процесс формирования перерывов часто бывает многостадийным, когда чередуются короткие периоды накопления осадка и его преобразования в породу с длительными фазами перерывов различного типа. При этом образуются маломощные (первые метры) толщи пород, стратиграфический объем которых достаточно значителен (по длительности это миллионы—десятки миллионов лет). Если в таких толщах сохраняется стратиграфическая последовательность (то есть более древние породы залегают ниже более молодых), то их называют горизонтами конденсации. По присутствию всей последовательности стратиграфических подразделений подобные горизонты конденсации весьма полны, но фактически, по соотношению времени, запечатленному в породах, и времени не сохранившемуся в геологической летописи, пропусков в них намного больше,

они преобладают. Подробнее об условиях образования перерывов можно узнать, например, в [1, 2].

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВОВ

Восстановить геологические события, происходившие на той или иной территории во время перерывов, возможно лишь в тех случаях, когда сохраняются непосредственные или косвенные признаки этих событий. Когда ничего не сохраняется, реконструировать эти события можно лишь в самых общих чертах, основываясь на строении соседних районов. Так, в нашем первом примере задача восстановления геологических событий, происходивших в триасе или мелу на территории нынешнего Подмосковья, не может быть решена при изучении только одного разреза. Для ответа на поставленный вопрос необходимы знания о геологическом строении огромного региона — Восточно-Европейской платформы (географически это почти вся территория Восточной Европы). При этом одним из основных методов решения данной проблемы будет стратиграфическая корреляция — сопоставление множества разрезов и поиск тех интервалов разреза, которые восполняют пропуск. Так, пользуясь региональным анализом геологического строения центральных районов Восточно-Европейской платформы, можно было бы утверждать, что в пермское и триасовое время на данной территории были континентальные условия с жарким климатом. В ранней—средней юре — тоже континентальные, но с более влажным климатом. В поздней юре — мелу здесь было теплое море, сменившееся в палеогене снова континентальными условиями, а в конце неогена — четвертичном периоде, кроме того, и оледенением.

Несколько иной представляется ситуация, когда сохраняются хотя бы косвенные свидетели геологических событий. Покажем это еще на одном примере — разрезе нижнемеловых отложений аптского и альбского ярусов по р. Волгуша на севере Московской области (рис. 2). В этом разрезе были выявлены достаточно крупный стратиграфический перерыв на границе аптских песчаных глин и глауконитовых песков среднего альба и множество мелких перерывов (рис. 2, колонка II). Главный перерыв соответствует нижнему альбу (длительность около 5 млн лет) и части среднего альба, что установлено по находкам раковин аммонитов — ископаемых головоногих моллюсков. По своему типу это эрозионно-элювиальный перерыв, представленный сочетанием поверхности типа “рыхлое дно”, эрозионной поверхности и нескольких генераций фосфоритов, содержащих остатки ископаемой фауны. Общую продолжительность этого перерыва можно оценить в 6–7 млн лет. Более мелкие перерывы либо эрозионные, либо

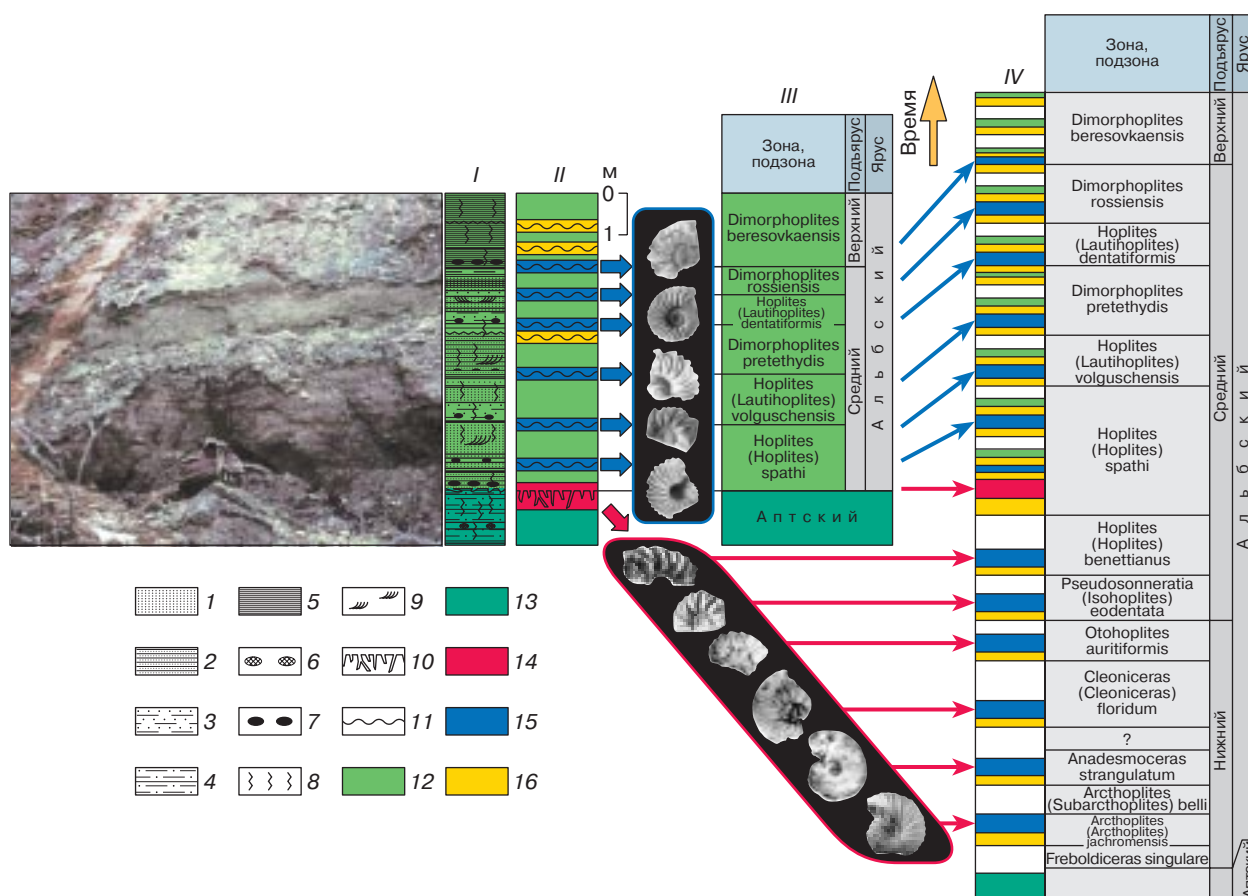


Рис. 2. Строение разреза под дер. Паромоново, правый берег р. Волгуша (Дмитровский район Московской области): 1 – пески, 2 – глинистые пески, 3 – сильнопесчаные глины, 4 – слабопесчаные глины, 5 – глины, 6 – стяжения сидеритов, 7 – фосфориты, 8 – ходы илоедов, 9 – косая слоистость, 10 – поверхности рыхлого дна с норами раков, 11 – эрозионные поверхности, 12 – породы альбского яруса, 13 – породы аптского яруса, 14 – многофазовый элювиально-эрозионный перерыв (смешанный тип), 15 – однофазовые элювиально-эрозионные перерывы (смешанный тип), 16 – эрозионные синседиментационные перерывы. Колонки: I – геологическое строение разреза; II – стратиграфические перерывы и их типы, выявленные после изучения разреза. Стрелки показывают уровни, из которых собрана фауна аммонитов; III – установление стратиграфической последовательности в изученном разрезе; IV – установление последовательности геологических событий, приведших к образованию данного разреза. Масштаб времени условный. Белые интервалы соответствуют отложениям, исчезнувшим при формировании перерывов. Справа помещена полная стратиграфическая последовательность, с которой сравнивался данный разрез. Стрелки показывают уровни, из которых происходят изображенные аммониты

эрозионно-элювиальные, без формирования поверхности рыхлого дна, но с фосфоритами.

Из базального горизонта среднего альба сделаны находки ранне- и среднеальбских аммонитов (ископаемых головоногих моллюсков), которые характеризуют почти всю недостающую последовательность (колонка IV). Это устанавливается при сопоставлении с последовательностью аналогичных видов аммонитов в соседних, более полных разрезах (колонка III). Таким образом, можно заключить, что в раннем альбе и начале сред-

него альба на данной территории, несомненно, были морские условия и шло формирование осадков. Исходная мощность отложений не поддается восстановлению, можно лишь сказать, руководствуясь составом переотложенного материала и характером осадконакопления, что она не была большой (метры – первые десятки метров). Состав ранне- и среднеальбских осадков был песчано-глинистым, что установлено по породам, находящимся внутри переотложенных раковин. Учитывая, что фосфориты разного возраста часто

заклучены один в другом, можно сказать, что формирование данного перерыва не было единовременным процессом, а, наоборот, было многостадийным. Он включал фазы: 1) накопления осадков, 2) ненакопления осадков и роста фосфоритовых стяжений, 3) эрозии, выноса рыхлого осадка и переотложения образовавшихся фосфоритов (колонка IV). Наиболее длительным был, очевидно, последний перерыв, сформировавшийся за время существования аммонитов *Hoplites spathi* (в стратиграфии такие подразделения, охарактеризованные органическими остатками, именуется зонами, см. колонки III, IV).

Если восстановить последовательность событий (колонка IV) с примерным распределением времени, приходившимся на накопление, эрозию и ненакопление, то мы увидим, что и верхняя часть разреза, где часть осадков сохранилась, состоит в основном из перерывов. Осадки уцелели лишь благодаря тому, что скорость прогибания территории и накопления осадков была несколько выше скорости морской эрозии.

Примеров, подобных данному, в научной литературе описано достаточно много. Анализу синседиментационных перерывов уделяется все больше и больше внимания, поскольку это позволяет выявить события, проявившиеся на большой площади почти одновременно и использовать их в стратиграфии как своего рода мерную линейку (так называемая событийная стратиграфия).

С эрозийными перерывами (первый тип перерывов) дело обстоит намного сложнее, поскольку эрозия проявляется обычно на большой площади и “стирает” все. К любопытным выводам о соотношении пространства–времени размываемых пород (то есть мест формирования эрозийных перерывов) и накапливаемых осадков пришел П.В. Флоренский [2]. Для этого взаимоуравновешенного процесса он предложил термин “формаций породных”, соответствующих накапливающимся толщам, и “формаций-фантомов”, соответствующих тем толщам пород, которые размывы, уничтожены, стерты из геологической летописи. Для соотношения двух взаимосвязанных процессов (эрозия–накопление) для разных геологических обстановок Земли был предложен обобщенный график (рис. 3, а), правая часть которого отвечает объему (площадь, умноженная на мощность) накапливаемых осадков, а левая часть отвечает объему размываемых пород. Точка 12 графика соответствует формированию олистостромовых формаций (гиганто- и грубообломочных толщ, образуемых во время горообразования). Олистостромовые формации, по мнению П.В. Флоренского, несут информацию о строении исходной формации – фантома, поскольку включают крупные блоки разрушенных толщ, по которым фантом может быть восстановлен.

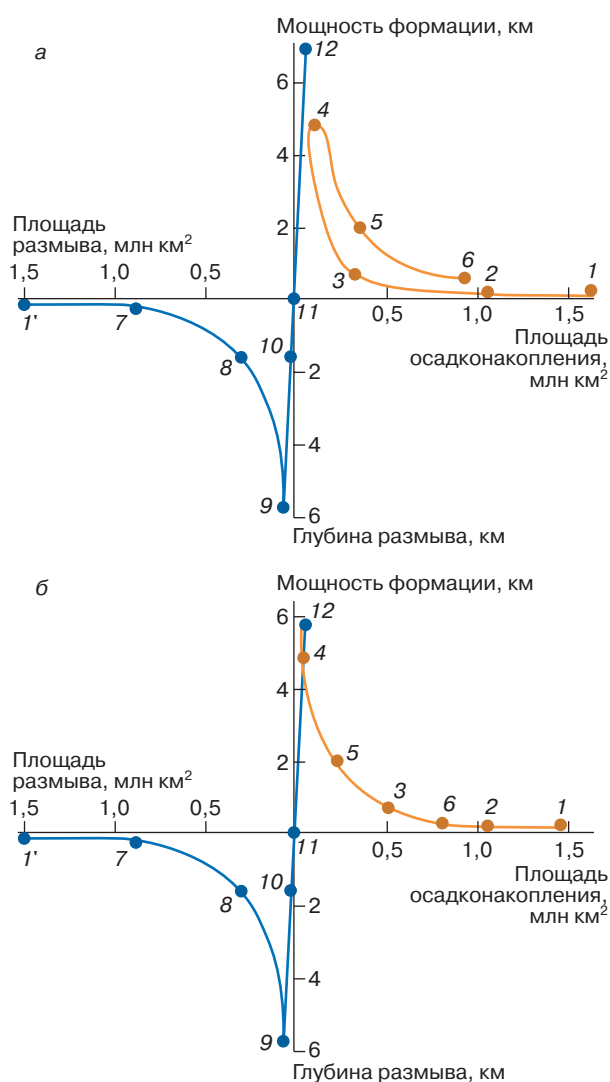


Рис. 3. Схема соотношения пространства–времени формаций породных и формаций-фантомов: а – (по [5], с небольшими изменениями). Коричневыми точками показаны формации породные: 1 – океанических платформ, 2 – океанического склона, 3 – континентального склона, 4 – впадин платформ и геосинклиналей, 5 – предгорных прогибов, 6 – континентальных платформ; синими точками показаны формации-фантомы: 1' – океанических платформ, 7 – равнинных континентальных платформ, 8 – всхолмленных равнин континентальных платформ, 9 – воздымающихся гор, 10 – зон сжатия, 11 – зон сжатия, компенсированных эрозией, 12 – зон сжатия, надвигов и формирования олистостромовых формаций; б – схема соотношения пространства–времени формаций породных и формаций-фантомов, предлагаемая в данной статье, обозначения те же

Это действительно так. Дополняя эту мысль, скажем, что реконструировать исходный состав размывтых пород можно по любым крупнообломочным отложениям –

конгломератам, брекчиям, что существенно расширяет список породных формаций, по которым можно восстановить формацию — фантом (например, точка 5 графика). При образовании таких отложений перенос материала был достаточно значительным, и поэтому определить, где и как располагались исходные породы гораздо сложнее, а подчас просто невозможно.

В точке 11 интенсивность эрозии полностью компенсируется интенсивностью осадконакопления. Предполагается, что такой процесс возможен при росте горных сооружений, когда скорость их роста соответствует скорости эрозии.

Представляется, однако, что график П.В. Флоренского не совсем точно отражает сбалансированность процесса размыв—накопление: ведь система в целом закрытая. Магматические породы также вовлекаются в процесс осадконакопления путем их размыва и перетотложения и могут быть включены в общий баланс. Поэтому более верным является симметричный вариант этого графика (рис. 3, б), ближе к вертикальной оси которого располагаются те породные формации, для которых существует больше шансов восстановить исходную формацию-фантом. В остальных случаях восстановление формаций-фантомов практически невозможно, и эти интервалы еще долго будут оставаться темными пятнами в геологической летописи, пока не изобретут новых методических приемов для их расшифровки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геология обладает достаточно большим арсеналом средств для изучения вещественных геологических

объектов. Стратиграфические перерывы — это нечто виртуальное, то, что хотя и присутствует в разрезах горных пород, но не несет прямой информации о геологических событиях соответствующего времени. Именно поэтому некоторые перерывы геологи научились находить сравнительно недавно. Теперь стало ясно, что в геологической летописи время, приходящееся на перерывы, во много раз превосходит время, запечатленное в горных породах. Идея формаций-фантомов приводит к мысли, что могут существовать интервалы геологической летописи, о которых вообще не сохранилось никаких сведений. Отсюда понятно, что изучение перерывов явится одним из важнейших направлений геологии будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Найдин Д.П., Конаевич Л.Ф.* Внутриформационные перерывы верхнего мела Мангышлака. М.: Изд-во МГУ, 1988. 140 с.
2. *Флоренский П.В.* Перерывы и формации // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1987. Т. 62, вып. 6. С. 65–68.
3. *Фролов В.Т.* Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.

Рецензент статьи М.Г. Ломизе

* * *

Евгений Юрьевич Барабошкин, кандидат геолого-минералогических наук, доцент геологического факультета МГУ. Область научных интересов — стратиграфия, палеонтология, седиментология. Автор 70 статей, четырех учебных пособий, соавтор двух монографий.