

## **ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ И ЦИКЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕ- НАКОПЛЕНИЯ В ФАНЕРОЗОЕ**

*Ю.М. Полищук, И.Г. Яценко*

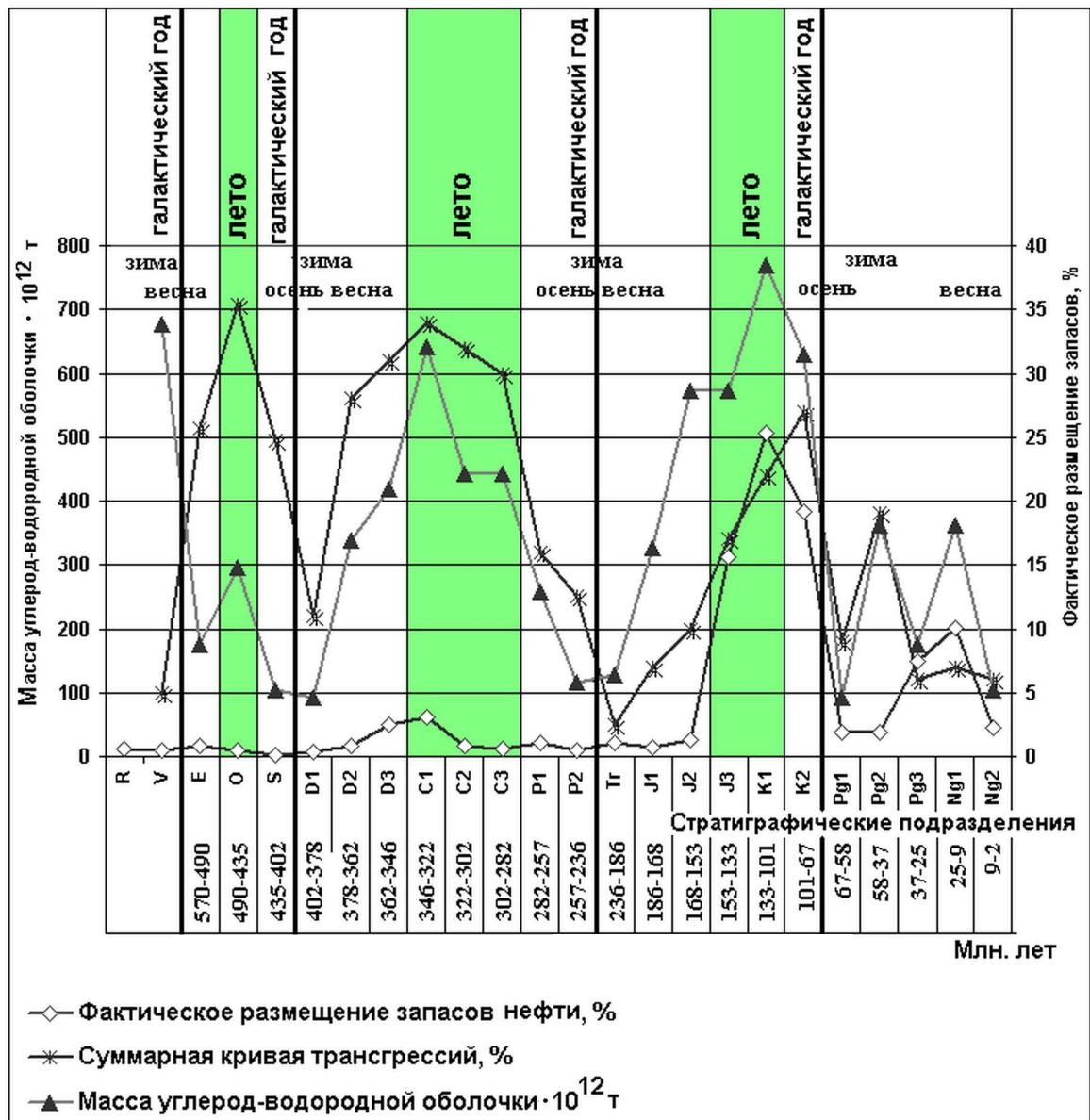
Институт химии нефти СО РАН, 634021, пр. Академический, 3, г. Томск, Россия,  
Факс: (3822)-49-14-57, E-mail: yuri@ipc.tsc.ru

### **Введение**

Цикличность нефтенакопления в зависимости от геологического возраста в истории Земли рассмотрена в [1], где показано с использованием данных о фактических запасах нефти, отражающих изменения интенсивности процессов нефтенакопления, что периоды роста и снижения запасов нефти в фанерозое согласуются с трансгрессиями и регрессиями Мирового океана. В работах Трофимука А.А., Молчанова В.И. и Параева В.В. [2, 3] показано, что цикличность нефтенакопления 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 циклических изменений объемов нефтенакопления 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 изменении которых в истории Земли содержится в уникальной базе данных Дж. Сепкоски [4, 5]. В качестве источника информации о накопленных запасах нефтей была использована глобальная база данных (БД) по физико-химическим свойствам нефтей [6], созданная в Институте химии нефти СО РАН, которая в настоящее время включает информационные записи о 18300 образцов нефти из всех основных нефтегазоносных бассейнов мира.

### **Анализ взаимосвязи изменений массы углерод-водородной оболочки и уровня 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 периоды максимального и минимального обогащения литосферы органическим веществом, обусловленные согласно [2, 3] формированием УВ-оболочки, а также циклические изменения разведанных запасов нефти в зависимости от геологического возраста [1] и уровней затопления суши в фанерозое. Из рис. 1 видно, что изменения уровня Мирового океана, разведанных запасов нефти и процессов формирования УВ-оболочки обнаруживают цикличность, периоды которой соответствуют продолжительности галактического года (около 180 млн. лет). Ритмы падения и роста рассматриваемых показателей отчетливо согласуются с коренными изменениями природной среды и палеоклимата в фанерозойский период. Так, снижение массы УВ-оболочки и понижения уровня Мирового океана совпадают с эпохами глобального похолодания в периоды венд – кембрий, силур – девон, пермь – триас и палеоген (рис. 1).



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

Трансгрессии и регрессии Мирового океана, изменяющие площадь водной поверхности планеты и, следовательно, величину отражательной способности земной поверхности, существенно влияли на планетарные климатообразующие факторы. Эпохи максимального уменьшения уровня Мирового океана соответствуют периодам похолодания климата и наступления оледенений. Похолодание на планете приводило к уменьшению биопродуктивности растительности и глобальным вымираниям родов животных, что сопровождалось уменьшением массы УВ-оболочки и снижением интенсивности процессов нефтеобразования. Эпохи глобального похолодания называются в [3] «глобальными геологическими зимами». В истории Земли «глобальные зимы» со скудной растительностью и слабой интенсивностью увеличения массы УВ-оболочки (рис. 1) сменялись эпохами глобального потепления климата и буйного расцвета биосферы, которые именуются в [3] «глобальным геологическим летом» и характеризуются ростом массы УВ-оболочки и повышением интенсивности нефтеобразования. Изменения интенсивности процессов нефтеобразования в истории Земли отражаются на рис. 1 циклическими изменениями объема раз-

веданных запасов нефти [1], коррелирующими с циклическими изменениями массы УВ-оболочки.

Другим показателем интенсивности процессов нефтеобразования может рассматриваться число нефтегазоносных бассейнов, на территории которых обнаруживаются залежи нефтей различного геологического возраста. В табл. 1 приведено распределение нефтегазоносных бассейнов (НГБ) мира по стратиграфическим подразделениям фанерозоя, явившееся результатом анализа данных из упомянутой выше глобальной базы данных (БД) Института химии нефти СО РАН по свойствам нефтей [6]. В этой таблице дана информация о количестве НГБ в каждом стратиграфическом подразделении и об объемах выборочных совокупностей данных, использованных для анализа распределения.

На рис. 2 представлены графики распределения количества НГБ по данным табл.1 и разведанных запасов нефти (по данным [1]) по стратиграфическим системам фанерозоя. Как видно из рис. 2, временные изменения количества НГБ в разных стратиграфических подразделениях проявляют циклический характер с максимумами в ордовике, карбоне и меле, которые соответствуют максимумам массы УВ-оболочки (рис.1). Рис. 2 показывает, что график временных циклических изменений числа НГБ достаточно хорошо согласуется с изменениями во времени запасов нефтей, что является дополнительным подтверждением достоверности информации в использованной базе данных о нефтях и возможности использования данных о запасах нефтей для проведения анализа взаимосвязи процесса нефтенакпления и этапов эволюции биосферы.

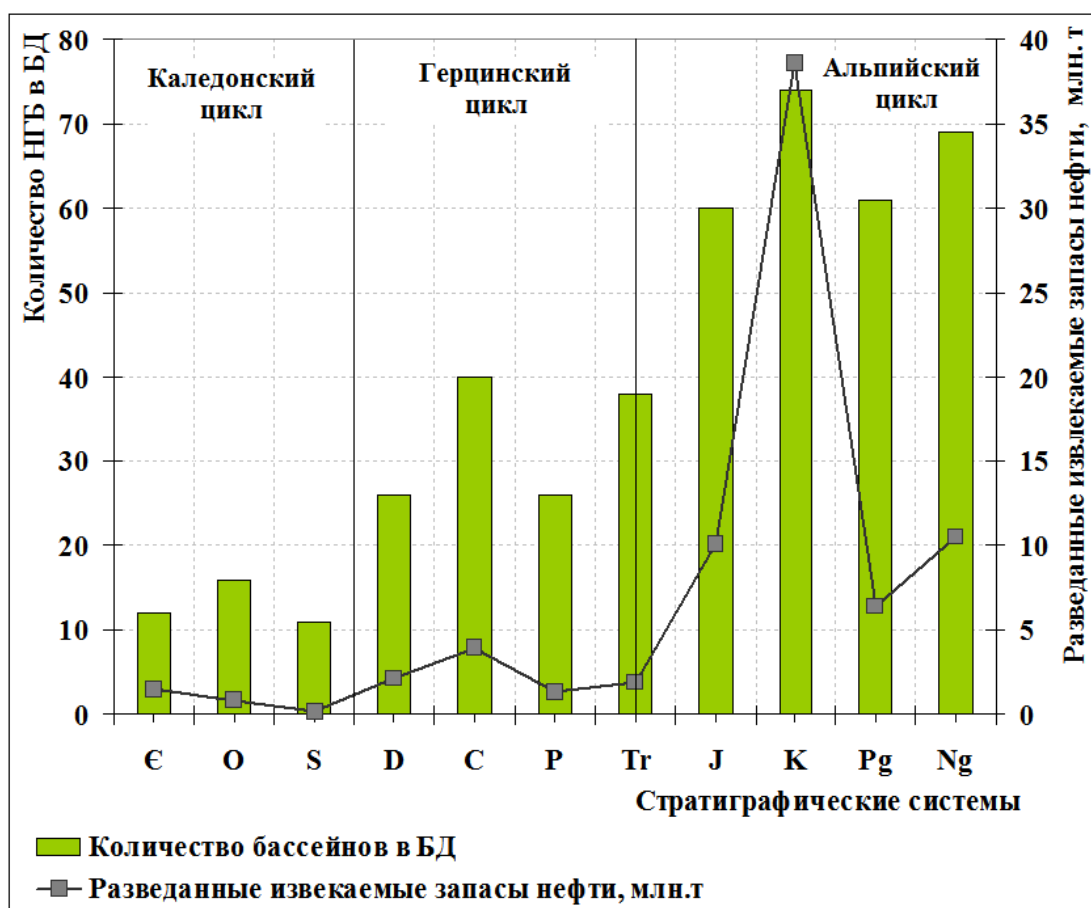


Рис. 2. Распределение объемов запасов нефти и количества нефтегазоносных бассейнов по стратиграфическим подразделениям

Таблица 1 - Распределение нефтегазоносных бассейнов и месторождений по стратиграфическим подразделениям

Геологическая эра	Стратиграф. системы	Обозначение	Общий объем выборки в БД	Число месторождений	Число бассейнов
Палеозой	Кембрийская	E	286	100	12
	Ордовикская	O	106	82	16
	Силурийская	S	58	49	11
	Девонская	D	1144	423	26
	Каменноугольная	C	2600	755	40
	Пермская	P	797	343	26
Мезозой	Триасовая	Tr	414	158	38
	Юрская	J	2822	802	60
	Меловая	K	3142	867	74
Кайнозой	Палеогеновая	Pg	1403	497	61
	Неогеновая	Ng <sub>1</sub>	1666	643	69

Анализ пространственного распределения фанерозойских нефтей по данным табл. 1 показал значительные географические различия в их размещении. Кайнозойские нефти размещены в основном в Северной Африке и Южной Евразии. Мезозойские нефтеносные бассейны располагаются в Евразии, Америке и в Северной Африке. Палеозойские бассейны размещаются главным образом в Северной Америке и Северной Евразии.

Табл. 1 показывает, что в 19 % из общего числа бассейнов встречаются только кайнозойские нефти, в 10 % - только мезозойские нефти и в 5 % - только палеозойские нефти. Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает также, что в некоторых нефтегазоносных бассейнах нефти залегают одновременно и в кайнозойских, и в мезозойских, и в палеозойских отложениях. Таких НГБ оказалось 28 (6 % от общего их числа), самыми крупными из которых являются Амударьинский, Афгано-Таджикский, Баринас-Апуре (Южная Америка), Волго-Уральский, Грин-Ривер (Северная Америка), Западно-Сибирский, Карпатский, Лено-Тунгусский, Маракаибский (Южная Америка), Охотский, Персидского залива, Прикаспийский, Сахаро-Ливийский, Северо-Кавказский, Суэцкого залива, Таримский (Китай), Центрально-Европейский и Южно-Каспийский.

### Взаимосвязь изменений биоразнообразия, массы углерод-водородной оболочки и разведанных запасов нефти

Как видно на рис. 1, «глобальное лето» в ордовике, карбоне и меле характеризуется максимальными значениями уровня Мирового океана, что соответствует эпохам максимальной скорости распада суперконтинентов [3]. 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

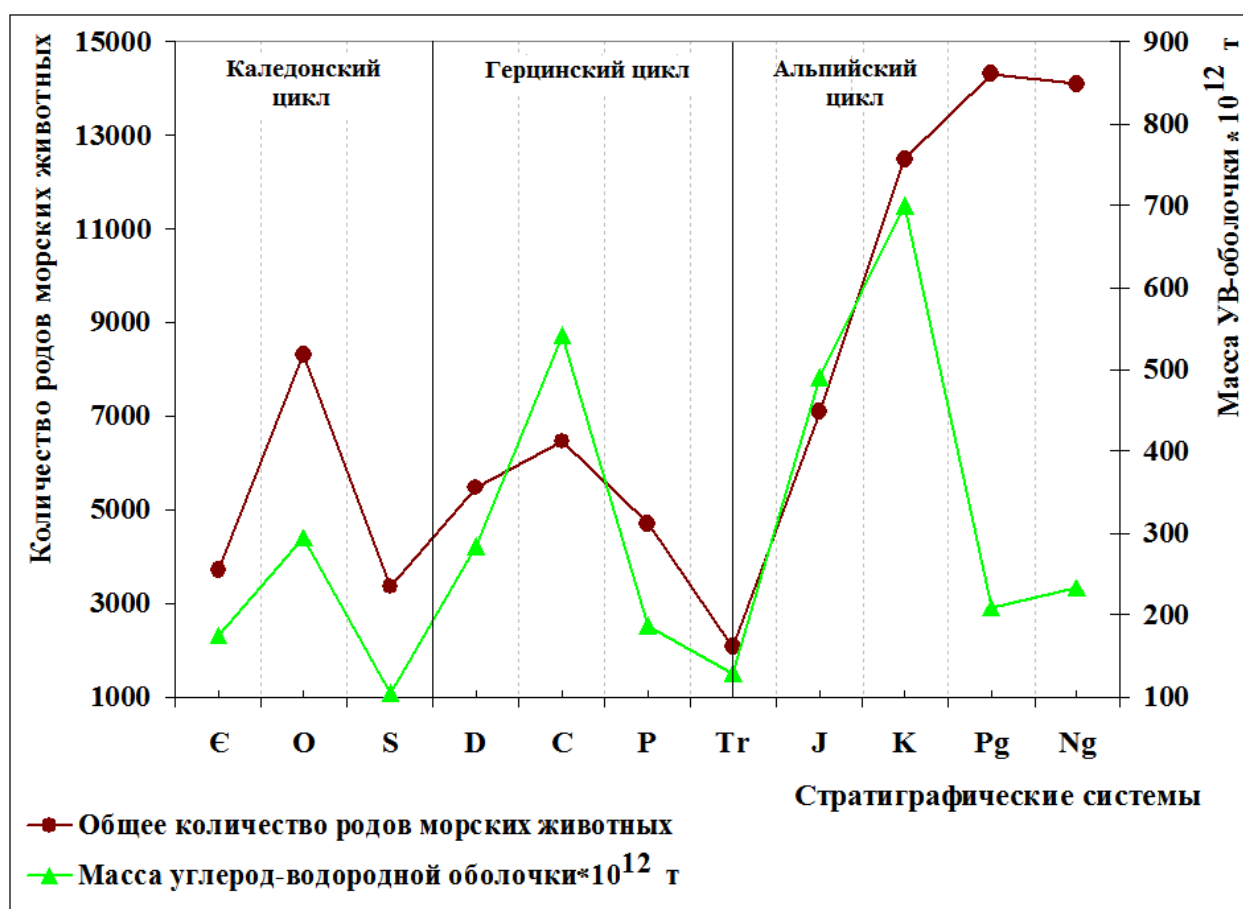


Рис. 3. Изменения родового разнообразия морских животных и массы углерод-водородной оболочки Земли

представляет интерес изучение взаимосвязей изменений биологического разнообразия в фанерозе и циклических изменений массы УВ-оболочки как основного фактора нефтеобразования и разведанных запасов нефти как количественного показателя нефтенакпления.

По данным [7], число видов организмов в истории Земли в среднем оценивается величиной 400 – 500 млн. При этом считается, что в настоящее время на Земле могут существовать не менее 10-35 млн. видов растений, животных и микроорганизмов, хотя научно описаны около 1,8 млн. видов. Ввиду отсутствия количественных оценок планетарного биоразнообразия в фанерозойской истории Земли в качестве показателя биоразнообразия для проведения анализа указанных взаимосвязей будем использовать число родов морских животных, изменения которого можно изучать с использованием палеонтологической летописи морских животных, представленной информацией из базы данных Дж. Сепкоски [4, 5]. По данным Дж. Сепкоски на рис. 3 и 4 представлены графики изменения родового разнообразия морских животных в фанерозе.

График на рис. 3 отображает изменение общего количества существовавших родов морских животных, а график на рис. 4 - изменение общего количества вымерших родов морских животных. Виден рост родового разнообразия морских животных в ордовике (появилось много новых классов животных и были освоены новые места обитания), рост в карбоне, глубокий спад в силуре и триасе, рост в меловой системе и кайнозое. График изменения общего количества родов морских животных (рис. 3) позволяет подразделить фанерозойскую историю морской биоты на отчетливые периоды с выраженным ростом количества родов в ордовикской, каменноугольной и меловой системах, совпадающие по времени с серединами геотектонических циклов (каледонским, герцинским и альпийским). А спады в численности родов морских животных (рис. 3) совпадают с переходными периодами на границах геотектонических циклов, а именно, между байкальским

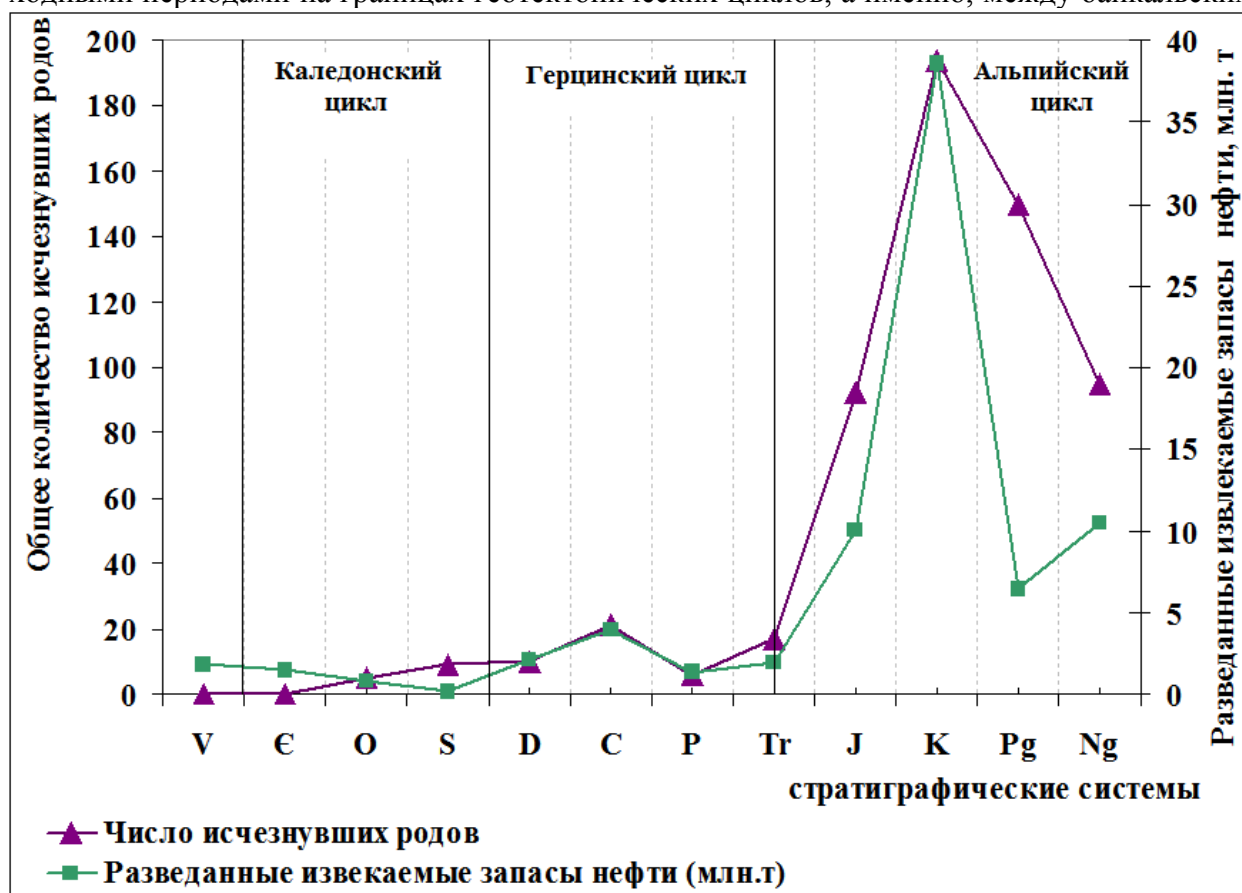


Рис. 4. Изменения родового разнообразия морских животных и объемов запасов нефти

и каледонским циклами в интервале времени «венд – кембрий», между каледонским и герцинским циклами в интервале «силур – девон» и между герцинским и альпийским циклами в триасе.

Аналогичную закономерность проявляет и динамика вымирания морской биоты (рис. 4) с выраженными периодами крупных вымираний родов морских животных, совпадающими по времени со срединами геотектонических циклов. В экологической литературе такие периоды значительных вымираний биологических видов и родов, во время которых происходили изменения направления развития биосферы, сопровождавшиеся вспышками видообразования, принято рассматривать как экологические катастрофы. Судя по графикам на рис. 3 и 4, такими катастрофическими периодами в полной мере можно назвать ордовик, в котором наблюдается всплеск родового разнообразия и массовое вымирание (ордовикская радиация), карбон - всплеск родового разнообразия и рост числа вымерших родов морских животных, и мел, в котором также можно отметить рост разнообразия морской биоты и массовое вымирание родов.

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. В эти периоды геологической истории осадочная оболочка Земли интенсивно и в возрастающем темпе обогащается мертвой органикой, следовательно, прогрессирует рост массы углерод-водородной оболочки. Действительно, как видно на рис. 3, рост массы УВ-оболочки, определяющей нефтепроизводящий потенциал земных недр, подобно изменению общего количества родов морских животных, наблюдается в ордовике, карбоне и меловой системе. Обращает на себя внимание временной ход изменения разведанных запасов нефти, который показывает, что их рост (рис. 4), как и увеличение массы УВ-оболочки (рис.3), наблюдается в ордовике, карбоне и меле.

### Анализ и интерпретация результатов

Выше изложенное показывает, что все рассмотренные фанерозойские временные ходы количества существовавших и вымерших родов морских животных, массы углерод-водородной оболочки, разведанных запасов нефти и количества нефтегазоносных бассейнов проявляют циклический характер с периодами роста в середине геотектонических циклов и с периодами падения на границах этих циклов. Такая дружная согласованность (скоррелированность) изменений во времени количественных показателей разнородных геосферно-биосферных процессов подтверждается высокими значениями коэффициентов парной корреляции, результаты расчета которых приведены в табл. 2. Заметим, что высокая степень корреляции (0,73) изменений количества НГБ и запасов нефти является подтверждением репрезентативности информации, собранной в глобальной базе данных института химии нефти СО РАН и использованной в статистическом анализе. В расчетах корреляции использованы, с одной стороны, величины объемов разведанных запасов нефти по данным В.С.Вышемирского и А.Э.Конторовича[1], полученным авторами путем обобщения информации о 49 крупнейших нефтеносных бассейнов мира, и, с другой стороны, данные из глобальной базы данных [6] о численности бассейнов (всего 433 НГБ), распределенных по стратиграфическим подразделениям фанерозоя.

Таблица 2 - Значения коэффициентов корреляции

Показатели	Запасы нефти [1]	Масса УВ-оболочки по [2, 3]	Число родов морских животных [4, 5]	Число вымерших родов морских животных [4, 5]	Количество нефтегазоносных бассейнов
Запасы нефти [1]	1	0,76	0,57	0,84	0,73

Масса УВ-оболочки по [2, 3]	0,76	1	0,40	0,56	0,56
Число родов морских животных [4, 5]	0,57	0,40	1	0,82	0,77
Число вымерших родов морских животных [4, 5]	0,84	0,56	0,82	1	0,89
Количество нефтегазоносных бассейнов	0,73	0,56	0,77	0,89	1

Достаточно высокая корреляция (0,76) между изменениями объема разведанных запасов нефти как показателя нефтенакопления и массы УВ-оболочки как показателя нефтеобразования является подтверждением установленной выше (путем сравнения графиков на рис. 3 и 4) взаимосвязи между этими процессами. Следовательно, хотя процессы нефтеобразования и нефтенакопления разнесены во времени и в пространстве, их циклические изменения обнаруживают достаточно высокую степень согласованности во времени. Этот факт может иметь следующее объяснение в рамках проведенного нами статистического анализа. Принято полагать, что из нефтематеринских отложений с органическим веществом биоты в зонах нефтеобразования нефть мигрирует в коллектора в вертикальном и горизонтальном направлениях и накапливается в структурах с крышками, препятствующими миграции. Статистически установленная коррелированность циклических процессов нефтеобразования и нефтенакопления означает, что на значительных по длительности временных интервалах процессы накопления нефтей в нефтегазоносных бассейнах в среднем преобладают над процессами миграции нефти. Полученные в настоящей работе результаты не означают, что надо ставить знак равенства между процессами нефтеобразования и нефтенакопления. Это означает лишь схожесть характера их временных циклических изменений, обусловленных общими палеоклиматическими и геотектоническими факторами.

Сравнение графиков временных изменений массы УВ-оболочки и запасов нефтей выявляет одно существенное различие их: если максимальные значения массы УВ-оболочки в разных циклах отличаются незначительно, то для графика запасов нефтей эти отличия очень велики. Так, альпийский максимум отличается от герцинского для массы УВ-оболочки приблизительно на 25 %, а для запасов нефтей – приблизительно в 10 раз. Такое различие характера сравниваемых циклических процессов можно объяснить возрастающим влиянием миграции на процесс нефтенакопления с увеличением возраста нефтеносных отложений.

Высокий коэффициент корреляции (0,82) между числом существовавших и вымерших родов животных можно объяснить существенным влиянием глобальных экологических катастрофических явлений в биосфере на структурную перестройку биоразнообразия в серединах геотектонических циклов. Как видно из рис. 3 и 4, рост интенсивности нефтеобразования и нефтенакопления в фанерозое наиболее отчетливо проявляется, как и рост количества родов морских животных, в периоды, совпадающие по времени с серединами геотектонических циклов.

В заключение отметим, что полученные в данной работе результаты исследования циклических процессов нефтеобразования и нефтенакопления в истории Земли и циклическости 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 нефтеносности новых территорий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вышемирский В.С., Конторович А.Э. Циклический характер нефтенакопления в истории Земли // Геология и геофизика. – 1997. – т. 38. – № 5. – С. 907–918.



2. 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) ([http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/3-2000/trophimuk.htm#begin](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/3-2000/trophimuk.htm#begin)).
3. 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) ([http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2003/scpub-1.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/scpub-1.pdf)).
4. Марков А.В., Коротаяев А.В. Динамика разнообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста // Журнал общей биологии. – 2007. – № 1. – С.1–12.
5. 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.
6. 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.
7. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволицкий Д.А. Биологическое разнообразие. – М.: Изд. центр «ВЛАДОС», 2004. – 432 с.

## **Biosphere evolution and cyclic processes of oil accumulation in the Phanerozoic**

I.G.Yashchenko, Yu.M. Polishchuk

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of RAS  
3, Academicheskyy Ave., Tomsk 634021, Russia  
E-mail: yuri@ipc.tsc.ru

### **Abstract**

Relationship between biosphere evolution and changes of oil accumulation in the Phanerozoic is studied. The cyclical changes of species diversity of sea animals represent the stages of biosphere evolution. The information about changes of sea animal biodiversity was taken from Sepkoski database. The database on oil chemistry was used as a source of information about oil accumulation processes. The relationship between cyclical changes of oil accumulation and changes of sea animal biodiversity in the Phanerozoic is revealed on base of comparison of temporal diagrams of the above mentioned quantities. The obtained relationships were proved by correlation calculations.

### **Аннотация**

Изучена взаимосвязь эволюции биосферы и изменений нефтенакпления в фанерозое. Этапы эволюции биосферы представлены циклическими изменениями родового разнообразия морских животных. Информация об изменениях биоразнообразия морских животных была взята из базы данных Сепкоски. База данных по химии нефти была использована в качестве источника информации о процессах нефтенакпления. Установлена взаимосвязь между циклическими изменениями нефтенакпления и изменениями биоразнообразия морских животных в фанерозое на основе сравнения временных графиков выше указанных величин. Полученные взаимосвязи подтверждены корреляционными расчетами.