

**ON THE NATURE
OF AQUEOUS CYCLES**

N. Nurgalieva, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Kazan (Volga Region) Federal University, Institute of Geology and Oil-and-gas Technologies, Russia

In present paper cyclicity of sedimentary rocks was discussed on example of so called cycles defined by Noinsky in classic outcrop of Upper Kazanian deposits near the village of Pechishi (river Volga, near the city of Kazan). The analysis of cyclicity is based on layers-thickness distributions and isotope ratios of carbon, oxygen and strontium in carbonate component of the section.

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

Conference participant, National championship in scientific analytics

Введение

Одним из основополагающих методов системного анализа осадочных комплексов является циклический анализ, позволяющий на разных уровнях организации вещества (минерально-компонентном, породно-слоевом и фациально-генетическом) выявлять в стратиграфических записях основные условия и закономерности их формирования.

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 стал объектом, на котором проверялось множество геологических идей, благодаря чему он стал одним из классических объектов исследований геологической науки.

В данной работе цикличность Ноинского обсуждается с точки зрения анализа распределения мощностей слоев в оригинальной и современной концепциях строения разреза, а также в свете данных по изотопному составу углерода, кислорода и стронция в карбонатной составляющей разреза.

**Циклическая структура
разреза Печищи**

Базовое расчленение конхиферовых слоев (верхнеказанского подъяруса) было произведено и развито М.Э.Ноинским в 1899 и 1924 годах [Ноинский, 1899, 1924]. Ноинский проводит детальное расчленение раз-

**К ВОПРОСУ О ПРИРОДЕ
ОСАДОЧНЫХ ЦИКЛОВ**

Нургалиева Н.Г., д-р геол.-минерал. наук, доцент Казанский Федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Россия

В настоящей 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 характера распределения мощностей слоев и данных изотопных отношений углерода, кислорода и стронция в карбонатной составляющей разреза.

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

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике

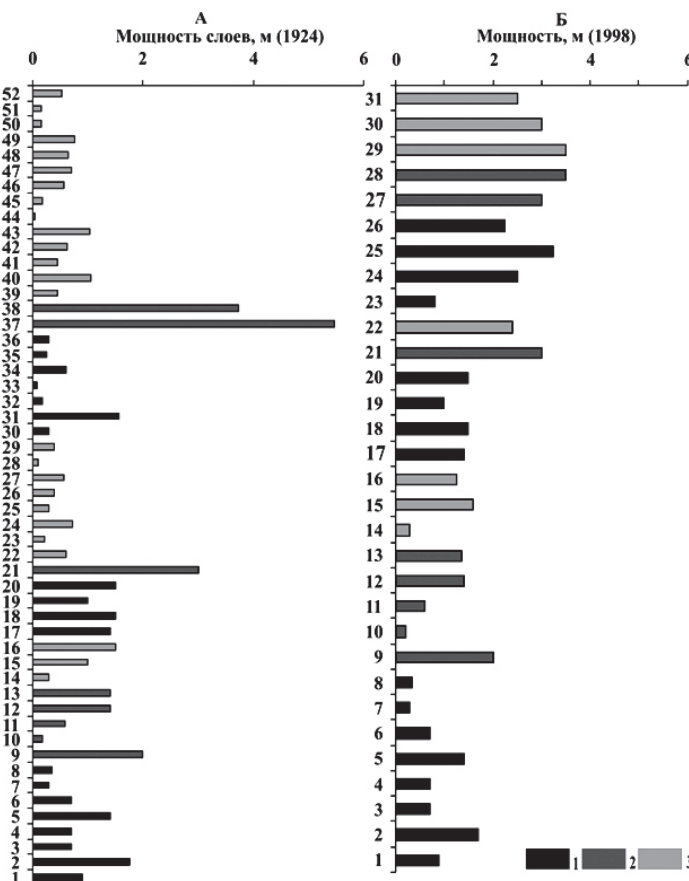


Рис.1. Распределение мощностей слоев. А - [Ноинский, 1924]; Б - [Верхнепермские стратотипы..., 1998]. Условные обозначения: 1 - «богатые фауной» (определение Ноинского) карбонатные слои, 2 - гипсоносные карбонаты без фауны, 3 – глинисто-мергельные карбонатные отложения.

реза верхнеказанского подъяруса по правому берегу р. Волги от устья р. Свияги до г. Тетюши. Он расчленяет конхиферовые (верхнеказанские) отложения на серии и слои (всего 52 слоя), обозначая их названиями, при-

нятыми на местной каменоломне у с. Печищи [Ноинский М.Э., 1899, 1924]. Основываясь на повторяемости в разрезе сходных слоев, Ноинский объединяет серии в три циклически построенные комплекса. Каждый выде-

ленный цикллит 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 образованиями застойных водоемов [Ноинский, 1924].

Из рисунка 1А видно, что мощности слоев (по 52 слоям) колеблются от 4 см (слой 44 «переходной толщи») до 5.48 м (слой 37 «подлужника»). Мощность первого цикллита составляет 15.6 (6.8+5.56+2.8) м, второго цикллита – 11.68 (5.4+3+3.28) м, третьего цикллита – 19.8 (3.27+9.21+7.32) м. Общая мощность конхиферовых слоев (терминология Ноинского) составляет 46.64 м, средняя мощность цикллита – 15.69 м. К наиболее мощным слоям относятся слои 2 (1.75 м), 9 (2 м), 21 (3 м), 31 (1.57 м), 37 (5.48 м), 38 (3.73 м). В литолого-стратиграфической летописи рассматриваемых цикллитов по общей мощности преобладает второй компонент цикллита (17.77 м) – переходная фаация, на втором месте – первый компонент (15.47 м) – морская фаация, на третьем месте – третий компонент (13.40 м) – озерно-лагунная фаация. Пики 9, 21 и 37 на гистограмме мощностей (рис.1) указывают на увеличивающееся во времени господство переходного режима седиментации.

В работе [Верхнепермские стратотипы..., 1998] разрез Печищи описан в более сгруппированном виде с изменением значений мощностей в некоторых слоевых зонах и с учетом более полных определений фауны и флоры. Общая мощность разреза здесь составляет 50.55 м, то есть на 3.91 м больше, чем в описании Ноинского. Слоевые ассоциации в двух описаниях по мощности сходны в нижнем (15.45 м) и среднем (10.8 м) цикллитах, а в верхнем цикллите (24.3 м) отличаются. Это объясняется тем, что слои третьего цикллита описывались исследователями в близких, но разных точках (у Ноинского – это овраг Труба, в современном описании – это овраги Каменный, Черемушка, Труба).

В целом, общий характер циклов остался прежним. Здесь три уровня усиления переходного режима седи-

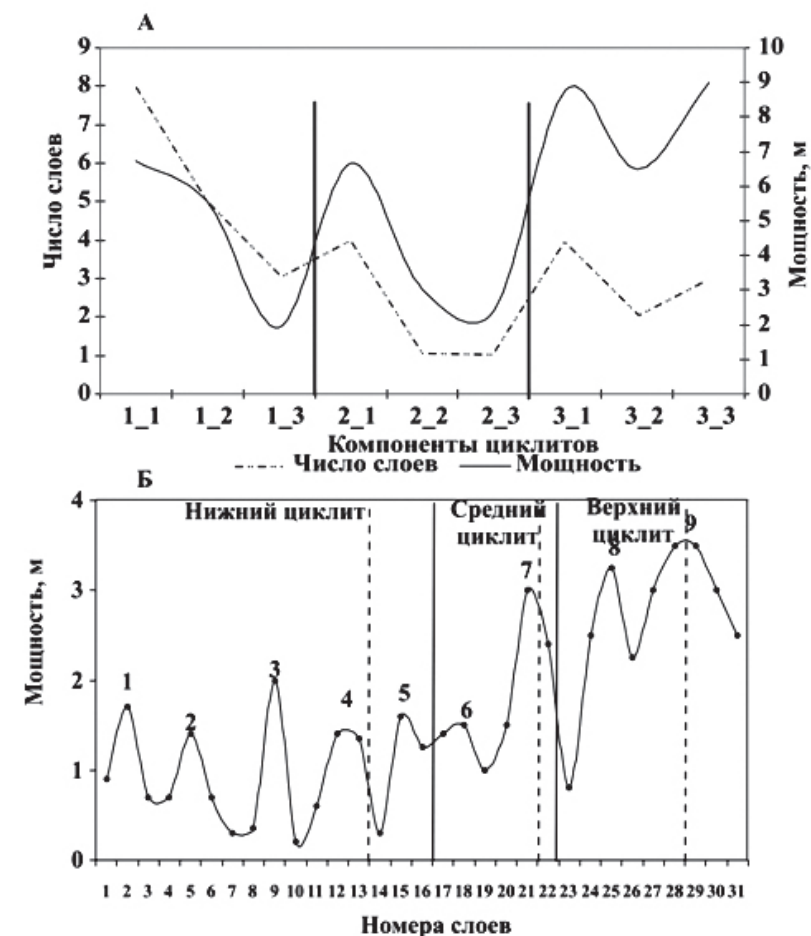


Рис. 2. Цикличность разреза Печищи по мощности. Нижний цикллит: А: 1_1 – богатые фауной карбонатные слои, 1_2 – гипсоносные карбонаты без фауны, 1_3 – глинисто-карбонатные слои; Б: показаны короткопериодные циклы мощности с отмеченными максимумами 1-9. Пунктирные линии разделяют приказанские, печещинские, верхнеуслонские и морквашинские слои верхнеказанского подъяруса.

ментации отмечаются пиками слоев 9, 21, 28 (рис.1Б).

В целом, можно заметить, что мощности цикллитов прямо связаны с числом слоев в них. Кроме того, видно, что в пределах нижнего цикллита отмечается больше всего колебаний мощности – по максимумам их пять, то есть пять короткопериодных циклов. В среднем и верхнем цикллитах таких циклов по два, соответственно.

Амплитуды колебаний мощности в короткопериодных циклах не превышают 3 м с максимумом в среднем цикле (рис.2А). Если полагать, что позднеказанский палеобассейн представлял собой бассейн-залив с карбонатным осадконакоплением агградиционно – ретроградиационного типа, то наблюдаемые колебания мощности

можно интерпретировать как относительные колебания уровня моря.

Увеличение мощности – повышение уровня воды, уменьшение мощности – понижение уровня воды. Амплитуда колебаний мощности, вероятно, пропорциональна амплитуде колебаний уровня моря, а изменение мощностного интервала колебаний (для нижнего цикллита – 0-2 м, среднего цикллита – 1-3 м, верхнего – 2.5-3.5 м), скорее всего, зависит от аккомодации точки осадконакопления в бассейне. Итак, всего получаем девять мелких циклов. Максимум 1 на рис.2Б соответствует серии «ядренный камень»; максимумы 2, 3 и 4 – это «слоистый камень»; 5 – «подбой»; 6 – «серый камень»; 7 – нижняя часть серии «опоки»; 8 – верхняя часть серии «опоки»;

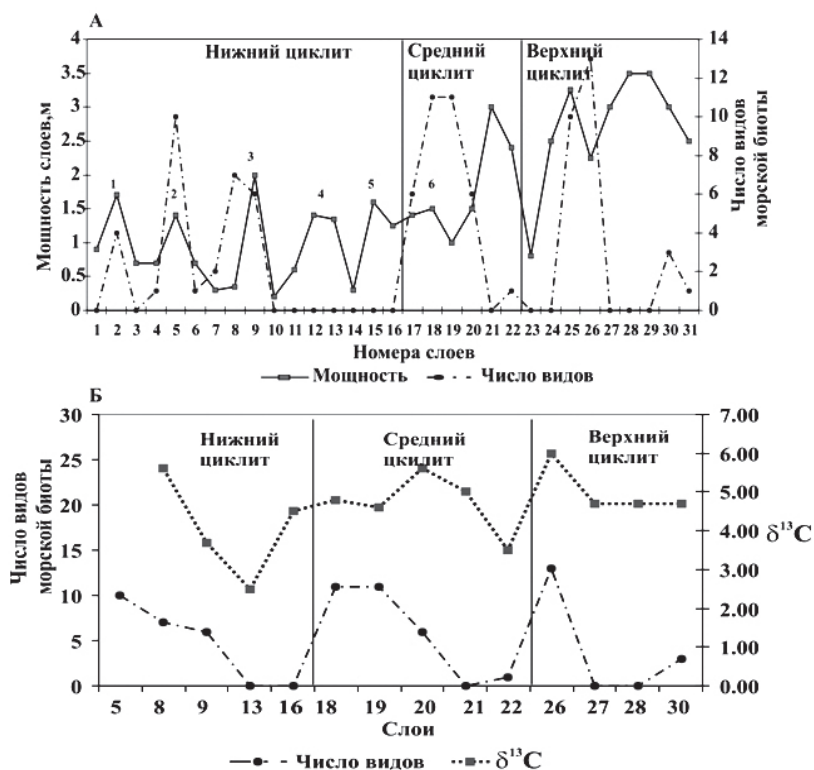


Рис. 3. Мощность, биота и $\delta^{13}C$ в циклах.

9 – слои 28 и 29 в сериях «подлунник» и «переходная».

Гипотезу о том, что полученная кривая мощности отражает колебания уровня моря, можно проверить, если сопоставить мощность с биотой (по данным описания в [Верхнепермские стратотипы..., 1998]). Для этого был построен график числа видов морской биоты (подсчитывалось число разных названий палеонтологических остатков по описанию [Верхнепермские стратотипы..., 1998] (рис. 3А). Нулевая линия здесь условна и соответствует бедному составу палеонтологического комплекса. Полученный график показывает, что в зонах «морских» компонентов цикллитов максимумы мощности 1 и 2, а также 3 (с небольшим временным отставанием) соответствуют биотическим пикам. В среднем цикллите биотический пик сопровождается максимумом 6 и сохраняет еще свое значение на спаде мощности. В верхнем цикллите биотические пики следуют за максимумами мощности 8 и 9, соответственно.

Таким образом, увеличение видов морской биоты сопоставимо с увеличением мощности слоев (повышением уровня моря) и наша гипотеза вполне

приемлема. Интересно сопоставить биотические циклы с циклами $\delta^{13}C$ по данным [Нурғалиева, 2007] (рис.3Б). Четко прослеживается связь между $\delta^{13}C$ и числом видов морской биоты по описанию [Верхнепермские стратотипы..., 1998].

Комплексирование данных по изотопным отношениям стронция, углерода и кислорода [Nurgalieva et al, 2007] также подтверждает замечательную цикличность Ноинского (рис.4).

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 $^{87}Sr/^{86}Sr$, в целом, увеличивается, 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 «эстуарии» 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 «эстуарийные» потоки (подобно второму циклу) значительно меньшей силы.

О возможной природе циклов Ноинского

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 - красочными или зеленоцветными глинистыми породами. Происхождение эвапоритовой компоненты связано с широким признанием представления о том, что отличие эвапоритового осадконакопления от нормально-морского состоит в том, что эвапоритообразование контролируется не фациальной обстановкой в седиментационном бассейне, а изменениями условий водообмена в гидрологической системе «море – эвапоритовый бассейн», которая преобразуется в систему «море – эвапоритовый карбонатно-сульфатный бассейн». Причина изменений глубины бассейна в данном случае связывается с эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана с амплитудой до 15 м с длительностью циклов 20 – 100 тыс. лет [Fisher and Bottjer, 1991]. Такая оценка находит свое развитие в данных спектрального анализа литологических параметров верхнепермских отложений [Nourgaliev et al, 1999; Нурғалиева и др., 2008], указывающих на сопоставимость циклов Ноинского с более крупными 100-400 тыс. летними циклами эксцентриситета Земли. По классификации [Miall, 1998] это циклы пятого порядка.

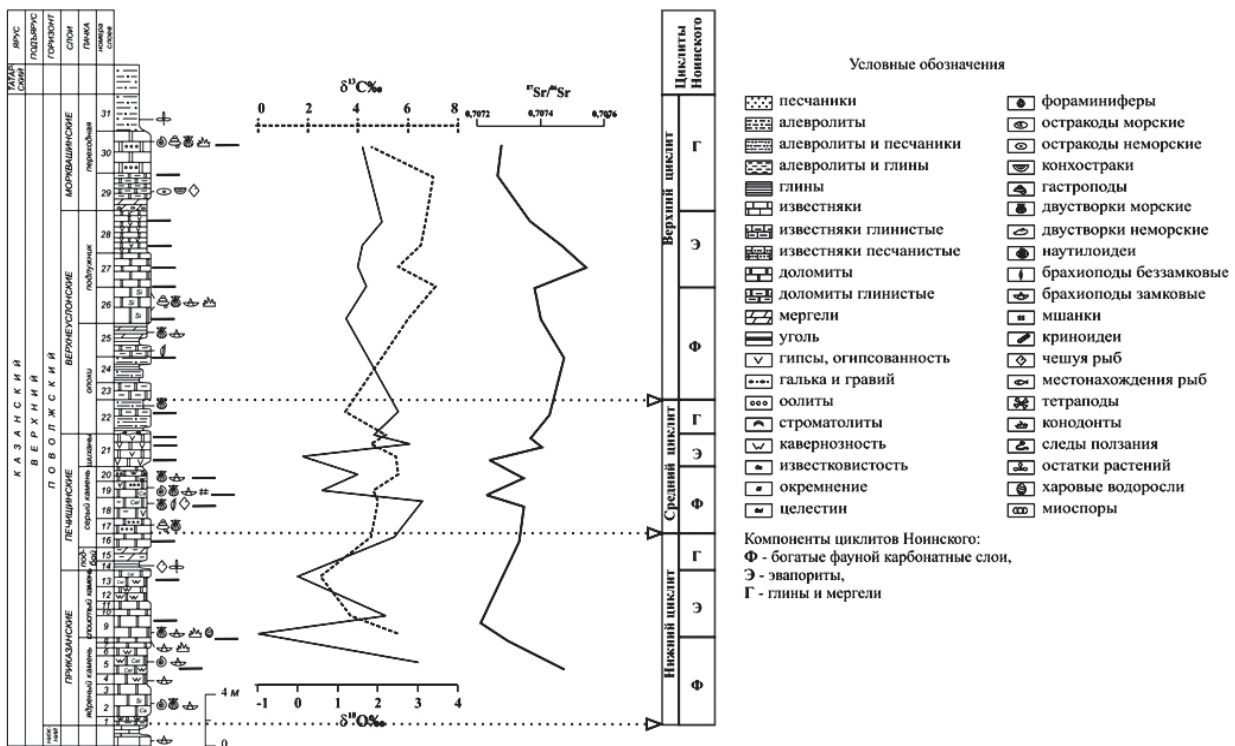


Рис. 4. Изотопные кривые по разрезу Печищи.

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.

References:

1. Верхнепермские стратотипы Поволжья. Путеводитель геологической экскурсии. Казань. Изд-во Казанск. ун-та. 1998.- 79с.
2. 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. - 34с.
3. Ноинский М.Э. Некоторые данные относительно строения и фациального характера казанского яруса в Приказанском районе // Известия Геологического Комитета.- 1924.-Т.13.- №6.-С.565- 632.
4. Нургалиева Н.Г., Нургалиев Д.К. Спектральный анализ рядов литологических параметров в разрезах, содержащих перерывы // Ученые записки Казанского университета, серия Естественные науки. - 2008. - Т.150. - книга 1.- С.157-167.

5. Fischer, A.G. The Lofer cyclothem of the Alpine Triassic, Kansas // Geol. Surv. Bull.- 1964. - 169(1). - P.107-149.
6. Fisher A.G., Bottjer D.J. Orbital forcing and sedimentary sequences (introduction to special issue) // J.Sediment Petrol. - 1991. - 61. - P.1063-1069.
7. Miall A.D. The geology of stratigraphic sequences. - Springer, Berlin Heidelberg. - 1997. - 433p.
8. 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. - P.15-19.

9. Nurgalieva N.G., Ponomarchuk V. A., Nurgaliev 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.

