

О КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ЦИКЛОВ НОИНСКОГО

В работе рассмотрены вопросы цикличности осадочных отложений на примере циклов, выделенных М.Э. Ноинским в классическом разрезе верхнеказанских отложений у села Печищи (р. Волга, вблизи г. Казани). Анализ цикличности проводится на основе данных по изотопным отношениям углерода, кислорода и стронция в карбонатной составляющей разреза. Циклы Ноинского интерпретируются в рамках модели колебаний уровня моря, обусловленных климатическим фактором и фактором «подтока» морской воды.

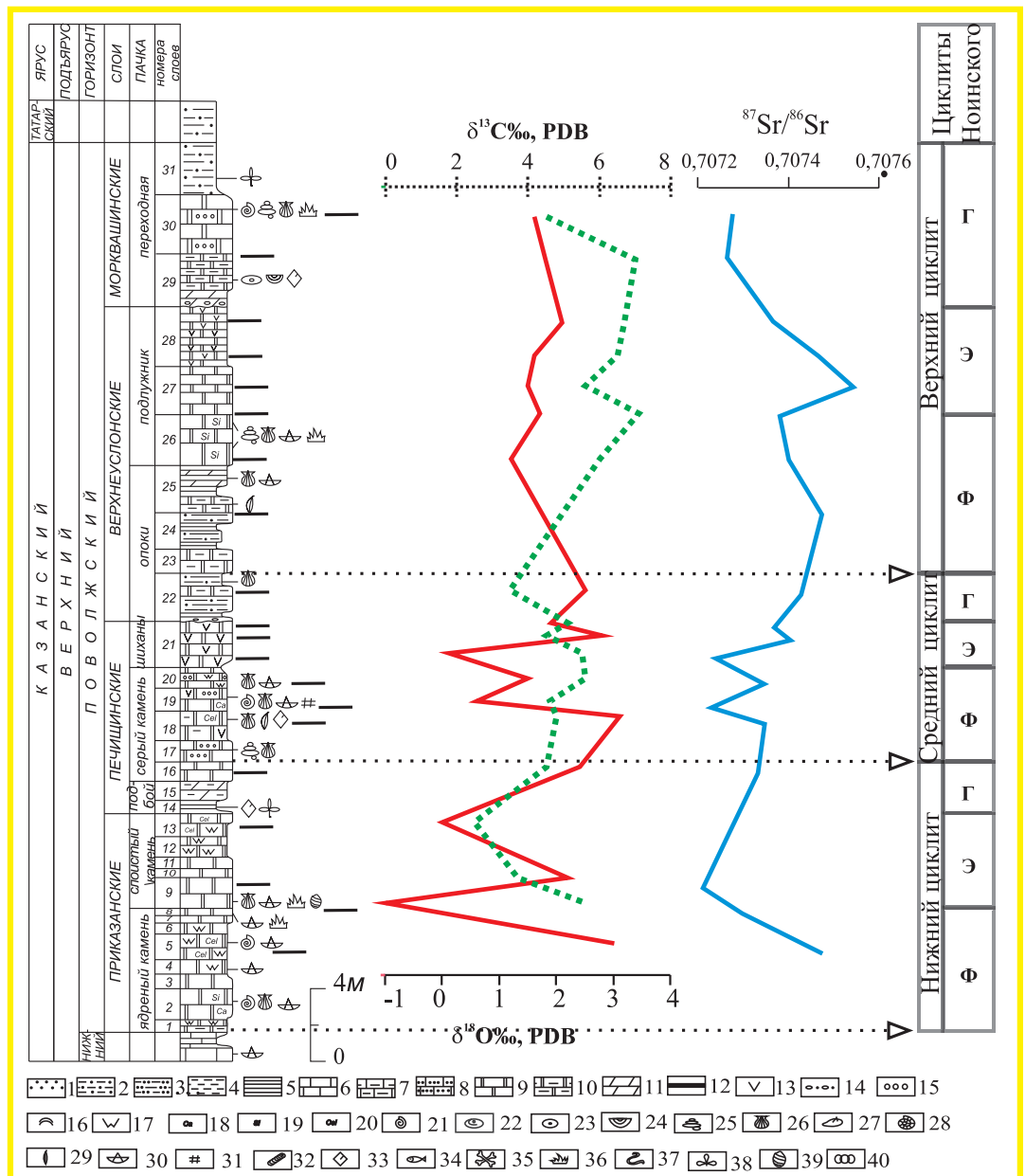
Ключевые слова: циклы Ноинского, верхнеказанские отложения, изотопные отношения углерода, кислорода и стронция.

В настоящей работе предметом рассмотрения являются так называемые циклы Ноинского, которые были выделены в отложениях верхнеказанского подъяруса в сводном разрезе, известном как разрез Печищи. Этот разрез явился объектом, на котором проверялось множество гео-

логических идей, благодаря чему он стал одним из классических объектов исследований геологической науки.

В данной работе цикличность Ноинского обсуждается в свете данных по изотопному составу углерода, кислорода и стронция в карбонатной составляющей разреза.

Рис. Изотопные кривые по разрезу Печищи. Литологическая колонка составлена по (Верхнепермские стратотипы..., 1998). 1 – песчаники, 2 – алевролиты, 3 – алевролиты и песчаники, 4 – алевролиты и глины, 5 – глины, 6 – известняки, 7 – известняки глинистые, 8 – известняки песчанистые, 9 – доломиты, 10 – доломиты глинистые, 11 – мергели, 12 – уголь, 13 – гипсы, 14 – галька и гравий, 15 – оолиты, 16 – строматолиты, 17 – кавернозность, 18 – известковистость, 19 – окремнение, 20 – целестин, 21 – фораминиферы, 22 – остракоды морские, 23 – остракоды неморские, 24 – конхостраки, 25 – гастроподы, 26 – двустворки морские, 27 – двустворки неморские, 28 – наутилоидеи, 29 – брахиоподы беззамковые, 30 – брахиоподы замковые, 31 – мианки, 32 – криноидеи, 33 – чешуя рыб, 34 – местонахождения рыб, 35 – тетраподы, 36 – конодонты, 37 – следы ползания, 38 – остатки растений, 39 – харовые водоросли, 40 – микроспоры; компоненты циклитов Ноинского: Ф – богатые фауной карбонатные слои, Э – эвапориты, Г – глины и мергели.



Базовое расчленение конхиферовых слоев (верхнеказанского подъяруса) было произведено и развито М.Э. Ноинским в 1899 и 1924 гг. (Ноинский, 1899; 1924). Основываясь на повторяемости в разрезе сходных слоев Ноинский объединяет серии в три циклически построенные комплекса, начиная каждый цикл с карбонатных образований и завершая его терригенными образованиями (Ноинский, 1924). Каждый выделенный Ноинским цикл начинается с богатых фауной карбонатов мелководной литорали-супралиторали и приливных равнин, сменяющихся плитчатыми гипсоносными доломитами засоленных лагун побережья, межприливных и надприливных пространств и, наконец, глинисто-мергельными или ангидрит-гипсовыми образованиями застойных водоемов.

Комплексирование данных по изотопным отношениям стронция, углерода и кислорода (Нурғалиева, 2005; Nurgalieva et al, 2007) показало, что вариации изотопных показателей находят свое отражение в циклах Ноинского (Рис. 1).

Согласно гипотезе Ноинского (Ноинский, 1924) природа выделенных им циклов обусловлена тем, что после формирования верхних слоев спириферового горизонта на территории современного Казанского Поволжья определенное время продолжает сохраняться режим внутреннего морского бассейна. Ко времени начала формирования «слоистого камня» инициируется обособление указанного участка и превращение его в водоем с повышенной соленостью, в котором накапливаются гипсоносные доломиты («ракуша», «белый камень»). На следующей стадии изоляции еще более усиливается, соленость вод повышается, и доминирует озерно-лагунный режим (серия «подбой»). Благодаря этой обстановке сформировались, например, мощные залежи гипса в Казанском Поволжье и в Камском Устье.

Озерно-лагунный режим сменяется новой трансгрессией моря (серия «серый камень»), быстро уступающей место режиму обособления (серия «шиханы») и новому господству озерно-лагунного режима (серия «опоки»). Далее цикл повторяется еще раз, и в результате получается третий комплекс: «подлужник» – «переходная серия».

Вообще, полагают, что существуют два генетических типа эвапоритовых бассейнов (Седлецкий и др., 1984). К первому относятся бассейны, располагающиеся в пределах рифтовых и межгорных впадин. Здесь значительную роль отводят эндогенному фактору (гидротермы) в формировании выполняющих их хомогенных отложений. Ко второму типу отнесены бассейны, приуроченные к платформенным прогибам, синеклизам, глубоким впадинам. Ко второму генетическому типу эвапоритовых бассейнов относятся и палеобассейны, в которых формировались эвапоритовые компоненты циклов Ноинского. В их образовании ведущим фактором считается климатический, как и подразумевается собственно эвапоритовой (лагунной, баровой) гипотезой (например, (Шевченко, 1992)).

Согласно этой гипотезе, образование эвапоритовых отложений происходит при выпаривании воды в отгороженной от основного морского бассейна лагуне, соединенной с основным бассейном узким проливом. Соленые бассейны должны быть частично изолированы от открытого моря каким-либо порогом или валом (баром), что дает возможность объяснить увеличение солености

воды. В противном случае, концентрированные рассолы оттекали бы в океан благодаря существованию обратных течений. Подразумевается, что сульфатные или хлоридные отложения, выполняющие эвапоритовый прогиб, с приближением к береговой линии замещаются терригенным шлиром и молассоидами (в нашем случае эпиконтинентальными отложениями белебеевской свиты). Большинство исследователей имеют в виду физический барьер (органогенный риф, песчаный бар или положительную структуру морского дна). Также предлагается модель динамического барьера или выпаривания динамического потока (Scruton, 1953). Согласно этой модели, выпаривание морской воды происходит не в изолированных или полуизолированных бассейнах, а в процессе свободного перемещения потока морской воды со стороны открытого моря в направлении к эвапоритовой, не изолированной в какой-либо степени части бассейна. Эффективность динамического барьера возрастает по мере сокращения канала, соединяющего солеродный бассейн с открытым морем. Перемещение потока морской воды происходит в обширной хорошо прогреваемой зоне мелководья. По мере продвижения вперед вода испаряется, концентрация солей в ней повышается – вплоть до осаждения карбонатного материала. Образуется обширная область карбонатных осадков (карбонатная платформа, карбонатный шельф), которая примыкает к области последующего накопления сульфатов, а затем и хлоридов. Карбонатная платформа, таким образом, выполняет роль подготовительного бассейна, в пределах которого осуществляется предварительное «сгущение» морской воды. Именно таким постепенным «сгущением» воды по мере перетекания из одной части бассейна в другую в условиях аридного климата объяснял Н. М. Страхов (Страхов, 1963) последовательное выпадение карбонатных, сульфатных, хлоридных отложений в заливах виррилского типа.

Субэвральным вариантом гипотезы динамических барьеров является представление о формировании эвапоритов на засоленных приморских равнинах, себхах (Шевченко, 1992). Согласно этим представлениям эвапориты формируются здесь в условиях аридного климата при выпаривании морской воды, пропитывающей рыхлые, пористые отложения (преимущественно терригенные) таких равнин. Убыль воды в результате выпаривания компенсируется фильтрующимся подтоком, просачиванием ее из смежного морского бассейна. В ходе этого подтока от моря к суше из нее последовательно выпадает сначала карбонатный, затем сульфатный и, наконец, хлоридный материал. Хлориды (или сульфаты, если процесс не дошел до образования хлоридов) замещаются в свою очередь терригенными континентальными образованиями.

Есть гипотезы и вовсе обходящиеся без барьера (например, (Sugden, 1963)), согласно которым обширные отмели могли затруднять циркуляцию воды в крупных частично изолированных мелководных морях, приводя к осаждению эвапоритов.

В разбираемом нами случае природа циклов Ноинского, скорее всего, объясняется моделью относительных колебаний уровня моря, связанных с испарением, обусловленным климатическим фактором, а также фактором «подтока» морской воды.

Четко прослеживается корреляция между $d^{13}C$ и чис-

лом видов морской биоты по описанию (Верхнепермские стратотипы..., 1998). Эта связь объясняется тем, что отношение $d^{13}C$ карбонатных скелетов пелагических организмов отражает, прежде всего, изотопный состав суммарной углекислоты, растворенной в воде. В процессе фотосинтеза фитопланктон избирательно поглощает преимущественно углекислоту с легким изотопом ^{12}C . В результате вертикального переноса и последующего разложения остатков отмерших организмов на дне происходит высвобождение изотопно легкой углекислоты. Таким образом, карбонаты скелетных остатков, обитавших в фотической зоне, могут обогащаться тяжелым изотопом ^{13}C . Степень такого обогащения отражает интенсивность изъятия изотопно легкой углекислоты в процессе фотосинтеза, то есть интенсивность продуцирования органического вещества (Найдин, Кияшко, 1989).

По данным комплексования изотопных отношений углерода, кислорода и стронция в карбонатной составляющей (Рис. 1) можно предположить, что первый цикл обусловлен влиянием моря, а два последующих цикла связаны с процессами доминирующего влияния континента и отшнуровывания водоемов от открытого моря (лагунизации). Вариации $^{87}Sr/^{86}Sr$ подтверждают подобный ход событий. Действительно, мы наблюдаем минимальные значения $^{87}Sr/^{86}Sr$ в первом цикле, указывающие на четкую связь бассейна с открытым морем. Во втором цикле значения $^{87}Sr/^{86}Sr$, в целом, увеличиваются, то есть возрастает роль континента (речных стоков). $\delta^{18}O$ также, в общем, увеличивается (на общем фоне наблюдается синхронность и локальных изменений $^{87}Sr/^{86}Sr$ и $\delta^{18}O$), что указывает на усиление процессов испарения в водоеме, приводящих к «утяжелению» кислорода. Локальные «подтоки» морской воды приводят к уменьшению $^{87}Sr/^{86}Sr$ (два выразительных пика во втором цикле Ноинского) и перемешиванию вод моря и лагуны (локальные синхронные уменьшения $\delta^{18}O$). В третьем цикле общее увеличение $^{87}Sr/^{86}Sr$ продолжается (примерно до середины цикла, отражая продолжающуюся изоляцию бассейна осадконакопления от моря), при этом на фоне повышенных значений $\delta^{18}O$ (эвапоритизация) отмечаются локальные «подтоки» морской воды (подобно второму циклу) значительно меньшей силы.

Циклы Ноинского сходны с циклами цехштейновых морей Германии и Англии. В определенной степени они также сходны с лоферовскими циклами, описанными в (Fischer, 1964), в которых богатые фауной карбонатные слои сменяются доломитами приливной и надприливной зон, а затем – красноцветными или зеленоцветными глинистыми породами. Длительность указанных циклов оценивается в 20 – 100 тыс. лет (Fisher & Bottjer, 1991). Такая оценка находит свое развитие в данных спектрального анализа литологических параметров верхнепермских отложений (Nourgaliev, Nourgalieva, 1999; Нурғалиева, Нурғалиев, 2008), указывающих на сопоставимость циклов Ноинского с 100 – 400 тыс. летними циклами эксцентриситета Земли. По классификации (Miall, 1998) это циклы пятого порядка.

Следует заметить, что для более точной оценки длительности циклов Ноинского и уточнения их природы необходимы абсолютная датировка пород и детальный учет перерывов в стратиграфической летописи верхнеказанских отложений.

Литература

- Верхнепермские стратотипы Поволжья. Путеводитель геологической экскурсии. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 1998. 79.
- Найдин Д.П., Кияшко С.И. Изотопный состав кислорода и углерода карбонатных осадков пограничного интервала маастрихтских на Мангышлаке. *Вест. МГУ. Сер. 4. Геология*. 1989. N 6. 55-66.
- Ноинский М.Э. Разрез пермской толщи, выступающей на правом берегу р. Волги близ с. Печищи против г. Казани. *Тр. Казанск. об-ва естествоиспытателей*. 1899. Т. XIII. № 6. 34.
- Ноинский М.Э. Некоторые данные относительно строения и фациального характера казанского яруса в Приказанском районе. *Известия Геологического Комитета*. 1924. Т.13. N6. 565-632.
- Нурғалиева Н.Г. Изотопные соотношения кислорода и углерода в пермских разрезах востока Русской плиты. *Ученые записки Казанского университета, сер. Естественные науки*. 2005. Т. 147. Кн. 3. 37-48.
- Нурғалиева Н.Г., Нурғалиев Д.К. Спектральный анализ рядов литологических параметров в разрезах, содержащих перерывы. *Ученые записки Казанского университета, серия Естественные науки*. 2008. Т.150. Кн. 1. 157-167.
- Седлецкий В. И., Банков А.А., Бойко Н.И. Особенности строения и образования эвапоритовых формаций. *Мат-лы 27 между. геол. конгр. Литол. Секц. Т. 4*. 1984. 63-68.
- Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. 1963.
- Шевченко В.И. Условия верхнеюрских хемогенных отложений Предкавказья. *Бюлл. Моск. О-ва испытателей природы*. Отд. Геол. 1992. 67. вып.2. 104-118.
- Fischer A.G. The Lofer cyclothems of the Alpine Triassic. *Kansas Geol. Surv. Bull.* 1964. 169(1). 107-149.
- Fisher A.G., Bottjer D.J. Orbital forcing and sedimentary sequences (introduction to special issue). *J.Sediment Petrol.* 1991. 61. 1063-1069.
- Miall A.D. The geology of stratigraphic sequences. Springer, Berlin Heidelberg. 1997.
- Nourgaliev D.K., Nourgalieva N.G. Astronomical calibration of the east-Russian Upper Permian Sedimentary Cycles: Preliminary data about duration of the Kazanian stage. *J. Permophiles*. N34. 1999. 15-19.
- Nourgalieva N.G., Ponomarchuk V. A., Nourgaliev D. K. Strontium Isotope Stratigraphy: Possible Applications for Age Estimation and Global Correlation of Late Permian Carbonates of the Pechischi Type Section (Volga River). *Russian Journal of Earth Sciences*. 2007. Vol.9. ES 1002, doi:10. 2205/2007 ES 000221.
- Scruton P.C. Deposition of evaporites. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*. 1953. 37. 2498-2512.
- Sugden W. The hydrology of the Persian Gulf and its significance in respect to evaporate deposition. *Am. J. Sci.* 1963. N261. 741-755.

N.G. Nurgalieva. About climatic nature of cycles by Noinsky.

In present paper the cyclicity of sedimentary rocks was discussed on example of so called cycles by Noinsky discovered in classic outcrop of Upper Kazanian near village Pechischi (river Volga, near Kazan city). The analysis is based on isotope ratios of carbon, oxygen and strontium in carbonate component of section. Cycles by Noinsky are interpreted as model controlled by climate and sea channels.

Key words: cycles by Noinsky, Upper Kazanian, isotope ratios of carbon, oxygen and strontium.

Нурья Гавазовна Нурғалиева

Д.г.-м.н., доцент кафедры геологии нефти и газа Казанского государственного университета.

420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18.
Тел.: (843)-290-57-16.