
ПРОЦЕССЫ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

ДИНАМИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ДРЕЙФ МАТЕРИКОВ И ГЛОБАЛИЗАЦИЯ

Снакин В. В.*

В качестве причины массовых (глобальных) вымираний видов в истории биосферы Земли рассматривается геодинамика – движение материков, в результате которого литосферные плиты перемещаются по поверхности Земли, периодически объединяясь и образуя суперматерики и даже единый материк (в разное время Моногея, Метагея, Мезогея, Пангея). При этом снимаются географические барьеры, изменяется климат, сокращается количество экологических ниш, что ведет к резкому снижению видового разнообразия (массовым вымираниям видов), подтверждаемому палеонтологическими данными. Последующие затем расхождения материковых плит, географическая изоляция приводили к новому витку эволюции и увеличению разнообразия на новом уровне. Современные процессы глобализации также приводят к снижению роли географической изоляции и соответственно к снижению биоразнообразия, возможно, перед началом нового эволюционного витка при расширении биосферы за пределы Земли.

Ключевые слова: биоразнообразие, геодинамика, дрейф материков, глобализация, изменение климата, массовые вымирания видов, географические барьеры, эволюция биосферы.

As the cause of the mass (global) extinctions in the history of the Earth's biosphere the paper considers geodynamics – the movement of continents, resulting in the lithospheric plates' movement across the surface of the Earth which periodically unite and form supercontinents and even a single continent (at different times Monogaea, Metagaea, Mezogaea, Pangeaea). At the same time the geographical barriers are eliminated, climate changes, the number of ecological niches is reduced, which leads to a sharp decline in species diversity (mass extinctions) confirmed by paleontological data. The subsequent divergences of continental plates, geographic isolation led to a new cycle of evolution and increase in diversity at a new level. Contemporary processes of globalization also lead to a decrease in the role of geographic isolation and thus to a reduction of biodiversity, possibly before the beginning of a new cycle of evolution during expanding the biosphere beyond the Earth.

Keywords: biodiversity, geodynamics, continental drift, globalization, climate change, mass extinctions of species, geographical barriers, evolution of the biosphere.

* Снакин Валерий Викторович – д. б. н., профессор, зав. лабораторией ландшафтной экологии Института фундаментальных проблем биологии РАН, зав. сектором Музея земледования МГУ имени М. В. Ломоносова. E-mail: snakin@mail.ru.

Введение

История биосферы – это история вымирания одних видов и возникновения других. Вымирание видов¹ в результате естественных процессов – нормальное явление, сбалансированное в геологическом времени появлением новых видов. «Нам нечего изумляться факту вымирания... Вымирание видов и целых групп видов, игравшее такую выдающуюся роль в истории органического мира, является почти неизбежным следствием принципа естественного отбора» [Дарвин 1991]. По В. А. Красилову [1992], вымирание – способ регуляции разнообразия в переменных условиях, ослабляющий конкуренцию. Причиной вымирания видов является постоянное их совершенствование в целях максимального использования ресурсов среды, изменяемой, в свою очередь и в свою пользу, новыми видами. В процессе эволюции биосферы число видов возрастало, биосфера распространялась на не занятые жизнью участки, включала в орбиту своей деятельности новые вещества, а энергию солнечных лучей и химических соединений утилизировала все более эффективно.

В результате вымираний на смену примитивным видам приходили более совершенные. «Для биосферы вымирания были благом, как для вида благом является смерть особи от старости. В обоих случаях отсекаются носители косной наследственной информации, сдерживающей эволюцию» [Федонкин 1991].

Динамика биоразнообразия, как и в целом эволюционный процесс, носит скачкообразный характер². Соответственно в истории биосферы Земли имеется несколько периодов, когда вымирание носило массовый характер и биоразнообразие быстро (в геологическом масштабе времени) и резко снижалось. В такие периоды массовых (по сути, глобальных) вымираний исчезало до 90 % видов, как это было в период Великого пермского вымирания примерно 250 млн лет назад. Как правило, в промежутках между массовыми вымираниями биоразнообразие восстанавливалось и перед очередным вымиранием превосходило свой прежний уровень.

В качестве причин массовых вымираний, точность определения времени и длительности которых оценивается миллионами лет, рассматривают множество процессов, наиболее популярными из которых являются: генетические проблемы, конкуренция с другими видами в ограниченном пространстве, новые болезни и паразиты, катастрофы (падение крупных метеоритов, усиление вулканизма и водородной дегазации жидкого земного ядра), изменения окружающей среды (изменения климата, разрушение озонового слоя), человеческий фактор.

Общепризнанной (главной) причины исчезновения большинства видов в научной литературе нет.

Дрейф материков как причина массовых вымираний видов

В данной работе в качестве важнейшей причины динамики биоразнообразия и, в частности, массовых вымираний попытаемся рассмотреть геодинамику³, то

¹ Вымирание видов – процесс сокращения численности вплоть до полного исчезновения видов и других таксономических групп организмов в процессе эволюции. Вымершей считается исчезнувшая группа, не оставившая после себя каких-либо (даже измененных) потомков.

² На скачкообразность эволюции неоднократно обращал внимание В. И. Вернадский [1991], анализируя историю биосферы и закономерности ее эволюции.

³ Геодинамика – наука о глубинных силах и процессах, возникающих в результате эволюции Земли как планеты и определяющих движение масс вещества и энергии внутри Земли и в ее внешних твердых

есть внутренние (глубинные) процессы планеты, приводящие к перемещению литосферных плит и так называемому дрейфу материков⁴.

Предполагается, что образование единого суперконтинента в различных частях Земли и их дальнейшее расхождение происходило неоднократно: Кенорленд, или Моногея (образовался около 2,7 млрд лет назад в неогархее); Колумбия, или Нуна, или Металея (в период от 1,8 до 1,5 млрд лет назад в палеопротерозойской эре); Родиния, или Мезогея (1,1 млрд лет – 750 млн лет назад); Пангея (300 млн лет – 180 млн лет назад). Изучение перемещения плит показало, что такое объединение блоков континентальной коры происходит примерно каждые 500–600 млн лет, и следующий суперконтинент Пангея Ульtima образуется через 200–300 млн лет [Continents... 2000]. Объединения и расхождения отдельных материков и островов, естественно, происходили гораздо чаще.

Как справедливо отмечал С. А. Ушаков [1983], «становится все более ясным, что глобальная эволюция жизни на Земле тесно связана с изменениями взаимного расположения материков и океанов. Изолированный материк – это своеобразная замкнутая или полузамкнутая экологическая область. Перемещения материков, их столкновения и разделения вместе с глобальными изменениями климата и крупномасштабными циркуляциями воды в океане самым кардинальным образом должны были влиять на всю эволюцию жизни на нашей планете».

В экологическом смысле слияние материков означает не только изменение климатических условий, но и ликвидацию географических барьеров. При этом на объединенных пространствах оказывалось по несколько видов, занимающих одну и ту же экологическую нишу. Происходит сокращение разнообразия местообитаний и соответственно экологических ниш, возрастает межвидовая конкуренция. А согласно правилу конкурентного исключения⁵, два вида не могут устойчиво сосуществовать в ограниченном пространстве, если они занимают одну и ту же экологическую нишу. Процесс конкуренции при совместном проживании видов всегда протекает до полного вытеснения одного вида другим. Виды, менее приспособленные к условиям окружающей среды, вымирают.

Выживающие, наиболее эволюционно развитые виды при дальнейшем разбегании материков в условиях географической изоляции дают начало новому витку эволюции, превосходящему предыдущий. Дальнейшее сближение материков в новых географических условиях ведет к новому циклу вымирания и последующему возрастанию биоразнообразия. Таким образом, снижение разнообразия (вымирание) способствует сохранению и дальнейшей эволюции наиболее приспособленных видов, которые в ходе дальнейшей географической изоляции дают начало новым более перспективным видам.

оболочках. У истоков геодинамики в 1950-е гг. стояли немецкий ученый А. Вегенер, американские ученые А. Холмс, Х. Хесс, российские ученые В. А. Магницкий, В. В. Белоусов, В. Н. Жарков, П. Н. Кропоткин, О. Г. Сорохтин, Е. В. Артюшков и др.

⁴ Гипотеза дрейфа материков, выдвинутая А. Вегенером в 1912 г., в настоящее время полностью подтверждена [Сорохтин, Ушаков 2002; Хаин 2003 и др.].

⁵ Правило конкурентного исключения (иначе принцип Вольтерры – Гаузе, закон Гаузе) сформулировал В. Вольтерра (1926 г.) на основе изучения математической модели динамики двух популяций, конкурирующих за один пищевой ресурс. В 1931–1935 гг. Г. Ф. Гаузе экспериментами на простейших показал, как происходит конкурентное вытеснение одного вида другим. Обсуждение правила конкурентного исключения сыграло важную роль в развитии концепции экологической ниши и эколого-географической модели видообразования, а также в оценке межвидовой конкуренции как фактора, поддерживающего структуру сообществ [Биологический... 1988].

Данные, приводимые в табл. 1, основанные на сопоставлении различных (порой противоречивых) данных [Ушаков 1983; Хронология...; Нигматзянов 2014; Снакин 2014 и др.], указывают на неоднократное совпадение объединения – расхождения материков с периодами массовых вымираний видов⁶ и ускорения видообразования. При этом стоит отметить, что реконструкция объединения – расхождения материковых плит не может считаться вполне завершённой. Датировки массовых вымираний также весьма ориентировочны. Кроме того, как правило, чаще обсуждают феномен полного объединения материков, но для ускорения процессов вымирания видов достаточно объединения двух материковых плит.

Таблица 1

Геохронологическая шкала и история жизни на Земле

Время, млн лет назад	Эон	Эры	Периоды, системы	Этапы формирования биосферы
1	2	3	4	5
2	Фанерозой	Кайнозой	Четвертичный, или антропоген (голоцен – до 10 тыс. лет назад и плейстоцен – от 10 тыс. лет до 2 млн лет назад)	Появление и становление человека. Четвертичное оледенение, когда Антарктида оказалась в р-не Южного полюса, а Евразия и Северная Америка приблизились к Северному полюсу
25			Неоген (плиоцен и миоцен)	Эоцен-олигоценное вымирание (33,9 млн лет назад) унесло 13 отрядов сухопутных млекопитающих, возможно, из-за объединения материковых фрагментов и сокращения числа экологических провинций.
65			Палеоген (олигоцен, эоцен и палеоцен)	Индостан оторвался от Африки и присоединился к Азии; формирование Индийского океана [Пушаровский 2000]. Мел-палеогеновое вымирание (65,5 млн лет назад) унесло шестую часть видов, в том числе динозавров. 52–60–65 млн лет назад раскололась Лавразия – Северная Америка отделилась от Гренландии, а Гренландия – от Европы; раскол остатков Гондваны – разделение Антарктиды и Австралии
145		Мезозой	Мел	Трансгрессия; в конце мела массовая гибель видов (до 50 %), в том числе кораллов и моллюсков в океане. Появление современных рыб, доминирование цветковых растений. 120–130 млн лет назад Южная Америка откололась от Африки

⁶ Взаимосвязь дрейфа континентов с массовыми вымираниями отмечалась ранее [Снакин 2008, ст. «Вымирание»].

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	
199	Фанерозой		Юра	Пангея распадается на Лавразию и Гондвану с последующим делением на более мелкие части. Доминирование динозавров, ихтиозавров, аммонитов; появление птиц, млекопитающих и цветковых растений, обилие насекомых	
251			Триас	Триасово-юрское вымирание (200–205 млн лет назад; вымерло более 50 % всех видов)	
299			Пермь	Великое пермское вымирание (251–252 млн лет назад; исчезло 80–90 % всех видов). Образование Пангеи (300 млн лет – 180 млн лет назад). Вымирание 305 млн лет назад унесло 10 % всех видов	
360		Палеозой	Карбон (каменно-угольный период)	Появление пресмыкающихся и насекомых, обилие древовидных папоротников, образующих «каменноугольные леса»	
416			Девон	Появление земноводных, аммонитов и паукообразных; первые мохообразные и папоротникообразные. Девонское вымирание (364–374 млн лет назад; вымерло 19 % семейств)	
443			Силур	Появление челюстноротых (большеротые); первые коралловые рифы; наземные растения (споровые сосудистые – плауны и др.). Ордовикско-силурийское вымирание (440 млн лет назад; исчезло более 60 % видов морских беспозвоночных), возможно, из-за движения Гондваны к области Южного полюса, последующего оледенения и падения уровня Мирового океана	
488			Ордовик	Появление позвоночных; обилие трилобитов, моллюсков и ракообразных	
542			Кембрий	Расхождение материков. Кембрийский взрыв – появление всех типов беспозвоночных и иглокожих; увеличение содержания кислорода в атмосфере; исчезновение металлического железа в литосфере	
2500	Докембрий	Протерозой	Неопротерозой Мезопротерозой (рифей) Палеопротерозой	Эдиакарий (венд) Криогений Тоний Стений Эктазий Калимий Статерий Орозирий Риасий Сидерий	Примитивные многоклеточные; примитивные эукариоты. Кислород в атмосфере; формирование озонового слоя, уменьшение содержания углекислого газа, первые оледенения. Образование единых материков: Мезогея, или Родиния, в районе Южного полюса и единый океан – Мировия (1,1 млрд лет – 750 млн лет назад); Метгея (от 1,8 до 1,5 млрд лет назад); сильнейшее протерозойское оледенение

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
3900		Архей	Неоархей Мезоархей Палеоархей Эоархей	Проявление жизни (фотосинтез, водоросли); формирование земной коры, атмосферы, гидросферы (Мировой океан), образование плотного ядра Земли. Образование единого материка (Моногея, ок. 2,7 млрд лет назад)
4600			Катархей	Возникновение Земли

Следует отметить, что процесс объединения – расхождения материковых плит – долговременный процесс с характерным временем в миллионы лет⁷, что хорошо объясняет длительный характер многих массовых вымираний (в отличие от катастрофических теорий).

Глобализация как фактор вымирания видов

Глобализация в значительной мере действует аналогично слиянию материков, снижая действие фактора географической изоляции. Активизация случайного и преднамеренного перемещения животных и растений с помощью человека приводит к конкурентной борьбе между видами, оказавшимися в одной экологической нише.

Инвазия⁸ и интродукция⁹ – одно из важнейших в экологическом отношении проявлений глобализации, увеличивающее давление на местные виды и ведущее к их вымиранию. Так, вполне преднамеренный завоз в Европейскую Россию в 20-х гг. прошлого века ондатры (*Ondatra zibethicus*) с хозяйственной целью привел к заселению водоемов этим видом и вытеснению русской выхухоли (*Desmana moschata*). Ондатра распространилась почти по всей территории страны, кроме Севера. В дальнейшем это, вероятнее всего, приведет к вымиранию русской выхухоли, несмотря на в значительной мере донкихотские действия человека по ее сохранению¹⁰ (на особо охраняемых природных территориях или в искусственных условиях в зоопарках, в криобанках; все это, естественно, поможет сохранить отдельных представителей выхухоли для наших потомков, что в дальнейшем даст возможность использовать генофонд этого вида в рамках генной инженерии). Имеются и более оптимистические примеры. Интродукция восточно-индийской красной лилии, или лотоса (*Nymphaea rubra*), в термальное озеро Хевиз (Венгрия) в 1898 г. оказалась удачной, украсила ландшафт озера, привлекая многочислен-

⁷ Необходимо учитывать, что вымирание одного из двух оказавшихся в одной экологической нише видов также долговременный процесс. Согласно исследованиям А. С. Алексеева [1998], период низкого таксономического разнообразия при массовых вымираниях может составлять от 1–2 до 5–6 млн лет, а разница от дестабилизирующего толчка до восстановления предшествующего биоразнообразия – до 10–15 млн лет.

⁸ Инвазия [от лат. *invasio* – нашествие, нападение] – в экологии вторжение на какую-либо территорию нехарактерного для нее вида, включение в сообщество новых для него видов.

⁹ Интродукция [от лат. *introducio* – введение] – распространение животных и растений (называемых интродуцентами) за пределы естественного ареала. Существует некоторая неопределенность в соотношении понятий «инвазивные», «интродуцированные» и «синантропные» (то есть связанные с человеком) виды.

¹⁰ Интересно, что расширяющаяся деятельность человека по сохранению исчезающих видов при огромной антропогенной нагрузке на биосферу в значительной мере напоминает активизацию процессов глокализации в противовес глобализации.

ных посетителей, а изображение цветка лотоса стало частью герба курортного городка Хевиз.

Подобных примеров можно привести множество. Разработаны различные списки инвазивных видов¹¹, которые включают виды животных и растений, случайно занесенных человеком (или распространившихся по созданным человеком коридорам) в новые для них регионы, где они успешно приживаются, начинают размножаться и захватывать другие территории. Инвазивные виды негативно влияют на местную фауну и флору, отчего часто становятся карантинными объектами.

Как свидетельствуют многочисленные данные, деятельность человека (особенно в последние два века) как основного агента глобализации увеличила темпы вымирания (табл. 2). Непродуманная интродукция, повсеместное выращивание ограниченного количества сельскохозяйственных культур на огромных пространствах привели к сокращению разнообразия мест обитания диких видов, заселению местных экологических ниш аналогичными видами с иных территорий (рис. 2) и соответственно к вытеснению местных видов пришельцами.

Таблица 2

Число видов позвоночных, находящихся под угрозой полного исчезновения по регионам [GEO-3... 2002]

Регион	Млекопитающие	Птицы	Рептилии	Амфибии	Рыбы	Всего
Африка	294	217	47	17	148	723
Азия и Океания	526	523	106	67	247	1469
Европа	82	54	31	10	83	260
Южная Америка	275	361	77	28	132	873
Северная Америка	51	50	27	24	117	269
Западная Азия	0	24	30	8	9	71
Полярные регионы	0	6	7	0	1	14

Таким образом, с эволюционных позиций деятельность человечества можно воспринимать как ускоритель эволюции и, возможно, как подготовку к дальнейшему распространению наиболее устойчивых в современных условиях видов за пределы Земли.

¹¹ Группой специалистов по инвазивным видам Международного союза охраны природы (IUCN) был составлен список из 100 самых опасных инвазивных видов. В него включены организмы, оказавшие наибольшее негативное влияние на деятельность человека и аборигенные виды. Список включает 56 видов животных, 36 видов растений, 3 вида грибов, 3 вида хромистов, 1 вид простейших и 2 вируса.

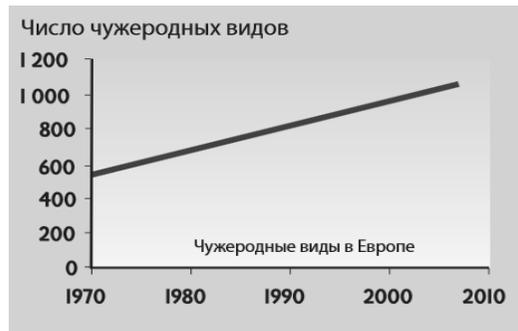


Рис. 1. Динамики численности инвазивных видов в Европе [Глобальная... 2010]

Что касается геодинамики, то следующий цикл вымирания, возможно, будет обусловлен образованием так называемой Пангеи Ультимы – гипотетического суперконтинента, который предположительно образуется через 200–300 млн лет путем слияния большей части современных материков. По гипотезе американского геолога Х. Скотезе, ядром будущего континента станут объединившиеся Африка, Евразия и Северная Америка (рис. 2). При этом Британские острова окажутся в районе Северного полюса, в то время как Аляска и Сибирь переместятся в субтропики. Однако в силу предшествующих глобализационных процессов это вымирание будет, скорее всего, менее существенным, чем наблюдавшиеся ранее в истории биосферы.

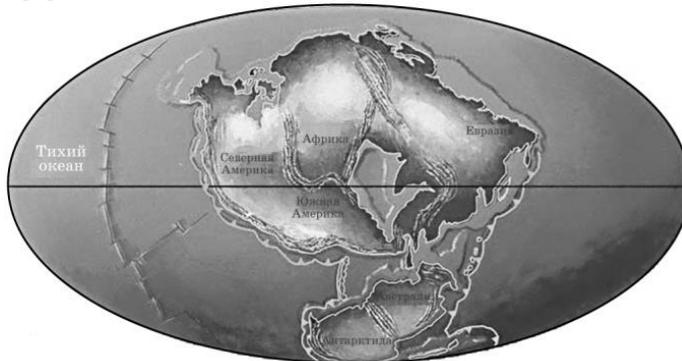


Рис. 2. Предполагаемое расположение континентов Пангеи Ультимы [Continents... 2000; см. также сайт: www.scotese.com]

Выводы

1. Дрейф материков является одним из важнейших факторов динамики биоразнообразия; обусловленное геодинамикой движение материковых плит, периодическое слияние материков и соответствующее снятие географических барьеров представляет собой одну из важнейших причин массовых вымираний в биосфере Земли. В результате перемещения и слияния материков естественным образом меняются и климатические условия (материки могут оказаться как на экваторе, так и на полюсах), что также является важным фактором динамики биоразнообразия.

2. Снижение разнообразия в результате массовых вымираний при объединении материков способствовало сохранению и дальнейшей эволюции наиболее приспособленных видов, которые в ходе последующего расхождения материков давали начало новым перспективным видам.

3. Процессы глобализации, активно наблюдающиеся в настоящее время, действуют аналогично объединению материков, снимая географические барьеры, и также могут служить причиной для нового периода существенного снижения биоразнообразия.

4. Учитывая дискусионность датировок при определении рубежей геохронологической шкалы, надеемся, что дальнейшее уточнение периодов объединения – расхождения различных материковых плит и периодов массовых вымираний позволит более обоснованно выделить главные причины динамики биоразнообразия.

Литература

Алексеев А. С. Массовые вымирания в фанерозое: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1998. (Alekseev A. S. Mass extinctions in the Phanerozoic: Dr. Sci. in Geology and Mineralogy Dissertation. Moscow: Moscow University Press, 1998).

Биологический энциклопедический словарь. М. : Советская энциклопедия, 1988. (Biological Encyclopedic Dictionary. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1988).

Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. М., 1991. (Vernadsky V. I. Scientific thought as a planetary phenomenon. Moscow, 1991).

Глобальная перспектива в области биоразнообразия 3. Краткий обзор. Монреаль : Секретариат Конвенции о биологическом разнообразии, 2010. (Global perspective in the field of biodiversity 3. A brief review. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2010).

Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. Л. : Наука, 1991. (Darwin Ch. The origin of species by means of natural selection. Leningrad: Nauka, 1991).

Красилов В. А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М. : ВНИИ природы, 1992. (Krasilov V. A. Conservation: principles, problems, priorities. Moscow: All-Russian Research Institute of the Environment, 1992).

Нигматзянов Р. Первопричина катастроф в истории Земли [Электронный ресурс]. 2014. URL: <http://n-t.ru/tp/ng/pk.htm>. (Nigmatzyanov R. Primary cause of catastrophes in the history of Earth [Electronic resource]. 2014. URL: <http://n-t.ru/tp/ng/pk.htm>).

Пушаровский Ю. М. Главная структурная асимметрия Земли // Соросский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 10. С. 59–65. (Pushcharovsky Yu. M. Main structural asymmetry of the Earth // Soros Educational Journal. 2000. Vol. 6. No. 10. Pp. 59–65).

Снакин В. В. Экология и природопользование в России. М. : Academia, 2008. (Snakin V. V. Ecology and environmental management in Russia. Moscow: Academia, 2008).

Снакин В. В. Глобальные экологические процессы и эволюция биосферы: Энциклопедический словарь. М. : Academia, 2014. (Snakin V. V. Global ecological processes and the evolution of the biosphere: Encyclopedic dictionary. Moscow: Academia, 2014).

Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. Развитие Земли. М. : Изд-во МГУ, 2002. (Sorokhtin O. G., Ushakov S. A. Development of the Earth. Moscow: Moscow State University Press, 2002).

Ушаков С. А. От гипотезы дрейфа материков к теории глобальной тектоники [Электронный ресурс] : Наука и человечество. 1983. Земля. URL: http://www.oldbooks.matrixboard.ru/index_1983-021.htm. (Ushakov S. A. From continental drift hypothesis to the theory of global tectonics [Electronic resource]: Science and mankind. 1983. The Earth. URL: http://www.oldbooks.matrixboard.ru/index_of_1983-021.htm).

Федонкин М. А. Биосфера: четвертое измерение // Природа. 1991. № 9. С. 10–18. (Fedonkin M. A. Biosphere: the fourth dimension // Nature. 1991. No. 9. Pp. 10–18).

Хаин В. Е. Основные проблемы современной геологии. М. : Научный мир, 2003. (Khain V. E. Main problems of modern geology. Moscow: Scientific world, 2003).

Хронология эволюции [Электронный ресурс] : Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D5%F0%EE%ED%EE%EB%EE%E3%E8%FF_%FD%E2%EE%EB%FE%F6%E8%E8. (Chronology of evolution [Electronic resource]: Wikipedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D5%F0%EE%ED%EE%EB%EE%E3%E8%FF_%FD%E2%EE%EB%FE%F6%E8%E8).

Continents in Collision: Pangea Ultima [Электронный ресурс] 2000. Nasa Science. URL: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast06oct_1/

GEO-3: Global Environment Outlook. N. p. : UNEP, 2002.