

Геология нефти и газа

УДК 681.515:621.6.033+681.518

ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОСФЕРНО-БИОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ФАНОРОЗОЯ И ЦИКЛИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕФТЕЙ

Ю.М. Полищук, И.Г. Яценко

Институт химии нефти СО РАН, г. Томск
E-mail: sric@ipc.tsc.ru

Проведен анализ взаимосвязи между циклическими изменениями нефтенакпления, трансгрессий Мирового океана и массы углерод-водородной оболочки в литосфере Земли за фанерозойский период. Показано, что продолжительность циклов этих процессов приблизительно равна галактическому году (около 180 млн л). Установлена взаимосвязь циклических изменений химического состава нефтей с циклическостью нефтенакпления и изменения массы углерод-водородной оболочки. Показано, что максимумы содержания в нефтях серы, смол и асфальтенов приходятся на ордовик, каменноугольную и меловую системы, соответствующие периодам «глобального геологического лета» и характеризующиеся ростом биологической производительности. Сравнение временных зависимостей количества родов морских животных и массы углерод-водородной оболочки показало их подобие, которое дополнительно доказывает взаимосвязь между развитием биосферы и нефтенакплением.

Ключевые слова:

Геосферы, трансгрессии Мирового океана, углерод-водородная оболочка, фанерозой, химический состав нефтей, циклическость нефтенакпления, эволюция биосферы.

Введение

В наших работах [1–3] установлена циклическость изменений химического состава нефтей Евразии в зависимости от геологического возраста. С использованием вейвлет-анализа в [4] показано, что наиболее характерный период циклических изменений содержания серы, смол и асфальтенов в нефтях составляет около 170...200 млн л, что соответствует продолжительности галактического года (галактический цикл). В [3, 4] установлена взаимосвязь циклических изменений химического состава нефтей с циклическостью нефтенакпления в геологической истории Земли [5]. В работах А.А. Трофимука, В.И. Молчанова и В.В. Параева [6, 7] показано, что циклическость нефтенакпления в осадочной оболочке Земли обусловлена становлением кислородной атмосферы и увеличением массы углерод-водородной (УВ) оболочки в стратифере Земли.

Известно, что изменение содержания кислорода в атмосфере в фанерозойский период в существенной мере определялось эволюционными процессами биосферы, в частности, изменением биологического разнообразия. Однако исследований взаимосвязи циклическости развития палеоокеанов и изменения массы углерод-водородной оболочки,

циклических изменений объемов нефтенакпления и показателей химического состава нефтей с изменением биоразнообразия в фанерозое до сих пор не проводилось, что и явилось основной целью настоящей работы. В качестве показателя палеобиоразнообразия было использовано число родов морских животных, наиболее полная информация об их изменении в истории Земли содержится в уникальной базе данных Дж. Сепкоски [8, 9]. В качестве источника информации об изменениях химического состава нефтей была использована мировая база данных (БД) по физико-химическим свойствам нефтей [4], созданная в Институте химии нефти СО РАН, которая в настоящее время включает информационные записи о более 18300 образцов нефти из всех основных нефтегазоносных бассейнов мира.

Анализ взаимосвязи изменений массы углерод-водородной оболочки, нефтенакпления и трансгрессий Мирового океана в фанерозое

Как известно, Земля и ее оболочки (геосферы) – литосфера, гидросфера, атмосфера, животный и растительный мир – это открытые системы, обменивающиеся друг с другом и с окружающей средой веществом и энергией. На рис. 1 отражены макси-

мумы и минимумы обогащения литосферы органическим веществом, обусловленные согласно [6, 7] формированием УВ-оболочки, а также циклические изменения разведанных запасов нефти в зависимости от геологического возраста [5] и уровней затопления суши в фанерозойский период. Из рис. 1 видно, что изменения уровня Мирового океана и процессы формирования УВ-оболочки и нефтеобразования обнаруживают цикличность, периоды которой соответствуют продолжительности галактического года. Ритмы падения и роста рассматриваемых глобальных процессов отчетливо согласуются с коренными изменениями природной среды и палеоклимата в фанерозойский период. Так, снижение массы УВ-оболочки, интенсивности нефтеобразования и уровня Мирового океана совпадают с эпохами глобального похоло-

дания в периоды венд – кембрий, силур – девон, пермь – триас и палеоген (рис. 1).

Трансгрессии и регрессии Мирового океана, изменяющие площадь водной поверхности планеты и, следовательно, величину отражательной способности земной поверхности, влияют на планетарные климатообразующие факторы. Эпохи максимального уменьшения уровня Мирового океана соответствуют периодам похолодания климата и наступления оледенений. Похолодание на планете приводило к глобальным вымираниям животных и уменьшению биопродуктивности растительности, что и отражалось в уменьшении массы УВ-оболочки и интенсивности нефтеобразования. Эпохи глобального похолодания называются в [7] «глобальными геологическими зимами».

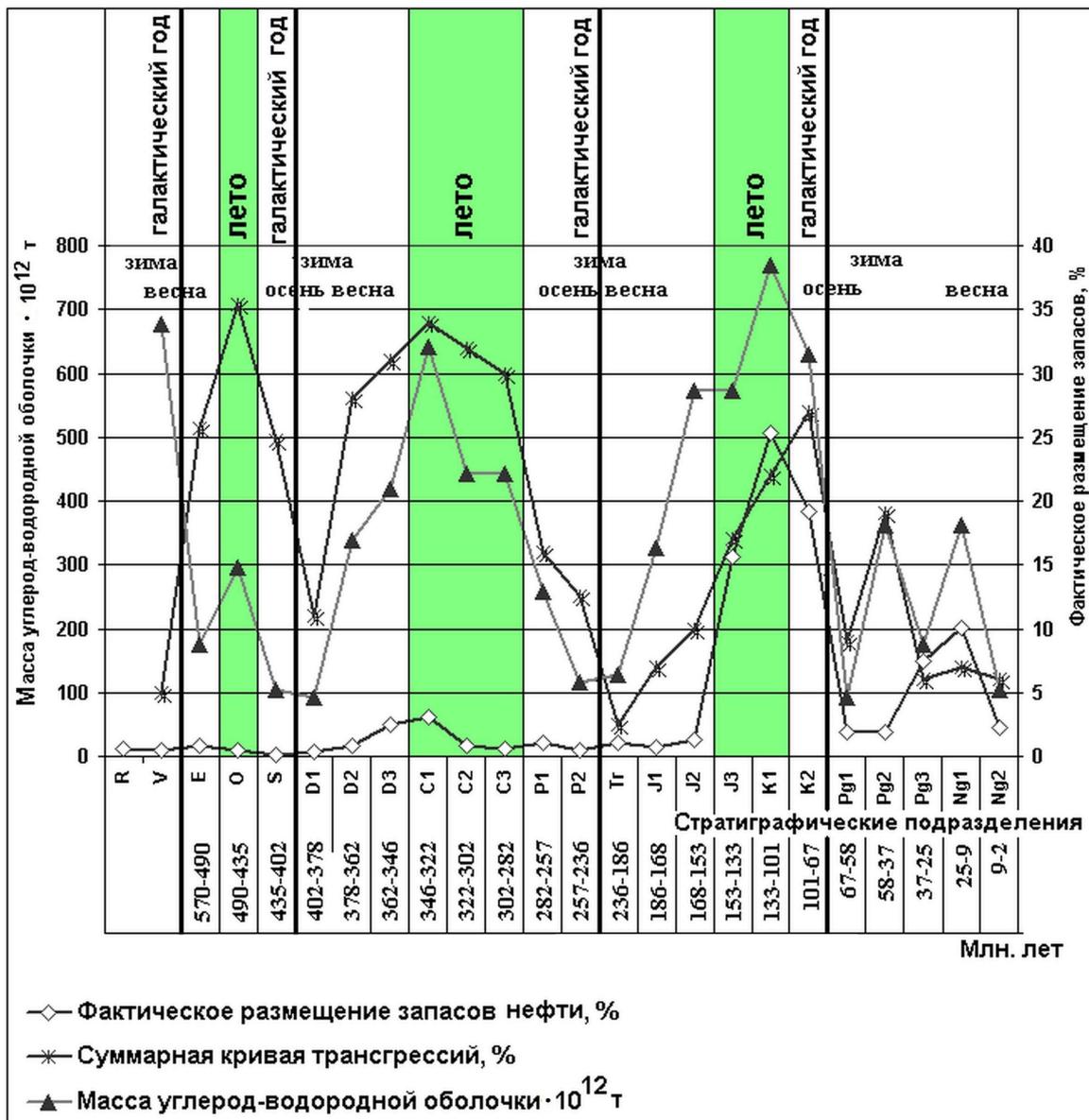


Рис. 1. Связь цикличности изменений массы УВ-оболочки, нефтенакопления и трансгрессий Мирового океана в фанерозое по данным [5]

В истории Земли «глобальные зимы» со скудной растительностью и слабой интенсивностью увеличения массы УВ-оболочки (рис. 1) сменялись эпохами буйного расцвета органической жизни с максимальной интенсивностью увеличения массы УВ-оболочки, которые именуется в [7] «глобальным геологическим летом». Как видно из рис. 1, «глобальное лето» в ордовике, каменноугольной системе и в период юра – мел характеризуется максимальными значениями уровня Мирового океана, что соответствует эпохам максимальной скорости распада суперконтинентов [7]. Зоны распада континентов хорошо прогревались глубинным теплом, и здесь активно развивалась жизнь. Систематическая смена географического положения континентов ставила их в различные климатические условия и способствовала эволюции живых организмов. В связи с выше изложенным представляет интерес изучение взаимосвязей изменений биологического разнообразия в фанерозое и циклических изменений массы УВ-оболочки как основного фактора нефтеобразования.

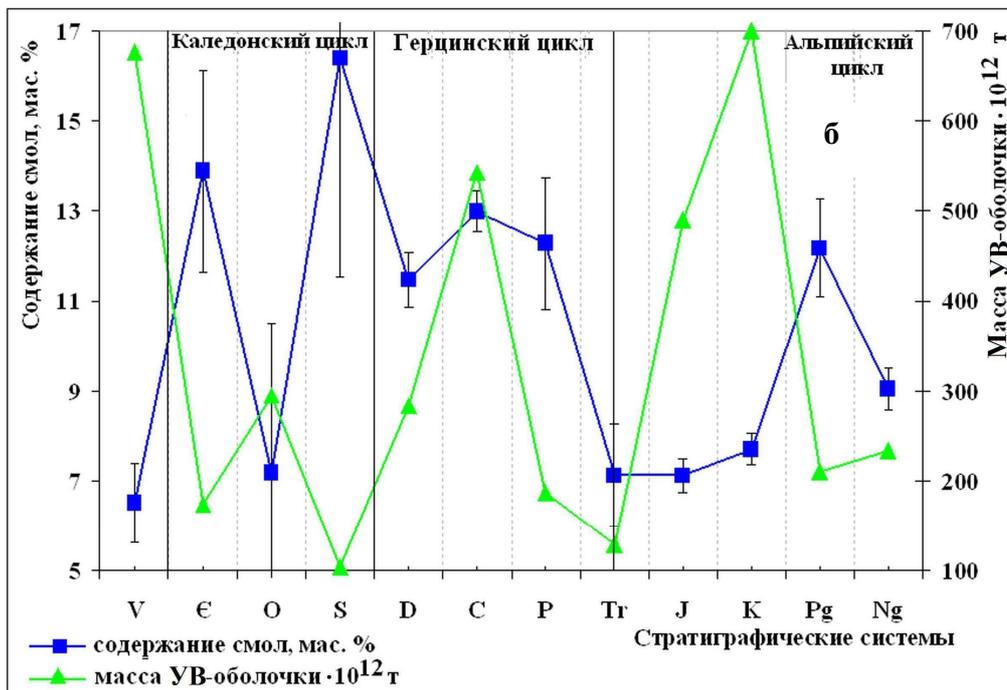
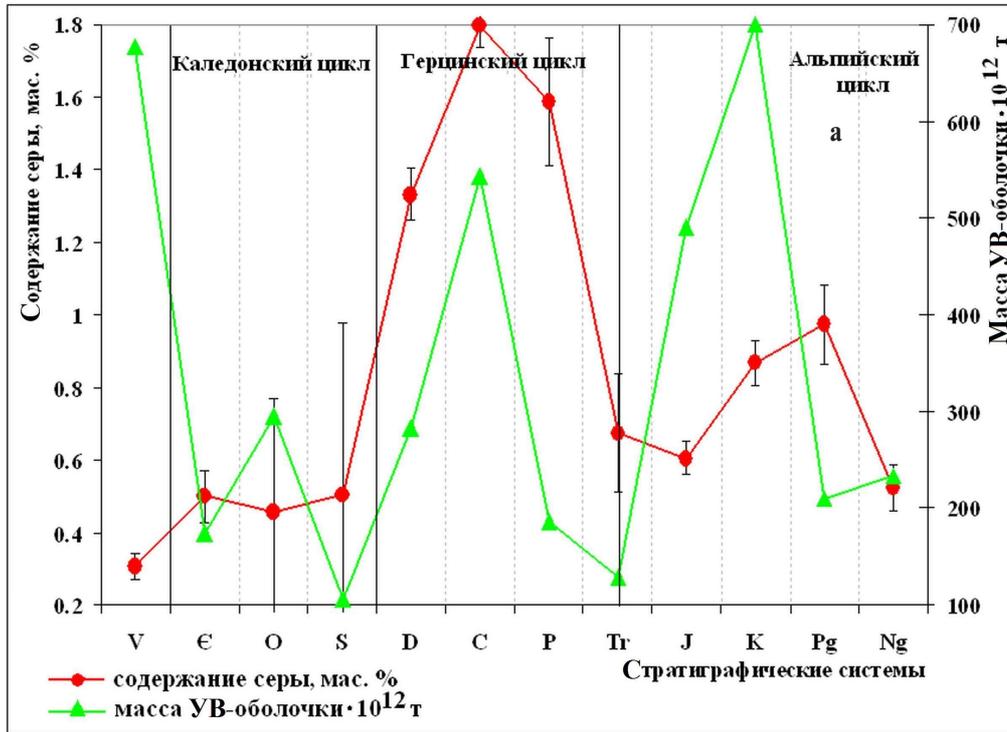
Анализ взаимосвязи циклических изменений химического состава нефтей и массы углерод-водородной оболочки в фанерозое

На рис. 2 представлены графики изменений содержания серы (2а), смол (2б), асфальтенов (2в) и парафинов (2г) в нефтях фанерозоя и массы углерод-водородной оболочки. Как видно из рис. 2, а, максимальные значения содержания серы в нефтях соответствуют периодам «глобального лета» (в ордовике, каменноугольной и меловой системах) и согласуются с периодами увеличения массы УВ-оболочки, исключение составляет пик в палеогене, что требует дальнейшего изучения. Минимальные значения содержания серы в нефтях согласуются с «глобальными зимами». Как отмечалось выше, масса УВ-оболочки возрастает по нарастающей – от $295 \cdot 10^{12}$ т в ордовике и $543 \cdot 10^{12}$ т в каменноугольной системе до $700 \cdot 10^{12}$ т в меловой системе. Распределение максимальных значений содержания серы в нефтях имеет иной вид – наибольший пик относится к каменноугольной системе (в среднем 1,75 %), для которой характерна экспансия наземной растительности. Следует отметить, что аналогичная цикличность проявляется в изменениях содержания смол и асфальтенов – наибольшие значения их содержания совпадают с периодами «глобального лета» и увеличения массы УВ-оболочки. Циклы изменения содержания парафинов в нефтях обнаруживают противоположную (к изменению массы УВ-оболочки) тенденцию: в периоды «глобального лета» наблюдается спад их содержания в нефтях, а в периоды «глобальной зимы» (венд – кембрий, силур – девон, пермь – триас и палеоген), наоборот, выявляется увеличение содержания парафинов.

О взаимосвязи изменений биоразнообразия и массы углерод-водородной оболочки

В качестве показателя биоразнообразия для анализа указанных взаимосвязей будем использовать число родов морских животных, изменения которого можно изучать с использованием палеонтологической летописи морских животных, представленной в уникальной базе данных Дж. Сепкоски [8, 9]. Графики на рис. 3 показывают, как менялось родовое разнообразие морских животных в фанерозое. Виден низкий уровень в венде и кембрии, резкий подъем в ордовике (появилось много новых классов животных и были освоены новые места обитания), рост в каменноугольной системе, глубокий спад на рубеже перми и триаса, рост в меловой системе и кайнозое. График изменения общего количества родов морских животных позволяет подразделить фанерозойскую историю морской биоты на отчетливые этапы с выраженными ростом количества родов в ордовикской, каменноугольной и меловой системах, совпадающих по времени с геотектоническими циклами (каледонским, герцинским и альпийским), а спады в росте количества родов морских животных совпадают с переходными периодами между геотектоническими циклами, а именно между байкальским и каледонским циклами в интервале времени «венд – кембрий», между каледонским и герцинским циклами в интервале «силур – девон» и между герцинским и альпийским циклом в триасе.

На рис. 3 отдельным графиком представлена динамика вымирания морской биоты с выраженными периодами крупных вымираний между силуром и девоном, в каменноугольной системе и триасе, в юре и меле. В экологической литературе такие периоды значительных вымираний биологических видов, во время которых происходили изменения направления развития биосферы, сопровождавшиеся вспышками видообразования, называются экологическими катастрофами. Судя по графикам на рис. 3, такими катастрофическими периодами в полной мере можно назвать ордовик, в котором наблюдается всплеск родового разнообразия и массовое вымирание (ордовикская радиация), карбон (каменноугольная система) – всплеск родового разнообразия и рост числа вымерших родов морских животных, и мел – рост разнообразия морской биоты и массовое вымирание в конце мела – начале палеогена. Известно, что в эти периоды фанерозоя происходили наиболее значительные изменения в биологическом разнообразии: в ордовике – экспансия водорослей и быстрое распространение беспозвоночных с твердым скелетом, в карбоне – экспансия наземной растительности, в юрском и меловом периодах – расцвет и экспансия теплолюбивых растений, заселение континентов животными. Осадочная оболочка Земли интенсивно и в возрастающем темпе обогащается органиче-



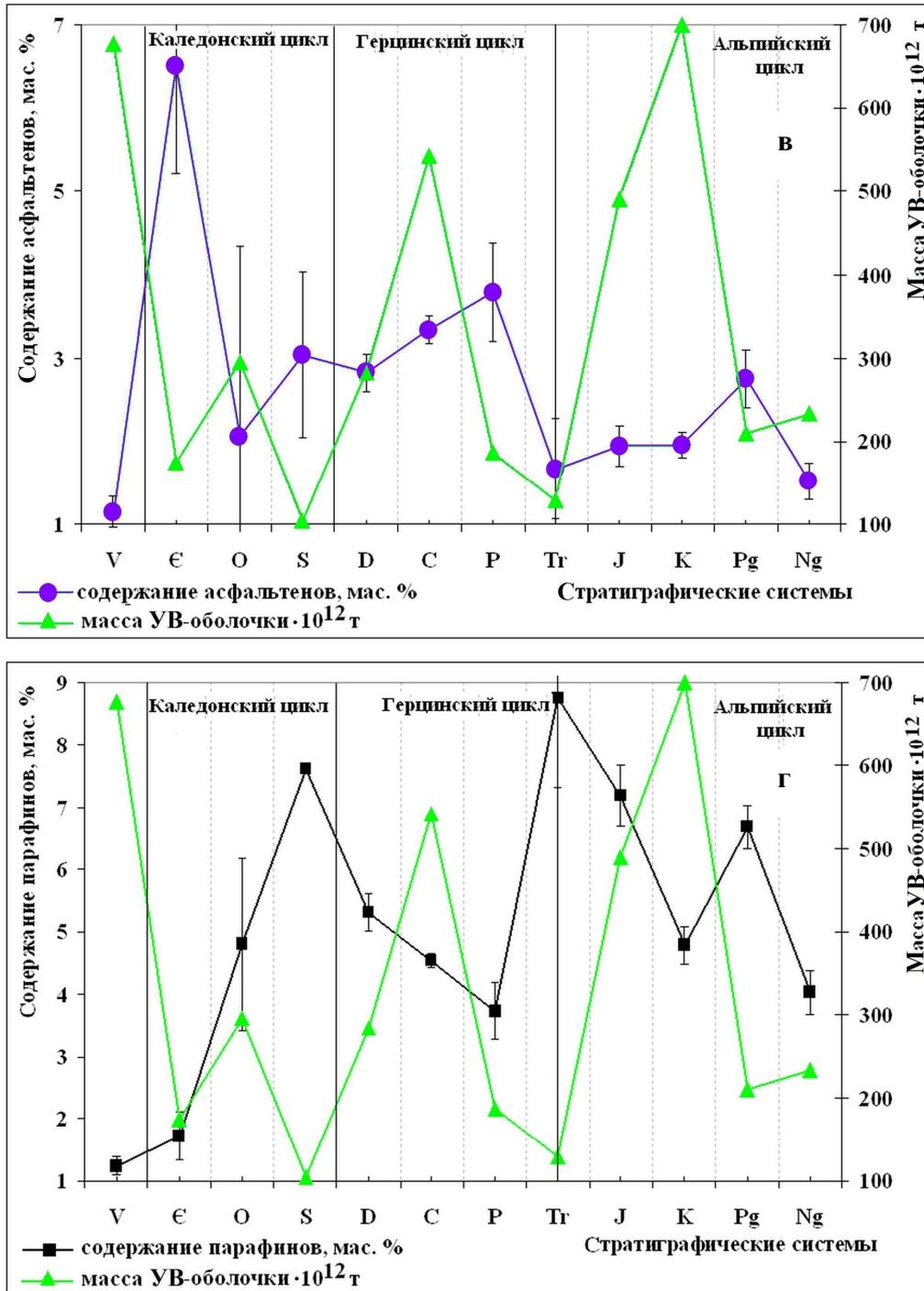


Рис. 2. Изменение содержания серы (а), смол (б), асфальтенов (в) и парафинов (г) в нефтях и массы углерод-водородной оболочки в фанерозе

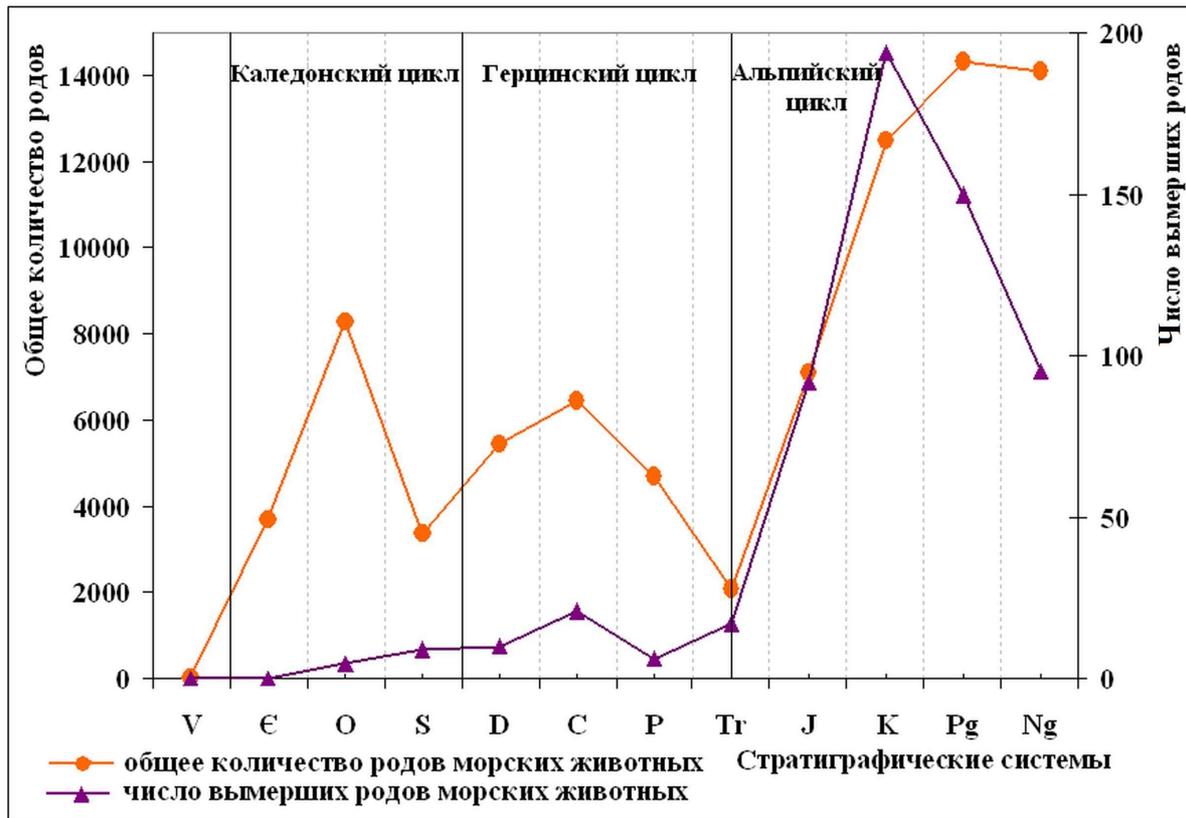


Рис. 3. Изменения родового разнообразия морских животных (число существующих и вымерших родов) в фанерозое по данным [8, 9]

скими остатками, следовательно, прогрессирует рост массы УВ-оболочки. Поэтому процессы нефтеобразования максимально интенсивны в периоды «летнего сезона» – в ордовике, в карбоне и меле.

Таблица. Значения коэффициентов корреляции

Показатели	Относительная площадь затопления суши по [5]	Запасы нефти [5]	Масса УВ-оболочки по [6, 7]	Число родов морских животных [8, 9]	Число вымерших родов морских животных [8, 9]	Количество образцов в БД
Относительная площадь затопления суши по [5]	1	-0,01	0,33	-0,13	-0,27	-0,05
Запасы нефти [5]	-0,01	1	0,57	0,57	0,84	0,73
Масса УВ-оболочки по [6, 7]	0,33	0,57	1	0,06	0,35	0,63
Число родов морских животных [8, 9]	-0,13	0,57	0,06	1	0,82	0,56
Число вымерших родов морских животных [8, 9]	-0,27	0,84	0,35	0,82	1	0,72
Количество образцов в БД	-0,05	0,73	0,63	0,56	0,72	1

В таблице приведены результаты корреляционного анализа данных в виде матрицы коэффициен-

тов парной корреляции. Высокая корреляционная связь чисел существовавших и вымерших животных является подтверждением указанной выше закономерности, которая проявляется в том, что в период «геологического лета» (ордовик, карбон, мел) всплеск родового разнообразия сопровождается ростом числа вымерших родов морских животных. Как показывает анализ данных таблицы, запасы нефти, отражающие интенсивность процессов нефтеобразования и нефтенакпления, не зависят от изменения относительной площади затопления суши в результате трансгрессии океана, но обнаруживают заметную связь с массой УВ-оболочки и с числом существовавших родов морских животных. Наиболее высокая корреляция имеется между изменениями запасов нефти и числом вымерших родов животных.

Отдельного рассмотрения заслуживает анализ коэффициентов корреляции между количеством записей в БД о свойствах нефтей и другими показателями таблицы. Наибольшее значение обнаруживает коэффициент корреляции числа образцов нефтей с объемами запасов нефтей (0,73), что можно объяснить отбором образцов нефти из скважин на территориях наиболее продуктивных месторождений. Заметим в связи с этим, что достаточно высокие уровни корреляции числа нефтяных образцов в БД с объемами разведанных запасов нефти и величиной

массы углерод-водородной оболочки являются подтверждением репрезентативности информации, собранной в базе данных [4]. Таблица показывает также высокую корреляцию (0,72) между количеством образцов нефтей в БД и числом вымерших родов морских животных, что может служить косвенным подтверждением наличия взаимосвязи между числом вымерших родов и запасами нефти.

Полученные в данной работе результаты исследования цикличности изменений показателей химического состава нефтей и глобальных геосферно-биосферных процессов не только расширяют теоретические представления об эволюции биосферы в фанерозое, но и могут быть полезны в решении практических задач оценки перспектив нефтегазоности новых территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полищук Ю.М., Ященко И.Г. Закономерности изменчивости содержания смол и асфальтенов в нефтях Евразии // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. – № 7. – С. 695–701.
2. Полищук Ю.М., Ященко И.Г. О цикличности изменений химических свойств нефтей в зависимости от их возраста // Нефтегазовому образованию в Сибири 50 лет: Матер. Междунар. конф, посвященной 50-летию кафедры геологии и разработки нефтяных месторождений (горючих ископаемых и нефти). – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – С. 105–107.
3. Polichtchouk Yu.M., Yashchenko I.G. Possible Correlations between Crude Oil Chemical Composition and Reservoir Age // Journal Petroleum Geology. – 2006. – V. 29. – № 2. – P. 189–194.
4. Полищук Ю.М., Ященко И.Г. Физико-химические свойства нефтей: статистический анализ пространственных и временных изменений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 109 с.
5. Вышемирский В.С., Конторович А.Э. Циклический характер нефтенакпления в истории Земли // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – № 5. – С. 907–918.
6. Трофимук А.А., Молчанов В.И., Параев В.В. Биогенный кислород атмосферы – эквивалент углеводородной оболочки во взаимодействии внешних геосфер [Электронный ресурс, 164 кб] // Вестник Отделения наук о Земле РАН. – 2000. – № 3 (13). – режим доступа: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/3-2000/trophimuk.htm#begin. – 30.04.2009.
7. Молчанов В.И., Параев В.В. Переломные рубежи в истории развития земного вещества и определяющие их геобиологические факторы [Электронный ресурс, 396 кб] // Вестник Отделения наук о Земле РАН. – 2003. – № 1 (21). – режим доступа: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/scpub-1.pdf. – 30.04.2009.
8. Марков А.В., Кортаев А.В. Динамика разнообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста // Журнал общей биологии. – 2007. – № 1. – С. 1–12.
9. Sepkoski J.J. Limits to randomness in paleobiologic models: the case of Phanerozoic species diversity // Acta palaeontol. polon. – 1994. – V. 38. – № 3–4. – P. 175–198.

Поступила 30.04.2009 г.