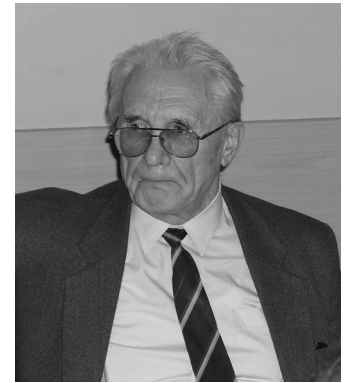


Верхний мел Северной Америки. Художник Зденек Буриан. Сер. 1930-х гг.

УДК 550.47.31



Маракушев А.А.

Природа сильного потепления в меловой период эволюции Земли¹

Маракушев Алексей Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института экспериментальной минералогии РАН, академик РАН, почётный профессор МГУ им. М.В.Ломоносова

E-mail: marak@cat.icp.ac.ru

Меловой период был необычно продуктивным в эндогенной генерации нефтяных месторождений. Дегазация нефти обогатила атмосферу метаном, создавшим сильный парниковый эффект. Он и явился главной причиной сильного потепления климата на Земле в меловой период.

Ключевые слова: меловой период, парниковый эффект, нефтяные месторождения, теплый климат, динозавры.

В статье А.Б.Германа² было показано, что меловой период был экстремально теплым в земной истории (рис.1), когда «теплолюбивые животные и растения проникали далеко в высокие широты Северного и Южного полушарий, и леса распространялись вплоть до 85°с.ш.»³. Это время было крайне благоприятным для таких теплолюбивых животных, как динозавры, которые распространились в верхнем мелу (70–

¹ Статья является дополненным вариантом одноименной публикации: Маракушев А.А. Природа сильного потепления в меловой период эволюции Земли // Вестник РАН. 2010. Т. 80. № 3. С. 270–272.

² Герман А.Б. Палеоботаника и климат Земли: взгляд в будущее из геологического прошлого // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 5. С. 387–396.

³ Там же. С. 387.

75 млн. лет) до самых северных районов Чукотки и Аляски¹.

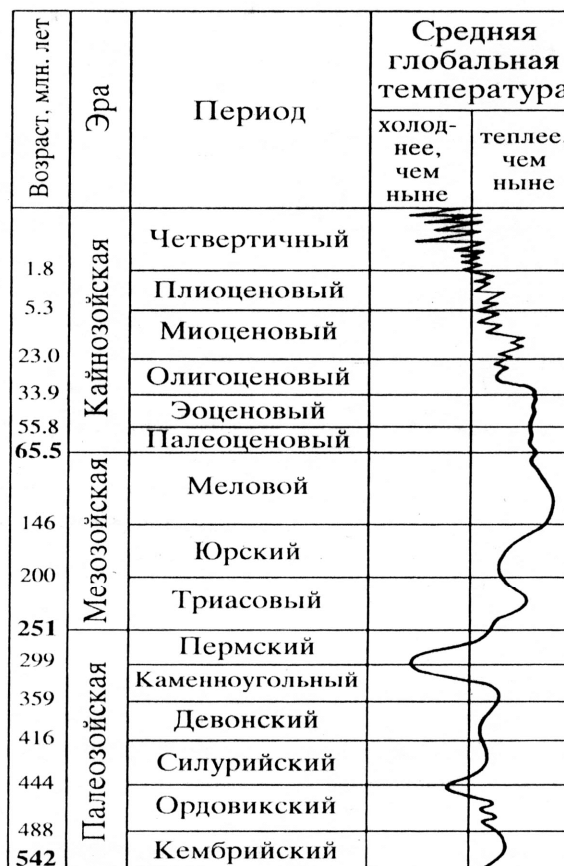


Рис. 1. Кривая относительной глобальной температуры для фанерозоя². За последние 540 млн. лет климат на планете был теплее, чем сейчас, в течение 85% времени, причём меловой период был одним из наиболее тёплых в земной истории

Чтобы понять причины этого экстремального потепления необходимо рассмотреть специфику мелового периода. Меловой период уникален прежде всего по специфике развития жидкого железного земного ядра, которое фиксируется инверсионностью магнитного поля Земли (рис.2).

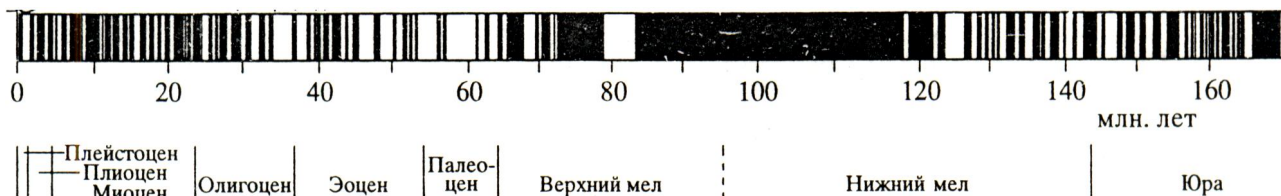


Рис. 2. Шкала инверсии геомагнитного поля Земли³.

«В этот период свойственная магнитному полю Земли инверсионность не только сильно замедлялась (в интервале 62–82 млн. лет), но и длительно прекращалась (82–122 млн. лет). В фазы замедления и прекращения инверсии происходило усиление дегазации жидкого земного ядра и развитие мантийных плюмажей, служивших главными каналами подъема глубинного тепла»⁴.

В меловой период они были необычайно длительными и интенсивными. С водородными плюмами, исходящими из ядра, связано плавление вещества силикатных оболочек Земли и развитие магматизма, в циклах которого нормальная щелочность магм обычно сменяется их щелочным уклоном. Это обусловлено сменой режима растяжения силикатных оболочек (земной коры и мантии) режимом сжатия. В режиме растяжения происходит селективная миграция водорода из восходящих из ядра флюидных потоках, так что их кислородные компоненты (H₂O, CO, NO) образуют кислоты, что благоприятствует развитию магматизма низкой и нормальной щелочности.

В соответствующих им магматических породах флюидные включения в минералах имеют водно-углекислый состав. Режим сжатия земной коры и мантии препятствует селективной миграции водорода из флюидов, что приводит к разложению кислотных компонентов флюидов H₂CO₃ + 4H₂ = 3H₂O + CH₄.

¹ Fiorillo A.R. The dinosaurs in Arctic Alaska // Scientific American. 2004. V. 291. N 6. P. 60–68.

² Герман А.Б. Указ. соч.

³ Хофманн К. Инверсии древнего магнитного поля- ключ к геодинамо // В мире науки (Scientific American). 1988. С.32.

⁴ Милановский Е.Е. Геопульсация в эволюции Земли // Планета Земля. Энциклопедический справочник «Тектоника и геодинамика» / Под ред. Красного Л.И., Петрова О.В., Блюмана Б.Л.СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. С. 505.

Это создает щелочной уклон в магматизме, который сопровождается генерацией углеводорода: $5\text{H}_2 + 2\text{CO} = \text{C}_2\text{H}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$, так что с переходом к щелочным породам во флюидных включениях в минералах неизменно появляются углеводородные компоненты. Например, в Ловозерском щелочном массиве на Кольском полуострове во включениях в минералах содержатся следующие углеводороды: CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} , находящиеся в них совместно с водородом, гелием и аргоном. Из этого следует, что эндогенное образование углеводорода генетически связано с магматизмом, порождаемым импульсами водородной дегазации жидкого земного ядра. В конечном итоге этот сложный процесс и приводит к образованию нефтяных и газовых месторождений в результате восходящей миграции углеводорода из глубинных магматических очагов². Нефтеобразование в геологической истории характеризуется неравномерностью с максимумами интенсивности³. Наибольший максимум приходится именно на меловое время, характеризующееся замедлением и длительным прекращением инверсии магнитного поля Земли. В России к меловому периоду относится 71,2 % запасов углеводородного сырья⁴.

Образование нефтяных залежей в осадочной оболочке Земли сопровождается метановой дегазацией нефти, ведущей к ее утяжелению $2\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_3\text{H}_8 + \text{CH}_4$ и др., в результате чего в перекрывающих породах могут формироваться месторождения газа. Это показано на рис.3 на примере впадины Хуэ на шельфе Южного Вьетнама.

Фундамент этой впадины представлен девонскими известняками, в которых локализована нефтяная залежь. Отделяющийся при ее образовании метановый газ сосредоточился в перекрывающих олигоценых глинах и образовал в них самостоятельную залежь (ловушке). Однако, в подавляющем большинстве месторождений нефтяные залежи не сопровождаются образованием комплементарных им месторождений газа, который при их образовании мигрировал в атмосферу, тем самым способствуя образованию на Земле парникового эффекта с соответствующим потеплением климата. В меловой период образование месторождений нефти и восходящая миграция отделяющегося от нее метана получили грандиозный размах, что и служило причиной небывалого потепления в результате создания очень сильного парникового эффекта. Восходящая миграция метана служила фактором потепления и в другие периоды.

Нефтяные месторождения и проявления характеризуются широким диапазоном геологических условий их нахождения. Наряду с обычным для них залеганием в осадочных толщах рифтогенных депрессий они распространены и в подстилающем их кристаллическом фундаменте: «промышленные залежи нефти в породах фундамента отмечены в 267 месторождениях»⁵. Разнообразны и поверхностные поступления нефти и газов, например, в озерах (Байкал в России, Навоши в Кении), в рифтогенных депрессиях океанических хребтов⁷ и других структурах осадконакопления, в которое влетают продукты их дегазации - битумов. Тем самым создается основа развития формаций черных сланцев, родственность которых с нефтью доказывается их сходной ванадиевой специализацией. Это особенно ясно именно для мелового периода. По данным Я.Э.Юдович и М.П.Кетрис⁸, среднее содержание ванадия в меловых черных сланцах (590 г/т) почти в три раза превышает кларковое значение ванадия черных сланцев (205 г/т), которое примерно вдвое выше кларка ванадия (110 г/т) в бедных углеродом осадочных породах. Из приведенных данных следует, что формирование стратисферы Земли в меловой период происходило в особом режиме интенсивного углеводородного воздействия, восходящего из глубины.

Специфика мелового периода во всех отношениях обусловлена особенностью развития жидкого земного ядра. Давление в нем водородных флюидов непрерывно возрастает в результате кристаллизации центрального твердого ядра, в состав которого флюидные компоненты практически не входят. Однако, это возрастание давления прерывается импульсами дегазации вследствие возникновения под его воздействием в коре и мантии ослаб-

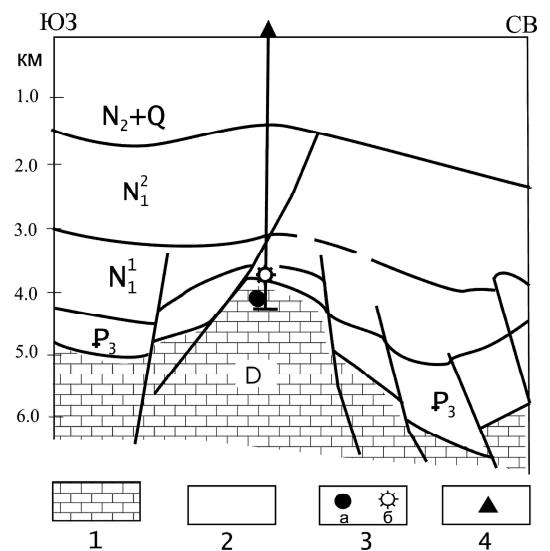


Рис. 3. Разрез через центральную часть впадины Хуэ⁵. 1 – девонские известняки фундамента (D); 2 – осадочные отложения олигоцена (P) и неогена (N₁ и N₂); 3 – проявления нефти (a), газа (б), 4 – скважина

¹ Potter J., Rankin A.H., Treloar P.J. Abiogenic Fisher-Tropsch synthesis of hydrocarbons in alkaline igneous rocks: fluid inclusions, textural and isotopic evidence from Lovozero complex, N.W. Russia // *Litos*. 2004. V. 75. P. 311–330.

² Маракушев А.А., Маракушев С.А. Образование нефтяных и газовых месторождений // *Литология и полезные ископаемые*. 2008. № 5. С. 505–521.

³ Конторович А. Э., Вышемирский В.С. Неравномерность нефтеобразования в истории Земли, как результат циклического развития земной коры // *ДАН*. 1997. Т. 356. № 6. С. 794–797.

⁴ Недр России. Вып. 2. Т. 1. Полезные ископаемые / Под ред. Межеловского Н.В., Смирнова А.А. СПб., М.: Наука, 2001. 549 с.

⁵ Аршев Е. Г. Нефтегазоносные бассейны тихоокеанского подвижного пояса. М.: АВАНТИ, 2004. 287 с (С.542).

⁶ Кропоткин П.Н. Дегазация Земли и генезис углеводородов // *Журн. Всес. Хим. Об-ва им. Д.И.Менделеева*. 1986. Т. 31. № 5. С. 540–547. (С. 542).

⁷ Cruse A.M., Seewald J.S. Chemistry of low-molecular weight hydrocarbons in hydrothermal fluids from Middle Valley, Northern Juan de Fuca Ridge // *Ceochim. et Cosmo-chim. Acta*. 2006. V. 70. P. 2073–2092.

⁸ Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: Наука, 1994. 304 с.

ленных деформационных структур, проходящих в своем развитии стадии растяжения и сжатия, которые характеризуются различным флюидным влиянием не только на эндогенное развитие Земли, но и на климатическую обстановку на ее поверхности¹. Восходящие из ядра флюиды являются водородными, тогда как кислородные компоненты в них (CO, NO и др.) имеют подчиненное значение. Однако, в режиме растяжения силикатных оболочек флюидные потоки селективно теряют водород, так что кислородные компоненты становятся в них преобладающими над водородом, что придает флюидам кислотный характер ($2\text{H}_2 + 4\text{CO} = \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{CO}_3 + 3\text{C}$, $2\text{H}_2 + 4\text{NO} = \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{NO}_3 + 1,5\text{N}_2$ и др.). Под их воздействием происходит разрушение континентальной коры и развитие магматизма нормальной щелочности, формирующего, например, огромные покровы базальтов на поверхности Земли (траппы). Водород, отделяющийся от флюидов в огромном масштабе, достигает стратосферы, приводя к разрушению ее озонового слоя² ($\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 3\text{H}_2\text{O}$) который замещается стратосферными облаками с преобладанием в них водяного льда³. Благодаря высокой отражательной способности, они изолируют Землю от Солнца, как в настоящее время в Антарктиде, определяя тем самым ледниковые периоды ее развития⁴. Завершение каждого периода определяется сменой обстановки растяжения силикатных оболочек Земли режимом сжатия, когда массовая восходящая миграция водорода из флюидов прекращается, так что восстанавливается их первичный водородный состав. Это приводит к разложению кислотных компонентов флюидов и способствует развитию щелочного уклона магматизма, обычно завершающего развитие трапповых формаций. Завершение ледниковых периодов обусловлено рассеиванием стратосферных облаков и, соответственно, нормализацией климата. Но при этом остается разрушенность озоновой защиты Земли, как бы в наследство от ледниковых периодов. Она сохраняется некоторое время (до ее восстановления), что и создает биотические кризисы – катастрофы, радикально осложняющие эволюцию биосферы. Они неизменно следуют за ледниковыми периодами. Например, за ближайшим к нам вюрмским оледенением (около 10 тыс. лет назад) последовало вымирание на Земле мамонтов. Оно происходило под губительным воздействием Солнца в обстановке потепления, которое усиливалось голоценовым нефтеобразованием, порождавшим поступление в атмосферу метана.

В этом и усматривается причина закономерного сочетания аномально холодных (ледниковых) периодов со следующими за ними аномально теплыми временами, отчасти совмещающимися с биотическими кризисами. Это прослеживается и в рассматриваемом меловом аномально теплом периоде, в котором выделяются, по крайней мере, четыре великих вымирания, в том числе особенно катастрофичное на границе с палеогеном, широко обсуждавшееся в геологической литературе. В это время завершения грандиозных базальтовых излияний траппов Декана в Индии (68–64 млн. лет) внезапно вымерло около 70% всех видов животных, в том числе динозавры и аммониты, исчезло 90% простейших организмов и водорослей. Так катастрофически заканчивался меловой период, в котором господствовали рептилии, внезапно уступившие место млекопитающим, получившим преобладание в кайнозое. В этом усматривается избирательность биотических кризисов, приводящих к массовому вымиранию одних животных и стимулирующих развитие других существ (в данном случае млекопитающих).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршев Е. Г. Нефтегазоносные бассейны тихоокеанского подвижного пояса. М.: АВАНТИ, 2004. 287 с.
2. Герман А.Б. Палеоботаника и климат Земли: взгляд в будущее из геологического прошлого // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 5. С. 387–96.
3. Конторович А. Э., Вышемирский В.С. Неравномерность нефтеобразования в истории Земли, как результат циклического развития земной коры // ДАН. 1997. Т. 356. № 6. С. 794–797.
4. Кропоткин П.Н. Дегазация Земли и генезис углеводородов // Журн. Всес. Хим. Об-ва им. Д.И. Менделеева. 1986. Т. 31. № 5. С. 540–547.
5. Маракушев А.А. Природа сильного потепления в меловой период эволюции Земли // Вестник РАН, 2010. Т. 80. № 3. С. 270–272.
6. Маракушев А.А., Маракушев С.А. Образование нефтяных и газовых месторождений // Литология и полезные ископаемые. 2008. №5. С. 505–521.
7. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 253 с.
8. Милановский Е.Е. Геопульсация в эволюции Земли // Планета Земля. Энциклопедический справочник «Тектоника и геодинамика» / Под ред. Красного Л.И., Петрова О.В., Блюмана Б.Л. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 652 с.
9. Недра России. Вып. 2. Т. 1. Полезные ископаемые / Под ред. Межеловского Н.В., Смирнова А.А. СПб., М.: Наука, 2001. 549 с.
10. Сывороткин В.Л. Дегазация Земли разрушает озоносферу // Земля и Вселенная, 1998. № 1. С. 21–27.
11. Тин О.Б., Турко Р.П. Полярные стратосферные облака и разрушение озонового слоя // В мире науки. 1991. № 8. С. 34–40
12. Хофманн К. Инверсии древнего магнитного поля – ключ к геодинамо // В мире науки (Scientific American). 1988. С. 32.
13. Юдович Я.Э., Кетрис МП. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: Наука, 1994. 304 с.
14. Cruse A.M., Seewald J.S. Chemistry of low-molecular weight hydrocarbons in hydrothermal fluids from Middle Valley, Northern Juan de Fuca Ridge // Geochim. et Cosmo-chim. Acta. 2006. V. 70. P. 2073–2092.
15. Fiorillo A.R. The dinosaurs in Arctic Alaska // Scientific American. 2004. V. 291. N 6, P.60–68.
16. Potter J., Rankin A.H., Treloar P.J. Abiogenic Fisher-Tropsh synthesis of hydrocarbons in alkaline igneous rocks: fluid inclusions, textural and isotopic evidence from Lovozero complex, N.W. Russia // Litos. 2004. V. 75. P. 311–330.

¹ Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 253 с.

² Сывороткин В.Л. Дегазация Земли разрушает озоносферу // Земля и Вселенная, 1998. №1. С.21-27.

³ Тин О.Б., Турко Р.П. Полярные стратосферные облака и разрушение озонового слоя // В мире науки. 1991. №8. С.34-40

⁴ Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 253 с.