

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Феоктистов А.В., Кольчурина И.Ю., Приходько О.Г. Разработка проектно-ориентированной основной образовательной программы высшего образования на основе требований федеральных государственных образовательных стандартов и профессиональных стандартов. – В кн.: Современные вопросы теории и практики обучения в вузе: Сб. науч. тр. Вып. 19. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2016. С. 7 – 14.
2. Домрачев А.Н. Алгоритм и структура контента обучающе-тестирующей программы для базовых дисциплин специальности 130400 «Горное дело». – В кн.: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов : Сб. науч. статей / Под ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 184 – 187.
3. Домрачев А.Н., Риб С.В. Сравнительная оценка аналитического расчета и результатов имитационного моделирования нагрузки на длинный комплексно-механизированный очистной забой // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. №3 (17). С. 8 – 10.
4. Говорухин Ю.М., Домрачев А.Н. Разработка и внедрение в учебный процесс системы поддержки принятия решений при разработке технологической схемы очистного участка // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2018. № 1. С. 165 – 195.
5. Гудман Д., Моррисон М. JavaScript. Библия пользователя, 5-е издание. / Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 1184 с.
6. Риб С.В., Никитина А.М., Любогощев В.И. Анализ опыта разработки и первого этапа внедрения компьютерной лабораторной работы «Выбор параметров технологии подготовки и отработки пологого пласта» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. № 4 (18). С. 20 – 23.

© 2018 г. А.Н. Домрачев, С.В. Риб
Поступила 17 сентября 2018 г.

УДК 551.73:551.35.06

Я.М. Гутак¹, Д.А. Рубан²

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²Череповецкий государственный университет

УРОВЕНЬ МОРЯ В ПАЛЕОЗОЕ В СВЕТЕ ИНФОРМАЦИИ О РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕРЕРЫВАХ КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕРИОДА

Перерывы в осадочных последовательностях являются ценными свидетельствами для эффективной реконструкции динамики развития осадочных бассейнов, в том числе с использованием секвенс-стратиграфической методологии [1 – 3]. Информация о них может успешно использоваться и при обсуждении колебаний уровня моря в геологическом прошлом планеты (эвстатических флуктуаций) [4]. В этой связи представляет интерес обобщение сведений о региональных перерывах для решения вопроса о положении уровня Мирового океана в палеозое относительно мезозоя.

Отмеченный выше вопрос заключается в следующем. В течение фанерозойского зона уровень моря достигал пика дважды: в ордовике (ранний палеозой) и в мелу (поздний мезозой).

Однако точно неизвестно, в каком случае он находился на более высокой отметке [5]. Э. Хэллем показал главенство ордовикского пика [6]. С другой стороны, сводная фанерозойская эвстатическая кривая Б. Хака указывает на преимущество мелового пика [7]; то же самое видно и на ее обновленной версии [8]. Несмотря на формальную новизну последней, стоит учитывать, что предложенные к настоящему времени кривые, описывающие колебания уровня моря, являются разнородными по своей сути, поскольку «привязаны» к разной фактической основе и построены с использованием разных методов; более того, все они в той или иной степени несовершенны [9]. Следовательно, соотношение между уровнем моря в палеозое и мезозое остается

неясным. В настоящей работе предполагается решение этого вопроса путем анализа информации о региональных перерывах в каменноугольном периоде (поздний палеозой).

К настоящему времени опубликовано большое число сводных работ по геологии отдельных осадочных бассейнов, тектонических доменов и регионов, которые содержат богатый стратиграфический материал. Он может быть использован для установления региональных перерывов в каменноугольных последовательностях. Эта информация далее подлежит компиляции и «привязке» к современной шкале геологического времени, что обеспечит возможность межрегионального прослеживания поверхностей перерывов. В настоящей работе особое внимание уделено Южной Сибири (подробную характеристику см. ниже). Кроме того, учитывается информация по Аппалачскому бассейну [10], Аравийскому полуострову [11 – 13], Карнийским Альпам [14, 15], Донбассу [16], Великому бассейну в Северной Америке [17, 18], Пиренейскому полуострову [19, 20], Индии [21], бассейну Кару в Южной Африке [22], так называемому «Мидконтиненту» в Северной Америке [16], Средней Европе [23 – 26], Московской синеклизе [27, 28, 16], Северо-Восточной Африке [29], Северо-Западной Африке [29 – 31], Южному Китаю [16]. Также были учтены опубликованные значительно ранее данные по бразильским внутриматериковым бассейнам [32], Восточной Австралии [33], внутренней части Северной Америки [34, 35, 36].

Данные из основных работ по вышеуказанным территориям позволяют обозначить наиболее существенные перерывы в осадконакоплении, а также сопоставить их с действующей шкалой геологического времени для каменноугольного периода [16, 37]. Далее информация сводится в единую схему корреляции, которая позволяет проследить перерывы в глобальном масштабе. Те из них, что установлены в половине и более регионов, могут быть признаны квазиглобальными и должны объясняться действием процессов планетарного масштаба, такими как падение уровня моря, внедрение мантийных плюмов и т.п. Здесь отметим, что анализируемые в настоящей работе территории расположены в разных частях Земли, а потому скомпилированная информация видится действительно репрезентативной. В некоторых из вышеотмеченных регионов в позднем палеозое тектоническая активность была существенной. Однако при последующем сравнении тектонически обусловленные перерывы не будут находить аналогов в других регионах и легко могут быть отделены от условно глобальных. Безусловно, герцинский орогенез и развитие суперконтинента Пангея в позднем карбоне способствовали

сближению характера геологической истории многих регионов, однако не настолько, чтобы полностью тектонически гомогенизировать планетарное пространство.

Каменноугольные отложения широко представлены всеми отделами в большинстве геологических структур Юга Сибири и, в частности, Рудном Алтае, Горном Алтае, Томь-Колывани, Кузбассе и Горловском бассейне, Минусинских впадинах, Тувинском прогибе. Все районы выходов карбона хорошо изучены, имеются дробные стратиграфические схемы. Однако, до настоящего времени целый ряд проблем остался нерешенным. Главной из них выступает корреляция континентальной части разреза с подразделениями международной стратиграфической шкалы. Решение этого вопроса напрямую зависит от оценки значения и длительности перерыва между морской и континентальной частью разреза. Перерыв в осадконакоплении на этом рубеже зафиксирован на всей территории Южной Сибири. В Рудном Алтае он отмечен между бухтарминской и малоульбинской свитами [38]. В Кузбассе и Горловском прогибе он установлен между отложениями верхотомской и евсеевской (нижняя часть острогской подсерии) свит [39], в Минусинских впадинах окраин Сибирского кратона – между подсиньской и соленоозерной свитами [40], в Тувинском прогибе – в основании онгажинской свиты [41], в Томь-Колыванской складчатой зоне – между лагерносадской и басандайской свитами [42]. В Горном Алтае каменноугольные отложения пространственно разобщены, и судить о перерывах в разрезе не представляется возможным.

Перерыв между ниже- и верхнекаменноугольными отложениями в регионе отражает подъем территории Южной Сибири и прекращение в ее пределах морского осадконакопления. Он повсеместно подчеркнут наличием базальных конгломератов в основании континентального цикла седиментогенеза. По всей видимости, начало перерыва следует датировать концом визейского века (возраст формирования верхотомской свиты Кузбасса). Вышележащие отложения по крайне редким находкам морских окаменелостей (брахиоподы) датируются в Кузбассе в весьма широком диапазоне (верхний визе-серпухов). Более точный возраст начала формирования угленосного комплекса отложений, а значит и определения времени перерыва осадконакопления в карбоне Южной Сибири дает анализ сообществ фауны и флоры басандайской свиты Томь-Колыванской зоны, который указывает на серпуховское время формирования отложений [42]. Если правильна корреляция евсеевских и басандайских отложений, то длительность

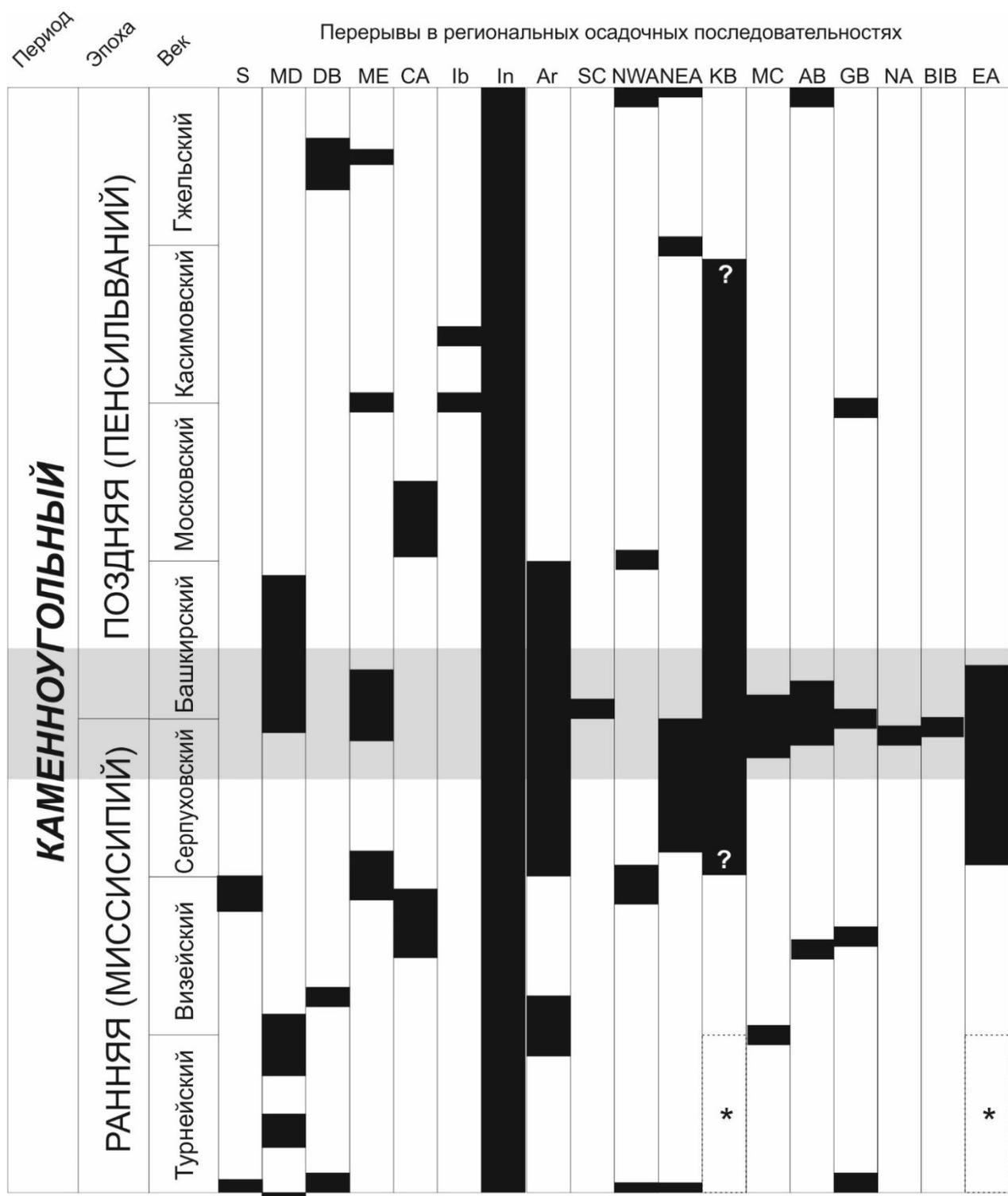


Рис. 1. Региональные перерывы каменноугольного периода. Серым показан квазиглобальный перерыв. Обозначения: AB – Аппалачский бассейн, Ar – Аравийский полуостров, BIB – бразильские внутриконтинентальные бассейны, CA – Карнийские Альпы, DB – Донбасс, EA – Восточная Австралия, GB – Великий бассейн, In – Индия, KB – бассейн Кару, MC – Мидконтинент, MD – Московская синеклиза, ME – Средняя Европа, NEA – Северо-Восточная Африка, NWA – Северо-Западная Африка, S – Южная Сибирь, SC – Южный Китай, (NA – Северная Америка в целом), * – отсутствие данных о турнейских отложениях, ? – предположительная длительность перерыва

ность перерыва между морскими и континентальными отложениями в Южной Сибири весьма незначительна и соответствует лишь заключительному интервалу визейского века, на что справедливо указывает большинство исследователей региона.

Еще один перерыв в осадконакоплении установлен в основании разреза каменноугольной системы. В Кузбассе он приурочен к границе топкинского и крутовского горизонтов [43]. Литологически он выражен очень резко (карбонатные

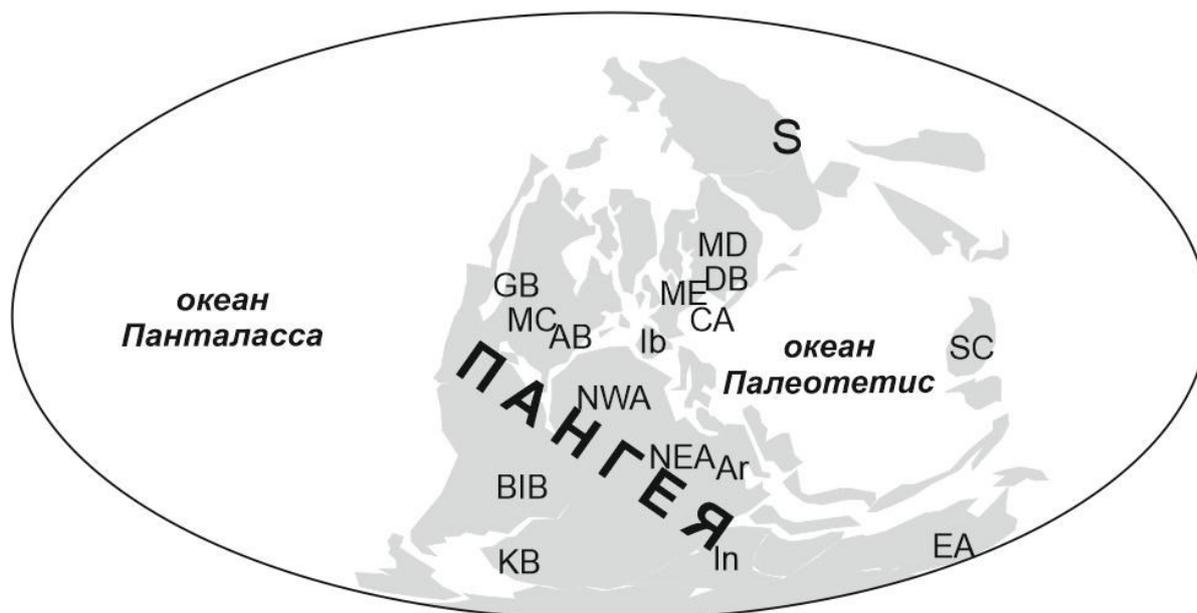


Рис. 2. Расположение изученных территорий в позднем палеозое. Глобальная реконструкция по К. Скотезе (Scotese, 2004)

морские отложения топкинского горизонта и вулканогенные отложения крутовского горизонта). Крутовские слои знаменуют собой кратковременное прекращение процессов осадконакопления в Кузбассе и массовое вымирание. Это событие весьма близко событию Хангенберг, ниже которого проводится глобальная граница девона и карбона. Вулканический эпизод широко представлен по территории Южной Сибири. В Рудном Алтае перерыв приурочен к основанию бухтарминской свиты [39], в Минусинских впадинах фиксируется между камыштинской и самохвальской свитами [40]. В Тувинском прогибе перерыв отмечен в основании суглукхемской свиты [41].

В отличие от срединнокаменноугольной границы данный перерыв спровоцирован вулканотектонической активизацией смежных с регионом с запада территорий. При этом центры вулканической активности, возможно, находились весьма далеко от Южной Сибири, на что указывает преимущественно туффитовый состав вулканогенных отложений. Время перерыва тоже крайне ограничено и вряд ли может быть определено палеонтологическими методами. В то же время это очень важный рубеж, с которым связано массовое вымирание организмов. Качественный состав комплексов окаменелостей до вулканического эпизода близок к составу позднедевонских ассоциаций, а после него имеет принципиально иной состав. В региональном плане этот перерыв изучен еще недостаточно полно, и в целом ряде регионов Южной Сибири он не фиксируется (Томь-Колыванская зона).

В отдельных геологических структурах Южной Сибири (Тувинский прогиб) разрез карбона

имеет отчетливое циклическое строение, и в основании каждого цикла залегают грубообломочные породы. Начало каждого из таких циклов можно идентифицировать как перерыв в осадконакоплении. Эти перерывы обусловлены тектонической активностью смежных с Тувинским прогибом территорий, часто очень четко выражены (до угловых несогласий), но их вряд ли можно трассировать через всю территорию Южной Сибири.

Сопоставление каменноугольных осадочных последовательностей Южной Сибири и других вышеуказанных территорий позволяет сделать два важных наблюдения. Во-первых, общее количество региональных перерывов оказывается довольно небольшим (рис. 1). Во-вторых, лишь перерывы вблизи границы миссисипия/пенсильвания прослеживаются в более, чем половине регионов (рис. 1), расположенных в разных частях Земли (рис. 2). Сказанное может быть интерпретировано следующим образом. Небольшое число перерывов означает практически полное отсутствие действия механизмов планетарного масштаба, которые могли бы существенно нарушать седиментацию. Это относится и к колебаниям уровня моря. Судя по скомпилированной информации, существенных падений этого уровня за единственным исключением не было. Пространственная ограниченность большинства перерывов легко объяснима действием процессов (прежде всего, тектонических) в пространственно ограниченных масштабах. Более того, даже развитие герцинских движений не привело к массовому формированию перерывов. Безусловно, такое возможно лишь при высоком положении уровня моря.

Квазиглобальный перерыв вблизи границы миссисипия/пенсильвания мог быть связан с внедрением мантийного плюма или эвстатическим минимумом. Первое объяснение видится маловероятным в связи с тем, что единственное плюмовое событие вблизи вышеуказанной границы имело место гораздо раньше [44] и не может объяснять прослеживаемого во многих регионах перерыва. Напротив, эвстатический минимум на переходе от ранне- к позднекаменноугольной эпохе уже аргументировался ранее [45, 46]. Он вполне мог быть связан с пульсом оледенения, охватившего гондванскую часть Пангеи в позднем палеозое [47, 48]. Эвстатический минимум на рубеже миссисипия/пенсильвания отчетливо выражен и на новейшей эвстатической кривой [8]. Скорее всего, именно он и объясняет квазиглобальный перерыв.

Информация о региональных перерывах дает ценное свидетельство о положении уровня моря не только в каменноугольном периоде, но и в палеозое вообще. Во-первых, выше уже было отмечено, что это положение, судя по небольшому количеству перерывов, было довольно высоким во второй половине эры. Во-вторых, сравнение с результатами аналогичного исследования, проведенного С.О. Зориной и др. для мелового периода [4], свидетельствует о том, что число региональных перерывов в каменноугольном периоде было меньшим, чем в меловом (в последнем отмечена целая серия квазиглобальных перерывов, тогда как в первом – лишь один такой перерыв). Следовательно положение уровня Мирового океана в каменноугольном периоде было выше, чем в меловом. Если известно, что уровень моря снижался с ордовика и до конца палеозоя [8] и при этом установлено, что в каменноугольном периоде он был выше, чем в меловом, то из этого вытекает, что именно в раннем палеозое был достигнут наибольший для фанерозоя эвстатический максимум. В каменноугольном периоде уровень моря был ниже, чем в ордовикском по причине развития в позднем палеозое глобального оледенения [47, 48]. Таким образом, подтверждается идея Э. Хэллема о преимуществе ордовикского эвстатического максимума над меловым [6].

Возникает закономерный вопрос относительно механизма, который обеспечивал высокое положение уровня моря на протяжении большей части палеозоя. Ранее было показано, что тектонические процессы в океане (Панталасса, Протопацифика), который в конечном итоге трансформировался позднее в современный Тихий океан, оказывали заметное влияние на эвстатические флуктуации в палеозое [5]. Активное образование океанической коры способствовало

снижению ее среднего возраста в этом сегменте Земли. Более теплая молодая кора «всплывала», что обеспечивало относительный подъем дна на значительных по площади участках. Такое «вытеснение» воды способствовало подъему уровня Мирового океана. Что касается квазиглобального перерыва на границе миссисипия/пенсильвания, то, как говорилось выше, логичнее всего связать его с развитием крупного оледенения [47, 48]. С одной стороны, оледенение способствовало крупному эвстатическому минимуму. С другой стороны, уровень моря оставался высоким и в позднекаменноугольную эпоху, когда оледенение продолжалось. При этом на границе миссисипия/пенсильвания имел место сильный пульс оледенения, после чего оно заметно сократилось, что дало возможность уровню Мирового океана снова вырасти до отметок, выше чем в меловом периоде. Такие представления подтверждают интерпретации Дж. Избелла и его коллег, которые свидетельствуют о пульсационном характере позднепалеозойского оледенения в целом и не столь сильном его проявлении в каменноугольном периоде [49, 50], хотя в совсем недавней работе эти специалисты показали, что в отдельных гондванских бассейнах оледенение было именно каменноугольным, а не раннепермским [51]. С предложенным вариантом хорошо согласуются также идеи И. Монтаньес и К. Поульсена, согласно которым позднепалеозойское оледенение развивалось дискретно, а его мелкие эпизоды не приводили к катастрофическим эвстатическим минимумам [47].

Выводы. На основании проведенного исследования могут быть сделаны три общих вывода. Во-первых, небольшое число и пространственная ограниченность региональных перерывов указывают на высокое положение уровня моря в каменноугольном периоде (в том числе в сравнении с меловым периодом), которое могло быть связано с тектонической ситуацией в Протопацифике. Во-вторых, наиболее высоким для всего фанерозоя было положение уровня Мирового океана в ордовике, а не в мелу. В-третьих, квазиглобальный перерыв в осадконакоплении на границе миссисипия/пенсильвания был вызван эвстатическим минимумом, обусловленным сильным, но кратковременным пульсом позднепалеозойского оледенения, тогда как на большем протяжении карбона это оледенение не провоцировало столь сильных падений уровня моря.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Габдуллин Р.Р., Копаевич Л.Ф., Иванов А.В. Секвентная стратиграфия. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 113 с.
2. Catuneanu O. Principles of Sequence Stratigraphy. Amsterdam: Elsevier, 2006. – 375 p.
3. Miall A.D. The valuation of unconformities // *Earth-Science Reviews*. 2016. V. 163. P. 22 – 71.
4. Zorina S.O., Dzyuba O.S., Shurygin B.N., Ruban D.A. How global are the Jurassic-Cretaceous unconformities? // *Terra Nova*. 2008. V. 20. P. 341 – 346.
5. Ruban D.A., Conrad C.P., van Loon A.J. The challenge of reconstructing the Phanerozoic sea level and the Pacific Basin tectonics // *Geologos*. 2010. V. 16. P. 235 – 243.
6. Hallam A. Pre-Quaternary sea-level changes // *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*. 1984. V. 12. P. 205 – 243.
7. Haq B.U., Al-Qahtani A.M. Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform // *GeoArabia*. 2005. V. 10. P. 127 – 160.
8. Boulila S., Laskar J., Haq B.U., Galbrun B., Hara N. Long-term cyclicities in Phanerozoic sea-level sedimentary record and their potential drivers // *Global and Planetary Change*. 2018. V. 165. P. 128 – 136.
9. Ruban D.A. A "chaos" of Phanerozoic eustatic curves // *Journal of African Earth Sciences*. 2016. V. 116. P. 225 – 232.
10. Swezey C.S. Regional Stratigraphy and Petroleum Systems of the Appalachian Basin, North America. Geological Investigations Series Map I-2768. Reston: USGS, 2002. – 1 p.
11. Al-Husseini M.I. Pre-Unayzah unconformity, Saudi Arabia // *Carboniferous, Permian and Early Triassic Arabian Stratigraphy*. *GeoArabia Special Publication*. 2004. No. 3. P. 15 – 59.
12. Sharland P.R., Archer R., Casey D.M., Davies R.B., Hall S.H., Heward A.P., Horbury A.D., Simmons M.D. Arabian Plate Sequence Stratigraphy // *GeoArabia Special Publication*. 2001. No. 2. P. 1-371.
13. Simmons M.D., Sharland P.R., Casey D.M., Davies R.B., Sutcliffe O.E. Arabian Plate sequence stratigraphy: Potential implications for global chronostratigraphy // *GeoArabia*. 2007. V. 12. P. 101 – 130.
14. Carta geologica delle Alpi Carniche, 1:25000. Firenze: S.E.L.C.A., 2002.
15. Krainer K. Late- and Post-Variscan Sediments of the Eastern and Southern Alps. // *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*. – Berlin: Springer, 2003. P. 537 – 564.
16. Menning M., Alekseev A.S., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Devuyst F.-X., Forke H.C., Grunt T.A., Hance L., Heckel P.H., Izokh N.G., Jin Y.-G., Jones P.J., Kotlyar G.V., Kozur H.W., Nemyrovska T.I., Schneider J.W., Wang X.-D., Weddige K., Weyer D., Work, D.M. Global time scale and regional stratigraphic reference scales of Central and West Europe, East Europe, Tethys, South China, and North America as used in the Devonian-Carboniferous-Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2006. V. 240. P. 318 – 372.
17. Trexler J.H.Jr., Cashman P.H., Cole J.C., Snyder W.S., Tosdal R.M., Davydov V.I. Widespread effects of middle Mississippian deformation in the Great Basin of western North America // *Geological Society of America Bulletin*. 2003. V. 115. P. 1278 – 1288.
18. Trexler J.H.Jr., Cashman P.H., Snyder W.S., Davydov V.I. Late Paleozoic tectonism in Nevada: Timing, kinematics, and tectonic significance // *Geological Society of America Bulletin*. 2004. V. 116. P. 525 – 538.
19. Colmenero J.R., Fernandez L.P., Moreno C., Bahamonde J.R., Barba P., Heredia N., Gonzalez F. Carboniferous // *The Geology of Spain*. London: Geological Society, 1992. P. 93 – 116.
20. *Geologia de Espana*. Madrid: SGE-IGME, 2004.
21. Stratigraphic Mega Charts for the Indian Subcontinent. International Commission on Stratigraphy, 2007.
22. Catuneanu O., Wopfner H., Eriksson P.G., Cairncross B., Rubidge B.S., Smith R.M.H., Hancox P.J. The Karoo basins of south-central Africa // *Journal of African Earth Sciences*. 2005. V. 43. P. 211 – 253.
23. Schneider J.W., Hoth K., Gaitzsch B.G., Berger H.J., Steinborn H., Walter H., Zeidler M.K. Carboniferous stratigraphy and development of the Erzgebirge Basin, Germany // *Z. dt. Ges. Geowiss.* 2005. V. 156. P. 431 – 466.
24. Stamberg S., Zajic J. Carboniferous and Permian faunas and their occurrence in the limnic basins of the Czech Republic // *Hradec Kralove: Museum of Eastern Bohemia*, 2008.
25. Stratigraphische Tabelle von Deutschland, 2002. Deutsche Stratigraphische Kommission.
26. Stratigraphische Tabelle von Deutschland, 2016. Deutsche Stratigraphische Kommission.
27. Alekseev A.S., Kononova L.I., Nikishin A.M. The Devonian and Carboniferous of the Moscow Syncline (Russian Platform) stratigraphy

- and sea-level changes // *Tectonophysics*. 1996. V. 268. P. 149 – 168.
28. Alekseev A.S., Goreva N.V., Isakova T.N., Makhlina M.Kh. Biostratigraphy of the Carboniferous in the Moscow Syncline, Russia // *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy*. 2004. No. 22. P. 28 – 35.
 29. Guiraud R., Bosworth W., Thierry J., Delplanque A. Phanerozoic geological evolution of Northern and Central Africa: An overview // *Journal of African Earth Sciences*. 2005. V. 43. P. 83 – 143.
 30. Hoepffner C., Soullaimani A., Pique A. The Moroccan Hercynides // *Journal of African Earth Sciences*. 2005. V. 43. P. 144 – 165.
 31. Hoepffner C., Houari M.R., Bouabdelli M. Tectonics of the North African Variscides (Morocco, western Algeria): an outline // *Comptes Rendus Geosciences*. 2006. V. 338. P. 25 – 40.
 32. Soares P.C., Barbosa Landim P.M., Fulfaró, V.J. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins // *Geological Society of America Bulletin*. 1978. V. 89. P. 181 – 191.
 33. Veevers J.J., Clare A., Wopfner, H. Neocratonite magmatic-sedimentary basins of post-Variscan Europe and post-Kanimbian eastern Australia generated by right-lateral transtension of Permo-Carboniferous Pangaea // *Basin Research*. 1994. V. 6. P. 141 – 157.
 34. Sloss L.L. Sequences in the cratonic interior of North America // *Geological Society of America Bulletin*. 1963. V. 74. P. 93 – 114.
 35. Sloss L.L. Tectonic evolution of the craton in Phanerozoic time // *Sedimentary Cover-North American Craton, The Geology of North America*, v. D-2. Boulder: Geological Society of America, 1988. P. 25 – 51.
 36. Wheeler H.E. Post-Sauk and Pe-Absaroka Paleozoic Stratigraphic Patterns in North America // *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*. 1963. V. 47. P. 1497 – 1526.
 37. Ogg J.G., Ogg G.M., Gradstein, F.M. *A Concise Geologic Time Scale 2016*. Amsterdam: Elsevier, 2016. – 234 p.
 38. Бубличенко Н.Л. Брахиоподы нижнего карбона Рудного Алтая (свиты бухтарминская, ульбинская, праволоктевская). – Алма-Ата: Наука, 1976. – 208 с.
 39. Бетехтина О.А., Горелова С.Г., Дрягина Л.Л., Данилов В.И., Батяева С.Г., Токарева П.А. Верхний палеозой Ангариды (фауна и флора). – Новосибирск: Наука, 1988. – 205 с.
 40. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-46 - Абакан. Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. – 391 с.
 41. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист M-46-Кызыл. Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. – 349 с.
 42. Парначев В.П., Парначев С.В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска. – Томск: изд. ТГУ, 2010. – 144 с.
 43. Гутак Я.М., Родыгин С.А., Толоконникова З.А. Нижняя граница каменноугольной системы в западной части Алтае-Саянской складчатой области // *Верхний палеозой России: Стратиграфия и палеогеография*. – Казань: изд. КГУ, 2007. С. 94 – 97.
 44. Abbott D.H., Isley A.E. The intensity, occurrence, and duration of superplume events and eras over geological time // *Journal of Geodynamics*. 2002. V. 34. P. 265 – 307.
 45. Ross C.A., Ross J.R.P. Late Paleozoic depositional sequences are synchronous and worldwide // *Geology*. 1985. V. 13. P. 194 – 197.
 46. Saunders W.B., Ramsbottom W.H.C. The mid-Carboniferous eustatic event // *Geology*. 1986. V. 14. P. 208 – 212.
 47. Montanez I.P., Poulsen C.J. The late Paleozoic ice age: An evolving paradigm // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2013. V. 41. P. 629 – 656.
 48. Smith A.G., Pickering, K.T. Oceanic gateways as a critical factor to initiate icehouse Earth // *Journal of the Geological Society, London*. 2003. V. 160. P. 337 – 340.
 49. Fielding C.R., Frank T.D., Isbell J.L. The late Paleozoic ice age - A review of current understanding and synthesis of global climate patterns // *Special Paper of the Geological Society of America*. 2008. No. 441. P. 343 – 354.
 50. Isbell J.L., Henry L.C., Gulbranson E.L., Limarino C.O., Fraiser, M.L., Koch Z.J., Ciccioli P.L., Dineen A.A. Glacial paradoxes during the late Paleozoic ice age: Evaluating the equilibrium line altitude as a control on glaciation // *Gondwana Research*. 2012. V. 1-19.
 51. Griffis N., Mundil, Montañez I.P., Isbell J., Fedorchuk N., Vesely F., Iannuzzi R., Yin, Q.-Z. A new stratigraphic framework built on U-Pb single-zircon TIMS ages and implications for the timing of the penultimate icehouse (Paraná Basin, Brazil) // *Bulletin of the Geological Society of America*. 2018. V. 130. P. 848 – 858.