ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА
2018, № 4

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК 552.5

ОСНОВНОЙ ФАЦИАЛЬНЫЙ ЗАКОН Н.А. ГОЛОВКИНСКОГО — ПРОБЛЕМАТИКА И НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

В.П. АЛЕКСЕЕВ[1], Э.О. АМОН[2]

[1]Уральский государственный горный университет,
30, Куйбышева ул., г. Екатеринбург 620144, Россия
e-mail: igg.lggi@ursmu.ru

[2]Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН,
123, Профсоюзная ул., г. Москва 117647, Россия
e-mail: amon@paleo.ru

Известным российским геологом Н.А. Головкинским 150 лет назад опубликована важная научная работа, в которой было установлено явление перемещения однородных литологических слоёв по латерали («скольжение» во времени). Этим созданы важнейшие предпосылки к основному фациальному закону: слои, лежащие рядом, формировались в той же последовательности по вертикали. Закон был сформулирован несколько позже А.А. Иностранцевым, а впоследствии «переоткрыт» И. Вальтером. Идеи, заложенные Н.А. Головкинским, позднее нашли применение в изучении геологической цикличности, и в настоящее время — в бурно развивающейся сейсмической стратиграфии. Творческое развитие и продолжение теоретических положений, содержащихся в работе Н.А. Головкинского, позволило разработать метод фациально-циклического анализа, который успешно использован при изучении многих угленосных толщ, а в настоящее время применяется для безугольных отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. В методическом плане они развивают понимание причинности (каузальности) и соответствуют принципам синергетического мировидения. Главное содержание этих идей остаётся актуальным в свете новых реалий познавательного процесса (нелинейная наука, эндовидение).

Ключевые слова: фация; основной фациальный закон; причинность (каузальность); цикл, секвенс.

THE N.A. GOLOVKINSKY'S FUNDAMENTAL FACIAL LAW — PROBLEMATICS AND NEW HORIZONS

V.P. ALEKSEEV[1], E.O. AMON[2]

[1]Ural State Mining University
30, Kuibysheva street, Yekaterinburg 620144, Russia
e-mail: igg.lggi@ursmu.ru

[2]Borissiak Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences
123, Profsoyuznaya street, Moscow 117647, Russia
e-mail: amon@paleo.ru

Famous Russian geologist N.A. Golovkinsky published 150 years ago an important scientific work, where the phenomenon of lateral displacement (movement) of homogeneous lithological layers («slide» over time) was asserted. This created the most significant prerequisites for the fundamental facial law: the layers, lying nearby, were formed in the same sequence vertically. The law was formulated a little later by A.A. Inostrantsev, and later «rediscovered» by J. Walter. The ideas, developed by N.A. Golovkinsky, subsequently found the application in the study of geological cyclicity, and currently in the booming seismic stratigraphy. The creative improvement and continuation of theoretical positions

contained in the Golovkinsky's work allowed to advance a method of facially-cyclic analysis, which has been successfully used in the study of many coal-bearing strata, and is currently used for coal-free deposits of the West Siberian oil and gas basin. Methodically, they develop an understanding of causality and correspond to the principles of synergetic world-view. The main content of these ideas remains relevant in the light of new realities of cognitive process (nonlinear science, endovision).

K e y w o r d s: facies; Golovkinsky's facial law; causality; cycle; sequence.

Краткая история

В истории литологии XIX в. был ознаменован двумя крупными событиями теоретического и научно-методического характера. Первое — это введение в круг научных представлений идеи и понятия «фация», сделанное на рубеже 1830—1840-х гг. швейцарским геологом А. Грессли (A. Gressly). Второе заключалось в установлении закономерного смещения («скольжения») границ литологически однородных слоёв во времени, что получило название основного фациального закона. Приоритет в его открытии в 1868 г. принадлежит Николаю Алексеевичу Головкинскому, который был знаком с работами А. Грессли и первым из российских геологов использовал представления о фациях в своих исследованиях. Однако основному труду самого Н.А. Головкинского — его докторской диссертации, защищенной 20 декабря 1868 г. [4] — выпала сложная судьба. Российские современники не поняли и не приняли основных идей, изложенных в работе, увидев в них нарушение принципа Н. Стенона. Главным оппонентом выступил видный российский геолог А.А. Иностранцев, представивший в 1872 г. отличающуюся схему процесса осадконакопления. В конечном итоге показанные Н.А. Головкинским и А.А. Иностранцевым результаты через четверть века в 1893 г. были «переоткрыты» не-

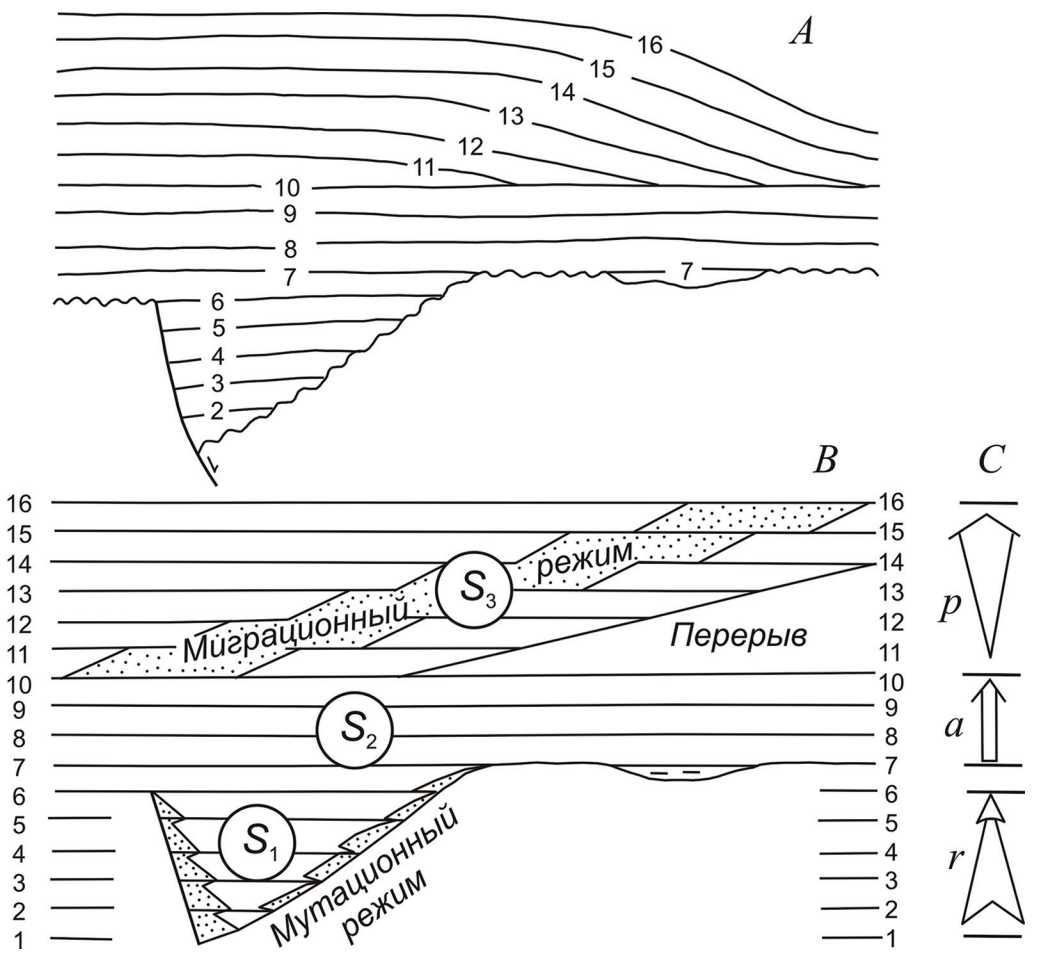

Рис. 1. Принципиальная схема основных режимов осадконакопления: *A* — реальный разрез; *B* — хроностратиграфическая развертка; *C* — направленность смены основных типов терригенных пород; для *B*: 1—5 — заполнение грабена скоростными осадками (S_1); 6—7 — перестройка тектонического режима; 7—10 — широкое развитие полнокомпенсированных и недокомпенсированных осадков (S_2); 10—16 — проградация преимущественно дельтовых осадков (S_3), с формированием перерыва (10—14); для *C*: *r* — ретроградация, *a* — аггредация, *p* — проградация

мецким геологом И. Вальтером (J. Walter). Благодаря европейской известности труда И. Вальтера, основной фациальный закон получил его имя и широко известную формулировку: *фациальные разновидности осадочной породы любого бассейна седиментации смещаются по стратиграфической вертикали в том же порядке, как и по горизонтали*.

Добротная, но в практическом отношении достаточно «ординарная» работа Н.А. Головкинского оказалась вне поля внимания отечественных геологов долгие 80 лет. Лишь в конце 1940-х гг. научно-методическое значение высказанных в ней идей получило должную оценку, чему в немалой степени способствовал полузабытый к настоящему времени период энергичной «борьбы с космополитизмом». Начиная с этого времени, монографии Н.А. Головкинского уделяется надлежащее и заслуженное внимание.

Изложенные в монографии идеи и представления позднее были рассмотрены и проанализированы большим числом отечественных специалистов, среди работ которых особенно выделяются блестящие труды С.И. Романовского, посвящённые как деятельности Н.А. Головкинского в целом, так и полученным им результатам [10]. Основным достижением С.И. Романовского, по мнению авторов настоящей статьи, явился показ непротиворечивости представлений Н.А. Головкинского и А.А. Иностранцева: первые относятся к *миграционному*, а вторые — к *мутационному* типам слоенакопления (названия типов предложены Н.Б. Вассоевичем в 1948 г.) (рис. 1).

К настоящему времени увидело свет немалое число публикаций, приуроченных к юбилейным датам, связанным как с годами и периодами жизни и деятельности Н.А. Головкинского, так и годом издания его основной работы. Свою задачу авторы настоящей статьи видят не в очередном детальном рассмотрении монографии Н.А. Головкинского (это исчерпывающе выполнено С.И. Романовским), и не в её повторной оценке в связи с круглой датой — 150 лет со дня выхода в свет. В представленной статье сделана попытка подвергнуть анализу значение этого труда в ракурсе эндовидения [1] и в трёх временнымх измерениях — прошлом, настоящем и будущем.

Взгляд в прошлое

С.И. Романовский, анализируя творческое наследие Н.А. Головкинского, тонко и точно отметил аспект, важный для всех геологических работ, содержащих элементы научно-методической новизны: «Результаты научных исследований, сколь бы значительны они ни были, неизбежно отступают перед новыми достижениями региональной геологии. ... Поэтому именно творцы теоретических идей навсегда входят в историю науки, а их региональные работы, которые имеются в избытке практически у любого геолога, с течением времени полностью утрачивают своё значение» [10, с. 6]. Действительно, для познания геологического строения собственно пермских отложений Камско- Волжского бассейна исследования Н.А. Головкинского ныне представляют всего лишь архивно-исторический интерес. Принципиально иначе обстоит дело с теоретическими построениями, выполненными в его работе. Проиллюстрируем их значимость двумя примерами, относящимися к прошедшему времени и имеющими: 1) общенаучный и 2) конкретно-геологический характер.

1. В 1959 г., через 90 лет после выхода в свет книги Н.А. Головкинского, аргентинский философ и физик М. Бунге опубликовал подробное исследование о роли и месте принципа причинности (*каузальности*) в науке, вскоре переведённое на русский язык [3]. Рассуждая о понятийной и терминологической путанице, сопровождающей этот принцип, Бунге предложил различать *акаузализм*, предусматривающий отсутствие причинных связей; *полукаузализм*, согласно которому причинность является лишь одной из возможных категорий соотношений, и собственно *каузализм*, представляющий жёстко детерминированное соотношение между изучаемыми событиями или явлениями. Два последних могут рассматриваться в трёх вариантах: *a*) простая причинная связь (дей- ствие — отклик); *b*) принцип или общий закон причинности; *c*) всеобщая доктрина, имеющая отчётливо детерминистский характер. Не вдаваясь в детальное обсуждение, укажем, что основной фациальный закон, следующий из работы Н.А. Головкинского, можно считать эталоном «геологического полукаузализма», реализующимся по варианту «*b*»: взаимодействию зон слоенакопления по вертикали и латерали. Повсеместно наблюдаемая в литологии нестрогость посылок и следствий, которую можно пояснить известным определением «явление шире закона», не позволяет отнести её к наукам, функционирующим по принципу «*c*». В то же время установленные Н.А. Головкинским закономерности сложнее «простой» причинности вида «*a*».

Дополнительной проверкой правильности фациальных (иными словами генетических) построений Н.А. Головкинского служит выделение М. Бунге «*генетического принципа*», уходящего своими корнями в представления античности. Будучи совместим с полукаузализмом в полном его понимании, данный принцип определяет: «... все может быть результатом процесса и в свою очередь может порождать другие явления, даже не закономерным путём» [3, с. 39]. У Н.А. Головкинского такая «незакономерность» представлена «зубчатым сцеплением слоев», фиксирующим фациальные контакты. В геологии и литологии генетический принцип субъективируется, и особенно значим для геологи-

ческих реконструкций в свете продолжающегося противопоставления генетического и агенетического (структурно-вещественного) подходов [1].

2. Н.А. Головкинский в своей работе, по сути, остановился «в полушаге» от установления принципа цикличности в литологии. Более того, по мнению С.И. Романовского, высказанному в 1985 г., «геологическая чечевица» Н.А. Головкинского является единственной моделью циклов миграционного типа. (Образное название «чечевица» использовано Н.А. Головкинским для характеристики последовательности слоёв, имеющих отчётливо уплощённый облик по периферии и схожих с «оболочкой чечевичного зерна, одевающей ядро» [4, с. 119].) Отметим, что этот недостающий «полушаг» сделал Ю.А. Жемчужников, высказав в докладе на Геологическом угольном совещании, состоявшемся в апреле 1944 г., ёмкий лозунг: «Геологу надо мыслить циклами» [6].

Современные представления

Исследования Н.А. Головкинского высветили круг проблем, вызывающих непреходящий интерес у геологической общественности. Отметим всего два аспекта, относящиеся как к 1) общенаучной, так и 2) собственно геологической проблематике.

1. Н.А. Головкинский явно отдавал себе отчёт в том, что изложенные им идеи, как минимум, не тривиальны и идут против устоявшихся воззрений и стандартов. Сформулировав тезис: «*общепринятое убеждение в последовательности образования последовательно друг на друге налегающих слоев — не верно*» [4, с. 125; курсив автора], он здесь же оговорился, что этот тезис «**повидимому, парадоксальный**» [Там же; сохранена орфография автора]. Этим важным замечанием он, с высокой научной честностью, отдал дань такому явлению, которое в настоящее время получило название «трудная проблема сознания» Д. Чалмерса [11]. Трудность проблемы состоит в признании, понимании и/или объяснении «субъективной реальности» или «субъективного опыта». В определённой степени это перекликается с «генетическим принципом», о котором шла речь выше. В наиболее отчётливом, очищенном виде проблема субъективной реальности относится к понятию «фация», до сих пор остающимся одним из самых «запутанных» и субъективированных в геологии. Общетеоретический подход к решению подобных сложных вопросов предложен Д.И. Дубровским [5], а его интерпретация для фациальных исследований, развиваемая нами, показана в таблице.

Из изложенного несложно увидеть, что в соответствии с «дополнительным соглашением», обозначенным в таблице, причинная (каузальная) латеральная связь между слоями разного генезиса, осторожно названная Н.А. Головкинским «парадоксальной», вполне включается в современные методологические представления, имеющие большое значение, в том числе и для создания искусственного интеллекта.

2. Творческое развитие и продолжение идей, заложенных в работе Н.А. Головкинского, позволило Ю.А. Жемчужникову разработать метод фациально-циклического анализа, который успешно использован при изучении многих угленосных толщ, а в настоящее время применяется для безугольных отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна [1].

Наиболее важным представляется то, что в работе Н.А. Головкинского предвосхищено основное содержание сейсмической стратиграфии: по образному высказыванию Н.Г. Нургалиевой, им заложены «проэлементы геометрии секвенсов» [7]. «Чечевица» Н.А. Головкинского имеет отчётливо выраженный трансгрессивно-регрессивный характер, т. е. соответствует сочетанию ретроградации и проградации в смене слоёв, в современном понимании данных процессов [8]. Такой характер цикла полностью соответствует секвенсу (sequence) — относительно согласно залегающей последовательности генетически связанных пластов, ограниченных несогласиями или соответствующими им согласными границами.

Преломление «трудной проблемы сознания» в фациальном анализе

Информационный подход [5, с дополнениями]		Фациальный анализ как база основного фациального закона
Исходные посылки	1) информация необходимо воплощена в своем материальном, физическом носителе (не существует вне и помимо него)	Порода — как физический носитель; обстановка — как образное восприятие (фация = осадок + условия)
	2) информация инвариантна по отношению к физическим свойствам своего носителя	Разные воплощения фации (литофации, сейсмофации и прочее) предназначены для создания модели геологического объекта
Дополнительное соглашение	Явление субъективной реальности может интерпретироваться как информация (ментальная каузальность)	Информация о явлении *A*, реализованная в носителе *X*, реализуется в виде кодовой связи, фиксирующей взаимооднозначное соответствие *A* и *X*

Перспективы

Охарактеризованные выше положения могут быть рассмотрены и в перспективном видении, вновь с использованием бинарного подхода: 1) с общетеоретической и 2) конкретно-геологической составляющими.

1. «Генетический принцип» М. Бунге, дополненный «трудной проблемой сознания» Д. Чалмерса, находит решение в рамках нелинейной науки. В соответствии с постулатами НБИКС (NBICS)-конвергенции[1] «**Информационная причинность — особый тип каузальности, характерный для самоорганизующихся систем… Она определяется принципом инвариантности информации по отношению к физическим свойствам ее носителя**» [5, с. 31; выделено автором]. В полной мере это относится к эндолитологии, или «литологии изнутри» [1].

На рис. 2 приведена схематическая иллюстрация моделей взаимодействия субъекта (наблюдателя) и окружающего мира, показывающая смену представлений перехода от «объектного» изучения природы в рамках классической парадигмы к осознанию нелинейности протекающих процессов и «вмонтированности» субъекта в процесс познания окружающего мира. Применительно к оценке труда Н.А. Головкинского это означает, что установленные им закономерности связаны с истинным пониманием «фации» (Facies), как специфического *интерфейса*[2] между наблюдателем и геологическим прошлым (рис. 2, *d*).

2. В развитие начатых выше рассуждений о сейсмической стратиграфии укажем, что длительное время реконструкции осадочных последовательностей по сути ограничивались двумя регламентированными типами (I и II), различающимися по

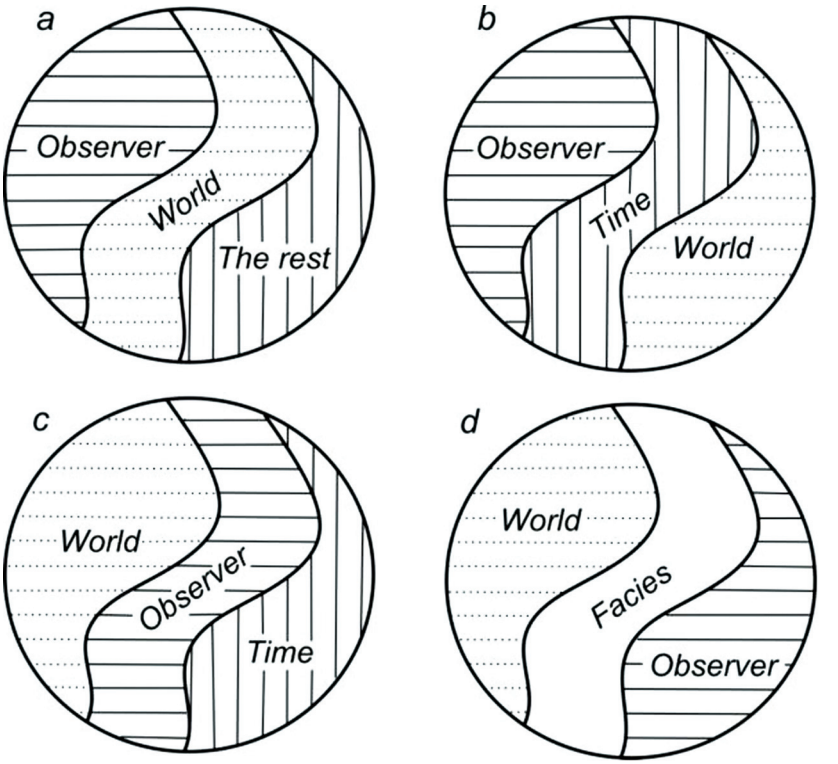

Рис. 2. Модели, отражающие взаимоотношения субъекта или наблюдателя (Observer); объекта или окружающего мира (*World*); непознанного (*The rest*) и времени (*Time*): *a* – представления О. Рёсслера [10], предложившего «взгляд изнутри» на окружающий мир; *b* – представления И. Пригожина о «порядке из хаоса», послужившие основой для создания «нелинейной науки» (nonlinear science) [7]; *c* – эндолитологический подход или «литология изнутри» при «безразмерности» геологического времени; *d* – фация (*Facies*) как интерфейс, в диапазоне «стрелы времени» от 0 (при униформистском подходе) до квазибесконечности

[1]НБИКС (NBICS)-конвергенция — современное направление в фундаментальной науке, характеризующееся междисциплинарными связями областей знания (нано-, био-, инфо-, когно-, социо-). Науки о Земле находятся «на обочине» этих исследований, но использование таких базовых представлений, как основной фациальный закон, позволяет надеяться на «рывок» в их включении в общий тренд [1].

[2]Интерфейс (лат. inter — между + face – поверхность) — в рассматриваемом контексте не имеющая осязаемой «толщины» перегородка между какими-то сущностями (в эндофизике (см. рис. 2, *a*) — наблюдателем и окружающим миром). Для фациального анализа (см. рис. 2, *d*) в интерфейс «сжимается» геологическое время, что позволяет использовать принцип актуализма.

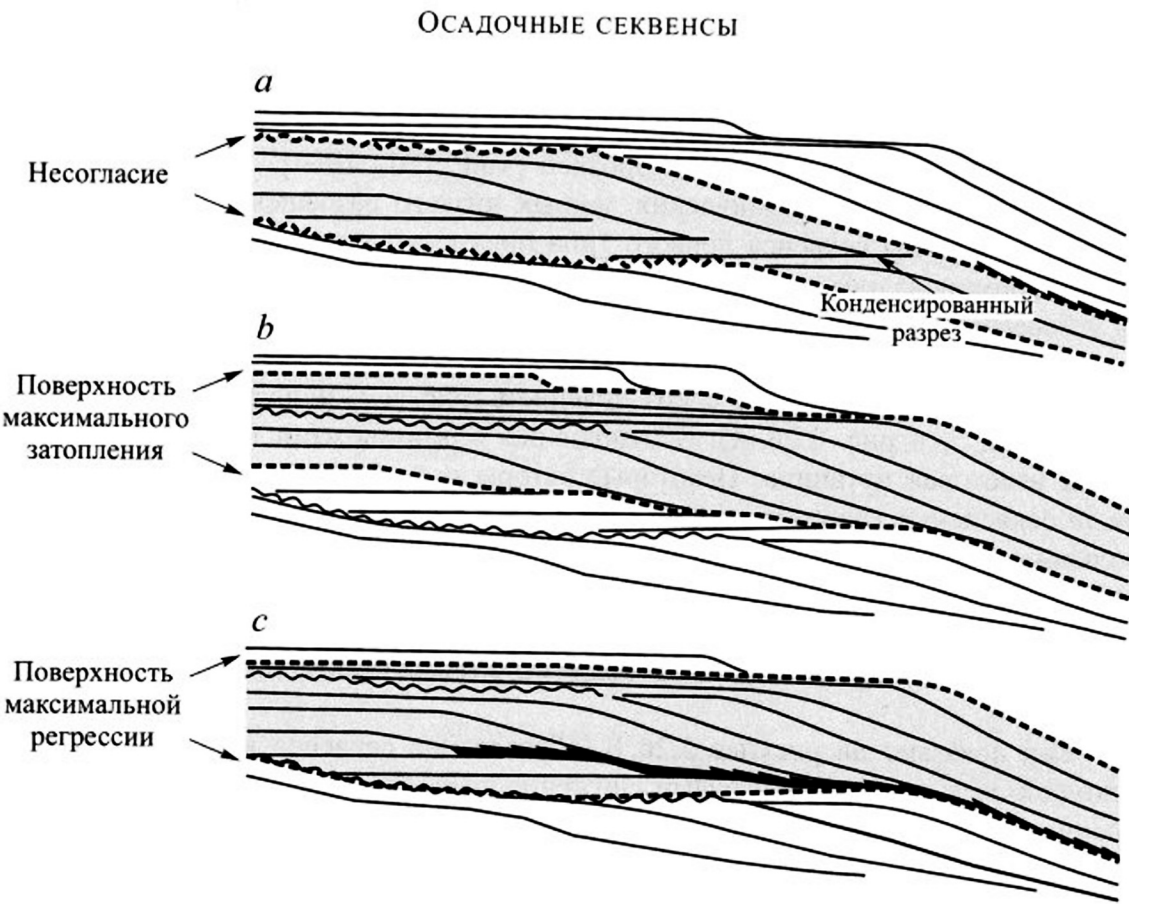

Рис. 3. Схематическое изображение различных определений секвенса или осадочной последовательности [8, с. 59]: *a* – ограничение несогласиями или коррелятивными им согласными залеганиями; *b* – ограничение поверхностями максимального затопления; *c* – ограничение поверхностями максимальной регрессии

интенсивности эвстатических колебаний уровня моря и соответственно латеральному смещению зон седиментации [6].

Однако жёстко детерминированное выделение секвенсов как последовательностей слоёв, ограниченных несогласиями или коррелятными им согласиями, в последнее время подвергается существенному пересмотру [2, 8]. На рис. 3 продемонстрированы три различных подхода к их установлению. Верхний (*a*) является «классическим» и строго детерминированным, именно он в наибольшей степени соответствует «чечевице Н.А. Головкинского». Несложно заметить, что выделяемые при этом последовательности с неизбежным постоянством будут «скользить» по разрезу в силу диахронности своих границ — несогласий. В меньшей степени такое скольжение будет присуще границам последовательностей при варианте *c*, и в минимальной — для варианта *в*, когда границами служат поверхности максимального затопления.

Вариант *в* на рис. 3 используется для построений в рамках генетической стратиграфии, ориентирующейся на установление изохронных границ [2]. С позиций фациально-циклического анализа он является наиболее предпочтительным при корреляции сложнопостроенных осадочных толщ, что представляет непреходяще важную задачу при изучении нефтегазоносных толщ. Дополним, что ещё большую актуальность эти исследования приобретают при разработке трудноизвлекаемых ресурсов (запасов) углеводородов.

Заключение

Сопоставление представлений полуторавековой давности и сегодняшних реалий показывает, что первые не утратили своей актуальности. По нашему мнению, одним из основных направлений в дальнейшем развитии идей, заложенных в работе Н.А. Головкинского, является их «наложение» на понимание нелинейности геологических процессов. Несомненно, что нелинейность (nonlinearity) органически присуща многим каузальным связям [3], хотя многими исследователями она принималась и принимается на интуитивном уровне. В целом же 2018-й год вполне можно считать «годом Головкинского» в российской литологии/седиментологии, да, пожалуй, и не только в ней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.П., Амон Э.О. Седиментологические основы эндолитологии. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 476 с.
2. Бижу-Дюваль Б. Седиментационная геология: пер. с англ. М.-Ижевск: ИКИ, 2012. 704 с.
3. Бунге М. Причинность: Место принципа причинности в современной науке: пер. с англ. Изд. 2-е. М.: Едиториал УРСС, 2010. 512 с.
4. Головкинский Н.А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. СПб., 1868. 143 с.
5. Дубровский Д.И. Субъективная реальность, мозг и развитие НБИК-конвергенции: эпистемологические проблемы // Искусственный интеллект: философия, методология, инновации. М.: Радио и связь, 2013. С. 25—37.
6. Жемчужников Ю.А. Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения // Труды ИГН АН СССР. Вып. 90. Угольная серия (№ 2). 1947. С. 7—18.
7. Нургалиева Н.Г. Основы формационного анализа нефтегазоносных толщ. Казань: Казанский ун-т, 2016. 150 с.
8. Позаментьер Г.В., Аллен Дж.П. Секвентная стратиграфия терригенных отложений. Основные принципы и применение: пер. с англ. М.-Ижевск: ИКИ, 2014. 436 с.
9. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой: пер. с англ. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
10. Романовский С.И. Николай Алексеевич Головкинский (1834—1897). Л.: Наука, 1979. 192 с.
11. Чалмерс Д. Сознающий ум. В поисках фундаментальной теории: пер. с англ. М.: Изд-во УРСС, 2015. 512 с.
12. Rössler O.E. Endophysics: The World as Interface. Singapore: World Scientific. 1998. 204 p.

REFERENCES

1. Alekseev V.P., Amon E.O. *Sedimentological fundamentals of endolithology*. Ekaterinburg, URSMU Publ., 2017, 476 p. (In Russian).
2. Biju-Duval B. *Sedimentary Geology: Eng. transl.* M.-Izhevsk, IKI Publ., 2012, 704 p. (In Russian).
3. Bunge M. Causality. *The Place of the Causal Principle in Modern Science: Eng. transl. 2nd edition*. M., Editorial URSS Publ., 2010, 512 p. (In Russian)
4. Golovkinsky N.A. *On Permian formation in central part of Kama-Volga basin*. Saint-Petersburg, 1868, 143 p. (In Russian).
5. Dubrovsky D.I. Subjective reality, the brain and the development of NBIC-convergence: epistemological problems. *Artificial intelligence: philosophy, methodology, innovation*. M., Radio and communication Publ., 2013, pp. 25—37. (In Russian).
6. Zhemchuzhnikov Yu.A. Cyclic structure of coal-bearing strata, periodicity oa sedimentation and methods of ther study. *Trudy IGN AN SSSR* [*Proceedings of Institute of Geological Sciences of the Acad. Sci. of USSR*], 1947, vol. 90, coal series (no. 2), pp. 7—18. (In Russian).
7. Nurgalieva N.G. *Basics of the formational analysis of oil and gas bearing strata*. Kazan, Kazan Univ. Publ., 2016, 150 p. (In Russian).
8. Posamentier H.W., Allen G.P. *Siliciclastic Sequence stratigraphy: Eng. transl.* M.-Izhevsk, IKI Publ., 2014, 436 p. (In Russian).
9. Prigogine I., Stengers I. *Order Out of Chaos (Radial Thinkers): Eng. transl.* M., Progress Publ., 1986, 432 p. (In Russian).
10. Romanovsky S.I. *Nikolaj Alekseevich Golovkinsky (1834—1897)*. L., Nauka Publ., 1979, 192 p. (In Russian).
11. Chalmers D.J. *The Conscious Mind In Search of a Fundamental Theory: Eng. transl.* M., URSS Publ., 2015, 432 p. (In Russian).
12. Rössler O.E. Endophysics: *The World as Interface*. Singapore, World Scientific, 1998, 204 p.

УДК 548.58:549.211

МОРФОЛОГИЯ АЛМАЗОВ, РАСТВОРЁННЫХ В РАСПЛАВЕ Fe-S ПРИ РАЗНОМ СОДЕРЖАНИИ СЕРЫ

В.М. СОНИН[1], И.А. ГРЯЗНОВ[2], Е.И. ЖИМУЛЕВ[1], А.И. ЧЕПУРОВ[1]

[1]Институт геологии и минералогии СО РАН
3, проспект Академика Коптюга, г. Новосибирск 630090, Россия
e-mail: sonin@igm.nsc.ru

[2]Новосибирский государственный университет,
1, Пирогова ул., г. Новосибирск 630090, Россия
e-mail: gryaznov_9@mail.ru

Проведено экспериментальное исследование процесса растворения алмазов в серосодержащем расплаве железа с разным содержанием серы (10, 15, 20, 25, 30 мас. %) при 3,5 ГПа и 1400°С. Полученные результаты свидетельствуют, что при реализованных условиях плоскогранные кристаллы алмаза октаэдрического габитуса преобразуются в кривогранную форму октаэдроида с морфологическими характеристиками, подобными природным алмазам из кимберлитов. Сделан вывод, что металл-сульфидные расплавы, учитывая их относительно низкие температуры плавления, могли влиять на сохранность алмазов в мантии. Присутствие серы уменьшает растворимость углерода и при составах расплава Fe-S, близких к эвтектическому (25 и 30 мас. %), она стремится к нулю, т. е. присутствие серы благоприятно сказывается на устойчивости алмазов.

Ключевые слова: алмаз; морфология; высокое давление; металл-сульфидный расплав; растворение кристаллов.