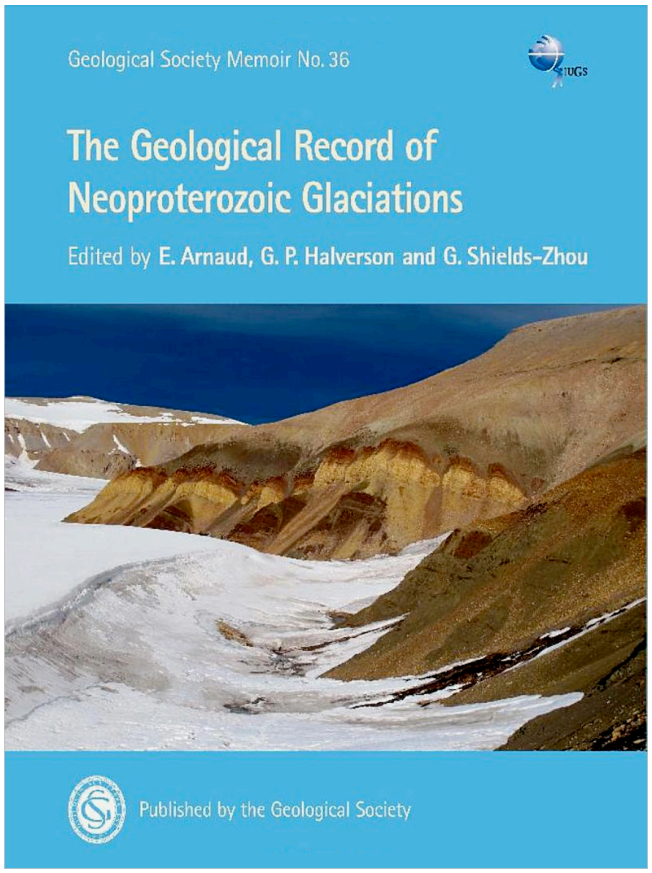
ЛИТОСФЕРА, 2012, № 6, с. 126–133

В МИРЕ КНИГ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА НЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОЛЕДЕНЕНИЙ[1]



36-й том Ученых записок Лондонского геологического общества посвящен результатам 512-го проекта МСГН-ЮНЕСКО “Неопротерозойские ледниковые века”, имевшего цель синтезировать современные седиментологические, геохронологические, геохимические, биостратиграфические, палеомагнитные и другие данные о гляциальных эпохах неопротерозоя – одной из наиболее обсуждаемых в настоящее время мировым геологическим сообществом проблем. В исследованиях в рамках проекта приняло участие свыше 200 специалистов из более 30 стран мира. Монография написана авторским коллективом, включающим почти 150 человек. Среди них такие хорошо известные исследователи как E. Arnaud, G.P. Halverson, G. Shields-Zhou, P.F. Hoffman, K. Grey, C. Calver, D.J. Condon, S.A. Bowring, A.R. Prave, A.E. Fallick, H.E. Frimmel, P.A. Allen, R. Rieu, M.D. Brasier, P.R. Johnson, N.M. Chumakov, B.G. Pokrovsky, V.A. Melezhik, S.K. Ghosh, Q.-R. Zhang, L.-J. Feng, M. Zhu, H. Wang, N. Christie-Blick, D. Mrofka, M. Kennedy, N. Eyles, C. Kirkland, R. Trompette, A.J. Kaufman, T.F. De Oliveira, J.K. Sovetov, L. Bjorklund, J.P. Nystuen, R.A. Kumpulainen, I.J. Fairchild, R.J.F. Jenkins, W.V. Preiss и др.

В отличие от многих других итоговых публикаций по крупным международным проектам, рассматриваемая нами монография начинается девятью обзорными/вводными главами, дающими общее представление об истории, методах изучения “геологических следов” неопротерозойских оледенений и особенностях интерпретации полученных данных. Последующие 60 (!!) ее глав посвящены характеристике различных местонахождений и/или осадочных последовательностей Африки, обеих Америк, Евразии и Австралии (рис. 1), при этом фотоиллюстрации к разным главам монографии доступны в интернете (http://neoproterozoic-glaciations.weebly.com).

В краткой информации об этой книге невозможно, конечно, рассмотреть все, о чем в ней идет речь. Мы остановимся далее только на содержании обзорных глав и ряде глав частных.

В первой главе освещена история исследований позднедокембрийских оледенений от первой находки ледниковых пород в окрестностях Порт Аскейг (ЮЗ Шотландия) до возобновления интереса к этой проблеме в конце 1990-х гг. На первом этапе (1871–1907) следы “кембрийского” оледенения были установлены в Шотландии, Австралии, Индии, Норвегии, Шпицбергене и Китае. На втором этапе (1908–1940) было показано широкое распространение следов этого оледенения в Африке, Азии и обеих Америках. Однако отказ от идей континентального дрейфа привел к охлаждению интереса исследователей к этой теме. Третий этап продолжался до 1964 г. С ним связаны исследования гляциальных отложений среди карбонатных последовательностей; палеомагнитные данные позволили предположить, что неопротерозойские ледники достигали уровня моря в низких широтах. В то же время, установление факта существования различных гравитационных потоков привело к отрицанию гляциальной природы отложений во многих регионах. На четвертом этапе (1965–1981) существование обширного неопротерозойского оледенения обсуждалось уже под влиянием идей плейттектоники. Много внимания на этом этапе уделялось хемо-

[1] The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations / E. Arnaud, G.P. Halverson, G. Shields-Zhou (Eds). Geological Society, London. 2011. Memoirs. V. 36. 735 p.

генным индикаторам оледенений – Fe-формациям и венчающим доломитам. С пятым этапом (1982–1997) связаны палеомагнитные исследования, подтвердившие, что неопротерозойский ледниковый покров достигал уровня моря вблизи палеоэкватора. Начало современного этапа связано с появлением в 1998 г. в журнале "Science" широко известной статьи о неопоотерозойской Земле-Снежке[2].

Вторая глава содержит обзор гляциальных процессов и продуктов их проявления в суб- и прогляциальных, гляциоморских и гляциоозерных обстановках. Здесь же приведены ключевые литературные ссылки по данной проблеме. Это своего рода "правила для пользователя", которыми следует руководствоваться при исследовании осадочных последовательностей, формировавшихся под влиянием холодного/гляциального климата.

В третьей главе рассмотрены значение и особенности использования хемостратиграфических данных при исследовании разрезов неопротерозоя. Современные хемостратиграфические материалы позволяют считать, что химический и изотопный состав океанов начал меняться уже в раннем неопротерозое (наиболее ранняя из известных крупных отрицательных экскурсий $\delta^{13}C$ фиксируется несколько позже 811 млн. лет), а в криогении и эдиакарии он испытывал значительные вариации на фоне общей климатической нестабильности. Негативные экскурсии $\delta^{13}C$ обычно ассоциируют с догляциальными и постгляциальными отложениями, тогда как чрезвычайно высокие положительные значения $\delta^{13}C$ характерны для межледниковых толщ. Причины этих флуктуаций все еще являются предметом обсуждений. Однако, несмотря на то, что использование хемостратиграфических данных для корреляции неопротерозойских оледенений вызывает еще довольно много вопросов, в главе 3 на значительном числе примеров вполне убедительно показано, что сегодня можно с достаточными основаниями считать, что каждое из оледенений неопротерозоя характеризовалось специфическими особенностями.

Четвертая, обзорная глава посвящена ассоциирующим с неопротерозойскими гляциогенными образованиями хемогенным отложениям – венчающим карбонатам, Fe-формациям, баритам, фосфатным строматолитам и т.п. Здесь подчеркнуто, что сингляциальные Fe-формации имеют достаточно простую минералогию; спектры распределения малых элементов в слагающих их породах напоминают те, что характерны для современной морской воды, а основным агентом окисления Fe^{2+} следует рассматривать талые ледниковые воды.

Пятая глава посвящена более узкой теме, а именно – применению химического индекса изменения (CIA) к неопротерозойским гляциальным отложениям. Индекс CIA воспринимается многими авторами как достаточно приемлемый индикатор процессов выветривания. Будучи совмещен с фациальными исследованиями, анализ присущих осадочным породам значений CIA дает возможность распознавания весьма коротких климатических осцилляций (гляциальные обстановки/обстановки теплые гумидные). Накопленные к настоящему времени седиментологические данные и данные по значениям CIA во многих неопротерозойских последовательностях дают серьезные аргументы в пользу существования в указанную эпоху гидрологического цикла, наличия на поверхности суши систем транспортировки осадков (собственно рек) и различных климатических обстановок (сухих холодных, гляциальных, межгляциальных, теплых гумидных). Все это несовместимо с предположениями о полностью покрытой льдом Земле.

Обширные данные о наиболее достоверных палеомагнитных определениях для неопротерозойских гляциальных отложений всего мира содержатся в шестой главе. Они наглядно демонстрируют существование своеобразного неопротерозойского климатического парадокса: среди всех палеомагнитных определений палеоширот гляциогенных разрезов преобладают близкие к тропическим. Полученные в последние годы данные распределены следующим образом: Коннарок (Konnarock) (менее 10^o от палеоэкватора), Элатина, Рапитан, Мэчум Ривер (Mechum River), Большой Конгломерат (10–20^o), Верхний Тиндир, Пуга (Puga) (20–30^o), Наньто, Гаскье (30–40^o) и Уолш (Walsh) (40–50^o). Таким образом, и эти данные свидетельствуют в пользу предположения о том, что ледники в неопротерозое протягивались до весьма низких (экваториальные или приэкваториальные) широт.

В седьмой главе сделан акцент на методы, наиболее часто используемые для изотопного датирования неопротерозойских осадочных последовательностей, их сильные и слабые стороны, источники ошибок и неточностей. Кроме того, суммированы современные сведения о геохронологических рамках ряда ключевых событий неопротерозоя. Полученные в последнее десятилетие данные дают основание считать, что в неопротерозое произошли три (по крайней мере) "гляциальных" события. Наиболее молодое из них распознается в разрезах эдиакария. Так, известная на востоке Авалонского полуострова формация Гаскье имеет возраст от ~584 до 582 млн. лет (U-Pb ID-TIMS-данные по цирконам из пепловых прослоев, залегающих ниже, внутри и выше гляциальных образований). Гляциальные последовательности сходного возраста (600–542 млн. лет) присутствуют также на СВ окраине Лаврентии, в СЗ Балтике и Таримском блоке; однако, точность датировок все еще недостаточна чтобы рассматривать их как синхронные обра-

[2] Hoffman P.F., Kaufman A.J., Halverson G.P., Schrag D.P. A Neoproterozoic snowball Earth // Science. 1998. V. 281. P. 1342–1346.

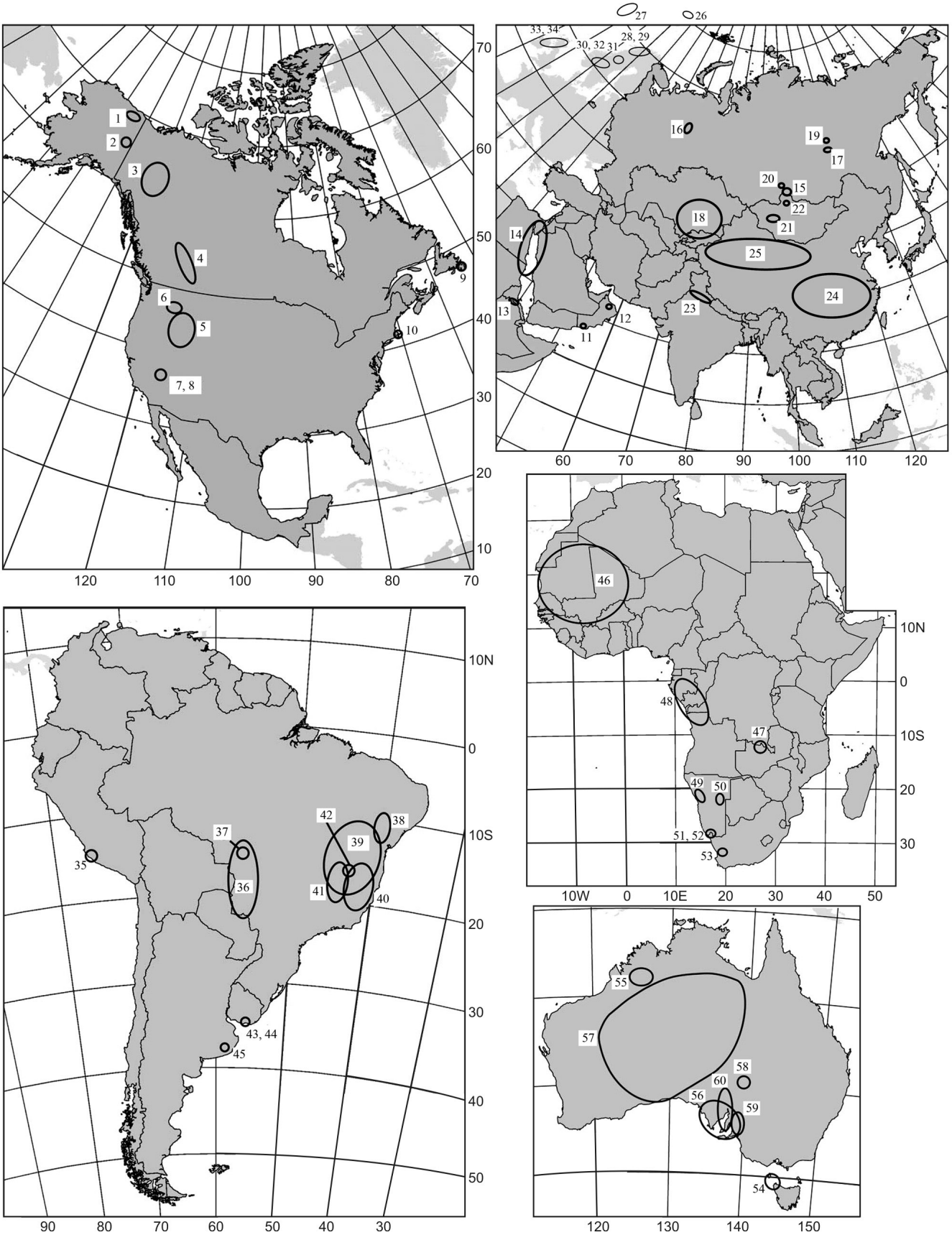

1
2
3
4
5
6
7, 8
9
10
70
60
50
40
30
20
10
120
110
100
90
80
70
27
26
33, 34
30, 32
31
28, 29
16
19
17
20
15
22
18
21
14
25
24
23
13
12
11
60
70
80
90
100
110
120
46
10N
0
10S
20
30
48
47
49
50
51, 52
53
10W
0
10E
20
30
40
50
37
42
38
39
35
36
41
40
43, 44
45
10N
0
10S
20
30
40
50
90
80
70
60
50
40
30
55
57
58
60
56
59
54
120
130
140
150

Рис. 1. Распространение неопротерозойских гляциогенных последовательностей в различных регионах мира (Arnaud et al., 2011).

1–10: Северная Америка: 1 – диамиктиты Хула Хула (Hula Hula), Арктическая Аляска; 2 – Татондак Инлиер (Tatonduk Inlier), граница Аляски и Юкона; 3 – надсерия Уиндермер, горы Маккензи, Канада; 4 – надсерия Уиндермер, южные канадские Кордильеры; 5 – ЮВ Айдахо и Юта, США; 6 – формация Эдвардсбург (Edwardsburg), центральная часть Айдахо, США; 7 – формация Кингстон Пик, восточная часть региона Долины Смерти, США; 8 – формация Кингстон Пик, хребет Панаминт (Panamint), США; 9 – формация Гаскье, Ньюфаундленд, Канада; 10 – пачка Сквантум, бассейн Бостон, США; 11–34 – Евразия: 11 – формация Айн (Ayn), Оман; 12 – серия Абу Махара (Abu Mahara), Оман; 13 – серия Тамбьен (Tambien), Северная Эфиопия; 14 – Северная Аравия–Нубийский щит (Египет, Судан, Западная Аравия); 15 – боксонская серия, Восточный Саян, Россия; 16 – Северный и Средний Урал, Россия; 17 – ничатская свита, центральная Сибирь, Россия; 18 – байконурская свита, Казахстан и Кыргистан; 19 – большепатомская свита, центральная Сибирь, Россия; 20 – марнинская свита, подножье Восточного Саяна, Россия; 21 – формация Цагаан Олоом (Tsagaan Oloom), ЮЗ Монголия; 22 – хубсугульская серия, северная Монголия; 23 – формация Блейни (Blaini), СЗ Индия; 24 – регион Янцзы, Китай; 25 – Таримский блок, СЗ Китай; 26 – серия Поларисбрин, СВ Шпицберген; 27 – СВ Гренландия; 28 – формации Смолфьорд (Smalfjord) и Мортенснес (Mortensnes), Финнмаркен, Норвегия; 29 – каледониды, СЗ Скандинавия; 30 – формации Мёлв (Moelv) и Коппенг (Koppang), южная Норвегия; 31 – каледониды, центральная Скандинавия; 32 – формация Лильфьяле (Lillfjallet), южные Шведские каледониды; 33 – формация Порт Аскейг (Port Askaig), Шотландия; 34 – Шотландия и Ирландия; 35–45 – Южная Америка: 35 – формация Чикерио (Chiquerio), Перу; 36 – формация Пуга (Puga), Парагвайский пояс, Бразилия; 37 – формация Сьерра Азул (Serra Azul), Парагвайский пояс, Бразилия; 38 – формация Бебедуро (Bebedouro), Бразилия; 39 – кратон Сан Франсиско (Sao Francisco), Бразилия; 40 – серия Макоба (Macaubas), ЮВ Бразилия; 41 – ламиниты Моэма (Moema laminites), бассейн Сан Франсиско, Бразилия; 42 – формация Жекита (Jequita), ЮВ Бразилия; 43 – формация Плайя Эрмоса (Playa Hermosa), Уругвай; 44 – формации Ласт Вентанас (Last Ventanas) и Сан Карлос (San Carlos), Уругвай; 45 – система Тандилья (Tandilia), Аргентина; 46–53 – Африка: 46 – бассейн Таудени, СЗ Африка; 47 – надсерия Катанга, центральная Африка; 48 – надсерии Западное Конго и Линди/Убанги (Lindi/Ubangi), центральная Африка; 49 – серия Отави, северная Намибия; 50 – серия Уитвли (Witvlei), восточная часть центральной Намибии; 51 – пачка Чамес Гейт (Chameis Gate), Намибия; 52 – формации Кайгас (Kaigas) и Нумеес (Numees), Южная Африка и Намибия; 53 – формации Кароетьес Коп (Karoetjes Kop) и Блупурт (Bloupoort), Южная Африка; 54–60 – Австралия: 54 – Тасмания; 55 – регион Кимберли и северо-запад Северной Территории; 56 – среднеэдиакарские отложения ледового разноса, рифтовый комплекс Аделаида и бассейн Оффисер; 57 – центральная Австралия; 58 – формация Билли Спрингс; 59 – подсерия Юднамутана (Стерт); 60 – формация Элатина.

зования. Следы более древнего оледенения Марино известны почти на всех палеоконтинентах. Диамиктиты этого уровня ассоциируют с венчающими карбонатами с рядом специфических литологических и изотопных характеристик. Максимальный возраст оледенения Марино оценивается в 643–654 млн. лет (данные для Китая и Австралии). Завершение определяется по U-Pb возрасту цирконов из пепловых туфов, присутствующих внутри кепкарбонатов формации Наньто (635.2 ± 0.6 млн. лет). Таким образом, длительность оледенения Марино может составлять менее 10 млн. лет. В то же время, относительно возраста диамиктитов Марино в их типовом разрезе все еще нет адекватных данных, и это неизбежно ведет к вопросам о возрасте границы криогения и эдиакария. Диамиктиты третьего ледникового события, Стерт, обычно ассоциируют с темно-окрашенными, обогащенными органикой венчающими карбонатами и Fe-формациями осадочного генезиса. На современном уровне знаний возраст Стертского ледникового эпизода оценивается как ~746–663 млн. лет. Однако и в данном случае все еще остается много вопросов относительно гляциальной природы и стратиграфического контекста ряда как будто бы принадлежащих ему осадочных последовательностей, а также точности самих датировок. В литературе существуют данные и о до-Стертском оледенении (~740–760 млн. лет), однако, как показано в главе 7, научное сообщество проявляет в этом вопросе пока еще предельную осторожность.

Восьмая глава посвящена обзору неопротерозойских (микро)фоссилий; особое внимание уделено здесь вопросу о том, как климатические изменения влияли на жизнь. Авторы рассматривают биостратиграфию криогения, базирующуюся преимущественно на данных по Австралии (Центральный супербассейн и рифтовый комплекс Аделаида). Корреляция отложений криогения в Австралии выполнена с учетом хемостратиграфических данных. Предполагается, что первое появление акритарх *Cerebrosphaera buickii*, вместе с первой негативной изотопной экскурсией ($\delta^{13}C$) примерно 800 млн. лет назад, подкрепленные первым появлением строматолитов *Baicalia burra* имеют значительный потенциал для обоснования нижней границы криогения. Она хорошо распознается по всей Австралии и, вероятно, имеет глобальный характер (рис. 2).

В завершающей “обзорную часть” девятой главе дан критический разбор различных климатических моделей (число их уже более 50), используемых для объяснения процессов, вызвавших появление такого феномена неопротерозоя как Земля-Снежок. Большинство указанных моделей исходят из того, что, по крайней мере, два оледенения в криогении имели глобальный характер и предварялись отрицательными экскурсиями $\delta^{13}C$. Это дает основание считать, что появление Земли-Снежка было связано с крупными пертурбациями глобального цикла углерода на фоне весьма низкого pCO_2. Дополнительными факторами могло быть интенсивное выветривание магматических пород, возникших на

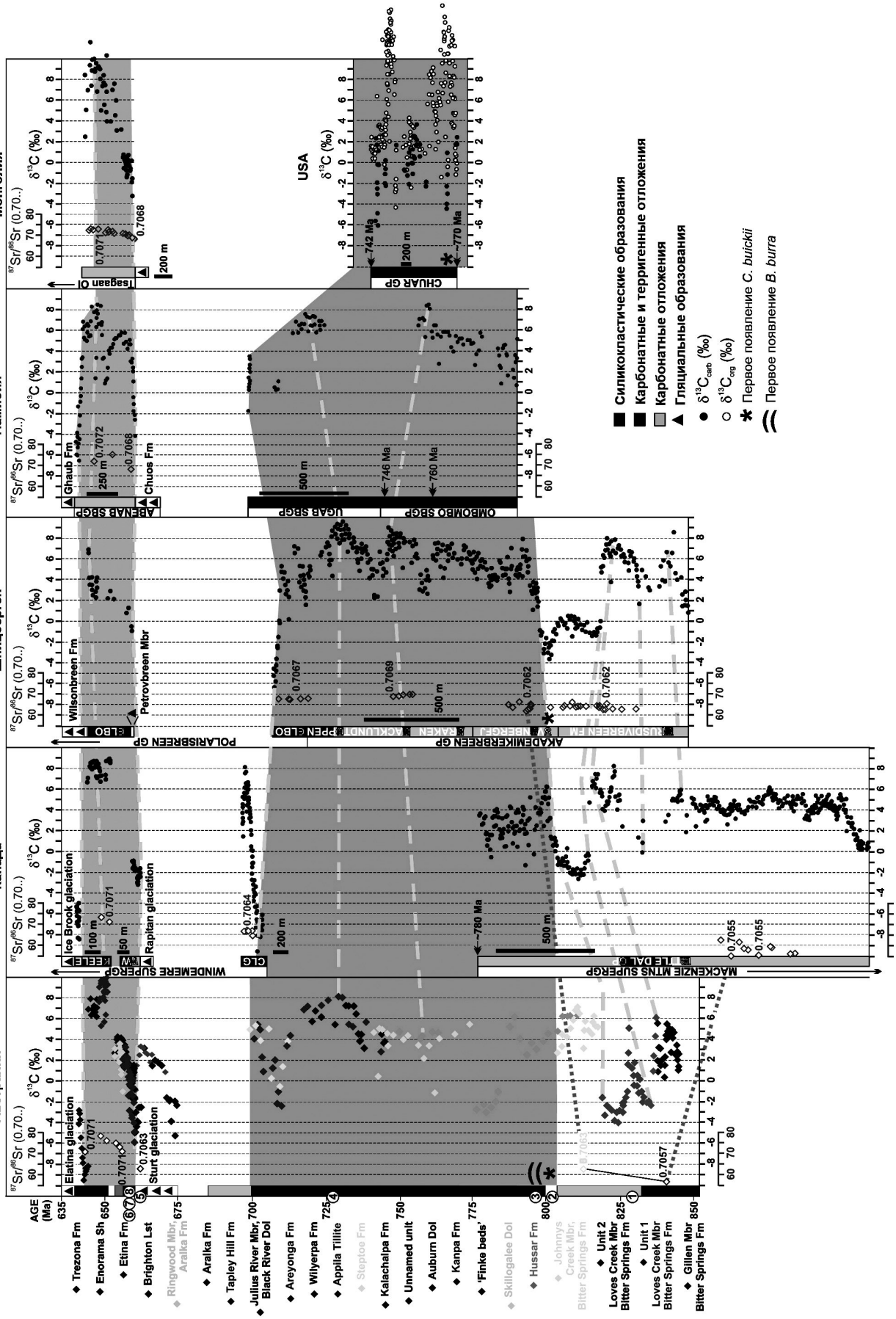


Рис. 2. Глобальная корреляция хемо- ($\delta^{13}C$ и $^{87}Sr/^{86}Sr$) и биостратиграфических данных по криогению Австралии (Grey et al., 2011).

начальных стадиях распада Родинии, и/или коллапс атмосферного метана. На стадии собственно Снежка морской лед достигал экватора, однако нельзя исключить определенную вероятность того, что частичное таяние его создавало обширные рефугии для первичных продуцентов. Наиболее дискуссионными в большинстве климатических моделей все еще остаются причины начала таяния Снежка, так как для этого необходим весьма высокий уровень CO_2 в атмосфере (>0.29 бар), который, скорее всего, никогда не был достигнут. Вслед за гляциальным, на поверхности нашей планеты установился суперпарниковый климат, однако ясности, в том, что это такое, также все еще нет. Анализ климатических моделей не подтверждает ранее высказанных предположений о превышении во время суперпарниковой эпохи величины современного континентального стока более чем на 20%. Следовательно, скорости выветривания также существенно не отличались от современных и требовалось несколько сотен тысяч или миллионов лет для того чтобы количество CO_2 в атмосфере вернулось к догляциальным значениям. Результаты климатического моделирования дают также основание полагать, что формирование венчающих долостоунов могло продолжаться ~100 тыс. лет.

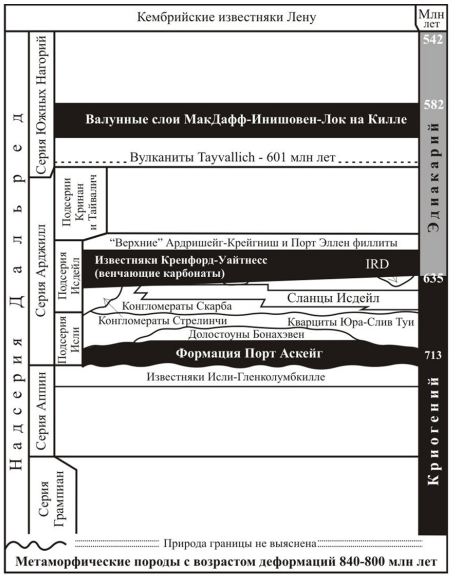
Главы, входящие в "необзорную" часть монографии, скомпонованы по географическому принципу. Цель их – дать сводку современных данных и ключевые литературные ссылки. Практически каждая глава содержит сведения о структурных особенностях региона, литостратиграфии и основных характеристиках гляциальных и ассоциирующих с ними отложений, хемостратиграфии (CIA, $\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$, $\delta^{34}S$, $^{87}Sr/^{86}Sr$ и др.), палеомагнитных данных и региональной палеогеографии, а также геохронологии. В некоторых региональных очерках приведены литогеохимические данные, рассмотрена Sm-Nd систематика тонкозернистых обломочных пород, выполнен анализ Ce, Eu и Ir аномалий.

В последние годы вырос интерес исследователей к экономическому потенциалу неопротерозойских отложений. Так, в Китае и Омане породы эдиакарского возраста рассматриваются как нефтематеринские, и это существенно повлияло на рост внимания к проблемам корреляции постгляциальных образований в Африке, Индии, Австралии, Бразилии и России. Весьма велик интерес к неопротерозойским фосфоритам Марокко, Китая, Западной Африки, Южной Америки и Австралии. Значительные запасы железа и марганца в отложениях криогения могут также иметь экономическое значение для Южной Америки, северо-западной Канады, Индии, Китая и Австралии. Все эти сведения разбросаны по разным главам монографии, и наличие их можно только приветствовать.

Важно подчеркнуть, что многие из рассматриваемых в рецензируемой работе осадочных последовательностей были описаны и в монографии "Доплейстоценовая гляциальная летопись Земли" (Hambrey & Harland, 1981). Однако, за прошедшие 30 лет для большинства из них получены новые геохронологические, хемостратиграфические и палеомагнитные данные. Для ряда гляциогенных и ассоциирующих с ними комплексов предложены и новые палеогеографические реконструкции. В подтверждение сказанного мы остановимся только на трех регионах – Шотландии и Ирландии, Урале и Сибири.

Позднепротерозойский разрез Шотландско-Ирландских нагорий включает несколько мощных (мета)осадочных последовательностей: Торридон, Мойн и Дальред. Следы неопротерозойских оледенений присутствуют только в разрезах Дальреда, так как Мойн формировался ранее ~840, а Торридон – ранее ~950 млн. лет. Надсерия Дальред расчленяется на серии Грампиан, Аппин, Арджилл и Южных нагорий (рис. 3). Уже в ранних публикациях по геологии Дальреда можно встретить термин "валунные слои", применявшийся к интервалам кристаллических сланцев и пелитов, содержащих редкие или более часто встречающиеся обломки различной формы. Значительная часть этих образований не является гляциогенной, но для некоторых связь с ледниковыми эпохами несомненна. Наиболее известными гляциальными отложениями в разрезе Дальреда являются диамиктиты формации Порт Аскейг (~500 м), залегающие в основании серии Арджилл. Более молодой гляциогенный интервал представлен 12-метровым "Валунным слоем" МакДафф, залегающим в нижней части серии Южных нагорий и содержащим дропстоуны, и рядом других подобных образований ("Валунные слои" Инишовен, Лок на Килле и др.). В Донеголе (Ирландия) в средней части серии Арджилл описаны кеп-карбонаты Кренфорд, с которыми сопоставляются известняки Уайтнесс Шетландских островов. Полученные в последние годы C-изотопные данные для названных карбонатных пачек показывают, что последние и литологически и изотопно близки к неопротерозойским венчающим карбонатам. Таким образом, в разрезе надсерии Дальред в настоящее время имеются убедительные доказательства присутствия трех уровней гляциогенных образований: 1) формация Порт Аскейг; венчающие карбонаты здесь отсутствуют; 2) формации Стрелинчи и Рилан и коррелируемые с ними слои с дропстоунами и кеп-карбонаты Кренфорд и Уайтнесс подсерии Исдейл (Easdale); 3) "валунные слои" МакДафф-Инишовен-Лок на Килле и пачки с признаками влияния ледового разноса в нижней части серии Южных нагорий. Геохронологические определения для Дальреда немногочисленны, но вместе с данными по хемостратиграфии они позволяют поместить подошву эдиакарского периода на уровень средней части подсерии Исдейл (ниже

а



б

в

Рис. 3. Схематические стратиграфическая колонка надсерии Дальред (а), геологическая карта Шотландско-Ирландских нагорий (б) (**Prave, Fallick**, 2011) и собственноручно найденный одним из авторов в породах Дальреда дропстоун (в).

подошвы кеп-карбонатов Кренфорд–Уайтнесс), а подстилающие образования отнести к криогению.

На Среднем Урале известны 3 неопротерозойских уровня с диамиктитами – это танинская и койвинская свиты серебрянской серии и нижняя подсвита старопечнинской свиты сылвицкой серии. На Северном Урале (Полюдов кряж) диамиктиты присутствуют в разрезах чурочной свиты. По представлениям Н.М. Чумакова, автора посвященной Уралу главы 24, диамиктиты нижней подсвиты старопечнинской свиты, залегающей в основании сылвицкой серии и имеющей возраст древнее 557 млн. лет, могут отвечать среднеэдиакарскому ледниковому горизонту Восточно-Европейской платформы (глусская свита и формация Мортенснес) и гляциальной формации Гаскье Ньюфаундленда. Диамиктиты койвинской, гаревской и танинской свит серебрянской серии накапливались, по всей видимости, в течение одной гляциальной эпохи. Указанные формации условно коррелируются с нижним гляциальным горизонтом нижнего венда (верхний криогений) Восточно-Европейского кратона (блонская свита и формация Смалфьорд), гляциальной формацией Наньто Южного Китая и подсерией Ерелина Южной Австралии. Чурочная свита параллелизуется Н.М. Чумаковым, со ссылкой на представления одного из авторов этой рецензии, с койвинской свитой Среднего Урала. В несколько более ранних публикациях (2009 и 2011 гг.) ледниковые отложения танинской свиты, возрастные рамки которой в широком плане определяются как 560–670 млн. лет также рассматривались Н.М. Чумаковым как позднекриогениевые и сопоставлялись с формацией Наньто. Предполагалось, что к этому же стратиграфическому уровню принадлежат диамиктиты залегающей в средней части серебрянской серии койвинской свиты и ледниковые континентальные (морена) и гляциоморские шельфовые образования чурочной свиты. В то же время, в начале 2000-х гг. вся серебрянская серия и нижняя часть старопечнинской свиты относились к нижнему венду (600–590 млн. лет) и сопоставлялись с блонской и глусской свитами вильчанской серии Восточно-Европейской платформы и формациями Гаскье (серия Консепшн, Ньюфаундленд) и Айс-Брук (надсерия Уиндермер, горы Маккензи) (Чумаков, Сергеев, 2004).

Неопротерозойским ледниковым отложениям Сибири в рецензируемой монографии посвящены 4 главы, что существенно расширяет доступные западному читателю современные сведения о гляциогенных образованиях неопротерозоя к востоку от Урала. Авторами глав являются Н.М. Чумаков, Б.Г. Покровский, В.А. Мележик и Ю.К. Советов. Основные объекты, о которых идет речь в этих главах – забитская свита боксонской серии южной части Восточного Саяна, ничатская и большепатомская свиты патомского комплекса (т.н. Березовский

бассейн), а также марнинская свита оселковой серии юго-западной периферии Сибирского кратона.

Диамиктиты забитской свиты содержат эрратические валуны, фасетчатые и штрихованные камни и дропстоуны, и принадлежат гляциоморским образованиям. Максимальные значения $\delta^{13}C_{carb}$ (до 5.5‰) наблюдаются в подстилающих диамиктиты отложениях, тогда как перекрывающие образования характеризуются негативными экскурсами (–4‰ и менее). Четвертый отрицательный экскурс присутствует в средней части боксонской серии (табинзуртская свита, –5.7‰). Подстилающие диамиктиты породы содержат вендские микрофоссилии, в обломках диамиктитов найдены *Cloudina sp*., а непосредственно перекрывающие диамиктиты слои содержат мелкораковинную фауну немакит-далдынского типа. Выше по разрезу найдены многочисленные представители томмотской ассоциации. Все вместе это указывает на формирование диамиктитов рассматриваемого уровня в конце эдиакария или в самом начале кембрия[3].

Ничатская свита залегает в основании дальнетайгинской серии патомского комплекса. Сложена она массивными и слоистыми диамиктитами, конгломератами, песчаниками и тонкослоистыми породами с дропстоунами. Диамиктиты содержат эрратические блоки различного размера, фасетчатые камни и камни с гляциальной штриховкой. Перекрывающие ее карбонатно-терригенные образования патомской надсерии характеризуются двумя негативными (до –6 и –10.5‰) и одной положительной (до 3.9‰) аномалиями $\delta^{13}C$. Ничатская свита может быть отнесена к нижнему венду (верхнему криогению) на основании корреляции с биостратиграфически лучше исследованными верхнедокембрийскими отложениями Уринского поднятия.

Для большепатомской свиты дальнетайгинской серии характерно широкое развитие штрихованных диамиктитов с подчиненными песчаниками, аргиллитами, алевролитами, конгломератами и конглобрекчиями. Новые биостратиграфические (микрофоссилии пертататакского типа, эдиакарская фауна) и хемостратиграфические данные ($^{87}Sr/^{86}Sr$, $\delta^{13}C$) свидетельствуют в пользу вендского (поздний криогений–эдиакарий) возраста дальнетайгинской и перекрывающей ее жуинской серий.

Позднекриогениевый (ранневендский) возраст диамиктитов уляхской пачки марнинской свиты юго-западной части Сибирского кратона определяется, по представлениям Ю.К. Советова, отпечатками мягкотелых организмов в средней части озерской пачки и находками эдиакарских метазоа в перекрывающей большеайсинской пачке. Накопление уляхских тиллитов и ассоциирующих с ними пород коррелируется с позднекриогениевым оледенением Марино на основе характера вариаций $\delta^{13}C$ в карбонатных породах марнинской и удинской свит и их стратиграфической позицией значительно ниже до-маныкайской и жуинской отрицательных $\delta^{13}C$ аномалий, которые сопоставляются с вонокской аномалией.

В целом, рецензируемая монография дает великолепную панораму неопротерозойских ледниковых событий мира, представления о их срезе именно на рубеже первого и второго десятилетий XXI века. Мы подчеркиваем это особо, так как уже сейчас для ряда регионов появились новые, в том числе и геохронологические, данные, способные в той или иной степени перевернуть устоявшиеся за долгие годы воззрения. И в этом суть нашей работы, суть развития и движения вперед.

Мы искренне признательны Н.М. Чумакову за возможность ознакомления с пдф-файлами монографии “The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations”.

А.В. Маслов, Д.В. Гражданкин

[3] В комментарии редакторов монографии подчеркнуто, что если, по мнению Н.М. Чумакова, диамиктит-содержащие горизонты боксонской серии Восточного Саяна принадлежат к эдиакарию, то в Монголии эти же горизонты сопоставляются с ранне- и позднекриогениевым оледенениями (глава 30, F.A. Macdonald и D.S. Jones).