

## ВЕЛИКИЕ ВЫМИРАНИЯ ВИДОВ И ДРЕЙФ МАТЕРИКОВ

**В.В. Снакин**<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова (Музей Землеведения), Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт Фундаментальных Проблем Биологии РАН, Москва, Россия

### GREAT EXTINCTION AND CONTINENTAL DRIFT

**V.V. Snakin** (Moscow State University (the Earth Sciences Museum); Institute of Basic Biological Problems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia)

**Резюме.** В качестве причин скачков в динамике биоразнообразия (так называемых массовых вымираний видов) в научной литературе рассматриваются самые различные факторы (вулканизм, астероиды, климат и др.). Но все эти причины пытаются объяснить лишь отдельные эпизоды вымираний и не являются универсальными. Автор предлагает единый подход к анализу великих вымираний, основанный на изменении степени географической изоляции видов вследствие геодинамики: дрейфа материков и вертикальных тектонических движений земной коры. Снятие географических барьеров при объединении материков приводит к сокращению числа экологических ниш, к объединению различных видов в одной нише и, в соответствии с правилом конкурентного исключения, к массовым вымираниям видов, а географическое разобщение видов (при расхождении материков, в результате трансгрессии моря) к новому витку эволюции и увеличению биоразнообразия. Этот же механизм объясняет современную ситуацию снижения биоразнообразия: глобализирующая деятельность человека ведет к снижению степени изоляции видов вследствие интродукции и инвазии и, соответственно, может вызвать новый скачок в динамике биоразнообразия.

**Abstract.** Reasons for the leaps in biodiversity dynamics (the so-called mass extinctions of species) in scientific literature are considered a variety of factors (volcanoes, asteroids, climate, etc.). But all these reasons are not universal and are trying to explain just the individual episodes of extinctions. The author proposes a unified approach to the analysis of great extinctions based on the change in the degree of geographic isolation of species due to geodynamics: continental drift and vertical tectonic movements of the crust. Removal of geographical barriers in continents unification process leads to reduction in the number of ecological niches as well as unification of the different species in the same niche and in accordance with the rule of competitive exclusion to mass extinctions. But the geographical separation of species (with the divergence of the continents as a result of the transgression of the sea) leads to a new round of evolution and increased biodiversity. The some mechanism explains the current situation of biodiversity loss. Globalizing human activity leads to decrease in the degree of isolation of species as a result of the introduction and invasion and accordingly may trigger a new leap in the dynamics of biodiversity.

**Ключевые слова:** динамика биоразнообразия, массовые вымирания видов, геодинамика, дрейф материков, регрессия моря, географические барьеры, изоляция, принцип конкурентного исключения, глобализация, эволюция биосферы.

**Keywords:** dynamics of biodiversity, mass species extinction, geodynamics, continental drift, sea regression, geographical barriers, isolation, the principle of competitive exclusion, globalization, the evolution of the biosphere.

\*Снакин Валерий Викторович, д.б.н., профессор, зав. сектором Музея землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова; зав. лабораторией ландшафтной экологии Института Фундаментальных Проблем Биологии РАН, e-mail: [snakin@mail.ru](mailto:snakin@mail.ru)

**Поступила в редакцию:** 7 Февраля 2017

## 1. Введение

Динамика биоразнообразия на планете представляет собой один из важнейших и интереснейших показателей эволюционных процессов в биосфере. Как свидетельствуют материалы палеонтологов, за более чем четырехмиллиардную историю биосферы биоразнообразие драматически изменялось на фоне общей гиперболической тенденции роста. При этом отмечаются несколько (преимущественно пять) периодов, когда вымирание носило массовый характер и биоразнообразие резко снижалось. Такие катаклизмы случились в конце мелового периода (примерно 66 млн лет назад, когда вымерли динозавры), в конце триасового периода (200 млн лет назад), на границе между палеозойской и мезозойской геологическими эрами (самое большое пермское вымирание 250 млн лет назад, когда погибло более 90 % видов), девонское вымирание (360 млн лет назад), ордовикско-силурийское вымирание (440 млн лет назад). Как правило, в промежутках между массовыми вымираниями биоразнообразие восстанавливалось и перед очередным вымиранием превосходило свой прежний уровень.

Следует заметить, что вымирание видов в результате естественных процессов – нормальное явление, сбалансированное в геологическом времени появлением новых видов. По имеющимся оценкам [2], 95 % всех когда-либо существовавших видов на Земле уже вымерли; время существования видов — от 1 до 10 млн лет.

Согласно Ч. Дарвину [19], вымирание видов и целых групп видов, игравшее такую выдающуюся роль в истории органического мира, является почти неизбежным следствием принципа естественного отбора. По В.А. Красилову [5], вымирание – способ регуляции разнообразия в переменных условиях, ослабляющий конкуренцию. «Для биосферы вымирания были благом, как для вида благом является смерть особи от старости. В обоих случаях отсекаются носители косной наследственной информации, сдерживающей эволюцию» [15].

Тем не менее, важно понять, с чем связаны наблюдаемые в истории биосферы скачки в динамике биоразнообразия, что послужило «толчком» для массовых вымираний?

В качестве возможных причин массовых вымираний, точность определения времени и длительность которых оцениваются порой миллионами и даже десятками [3] миллионов лет, рассматривают несколько процессов. Наиболее популярными являются: космические катастрофы (столкновения с астероидами), вулканизм, трапповый магматизм, генетические проблемы, изменения климата, смена магнитных полюсов, болезни, антропогенный фактор [4, 8, 12, 16, 21 и мн. др.].

Все эти разные по природе процессы пытаются объяснить причину конкретных великих вымираний в силу совпадения по времени с другими существенными событиями на Земле. Естественно, что каждый из рассматриваемых факторов мог в определенной степени влиять на численность тех или иных видов. Но ни одна из рассматриваемых причин не

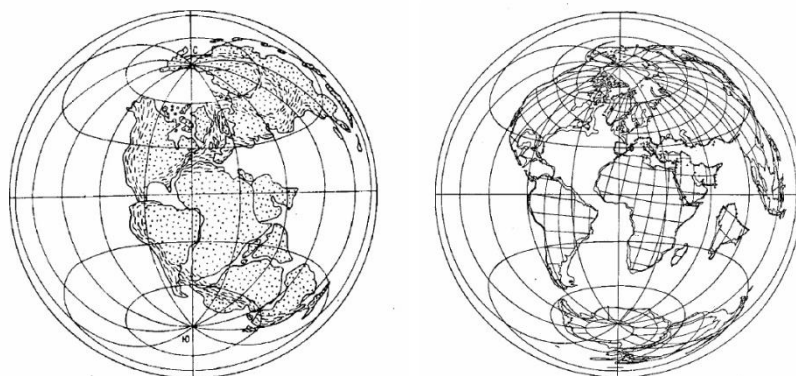
объясняет вполне явление массовых вымираний и не является универсальной. При этом практически каждому вымиранию приписывается индивидуальная причина, что естественно обесценивает достоверность имеющихся объяснений.

Поскольку массовые вымирания повторялись в истории биосферы неоднократно, то, на наш взгляд, должна быть одна вызывающая эти биосферные кризисы причина. Ниже рассматривается новая более универсальная гипотеза о причинах, вызывающих массовые вымирания, ранее частично рассмотренная в работах [10, 11, 12, с. 141] и основанная на анализе геодинамики.

## 2. Тектоника литосферных плит и массовые вымирания

Одним из глобальных процессов, изменяющих степень географической изоляции, является дрейф тектонических плит, в результате которых происходит периодическое объединение материков и, соответственно, соединение в одной экологической нише нескольких популяций различных видов, а затем разъединение популяций выживших видов при расхождении тектонических плит.

Предполагается, что образование единого суперконтинента в различных частях Земли и дальнейшее расхождение материков происходило неоднократно: Кенорленд, или Моногея (образовался ок. 2,7 млрд лет назад в неоархее); Колумбия, или Нуна, или Метагея (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 – рис. 1). Изучение перемещения плит показало, что такое объединение блоков континентальной коры происходит регулярно, и следующий суперконтинент Пангея Ультима образуется через 200–300 млн лет (рис. 2). Объединения и расхождения отдельных материковых плит друг с другом, естественно, происходили гораздо чаще.



**Рис. 1.** Реконструкция Пангеи Вегенера (ок. 200 млн лет назад) и ее распад (ок. 60 млн лет назад) (по [13]).

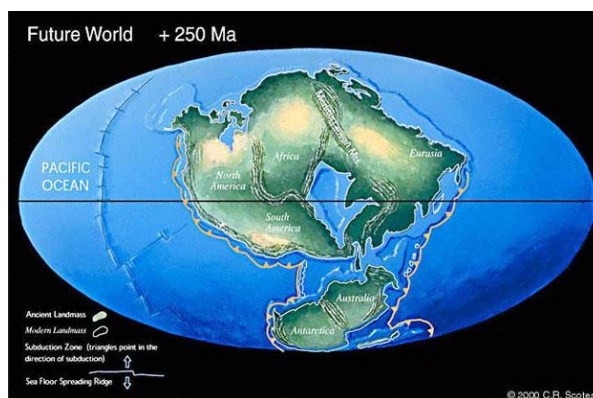


Рис. 2. Предполагаемое расположение континентов Пангеи Ультивы (по [18]).

Как справедливо отмечал С.А. Ушаков [14], «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 объединённых пространствах оказывалось несколько видов в одной экологической нише, в результате возрастала межвидовая конкуренция. Согласно *правилу конкурентного исключения* (принцип Г. Гаузе), два или более вида не могут устойчиво сосуществовать в ограниченном пространстве, если они занимают одну и ту же экологическую нишу [1, 12]. Процесс конкуренции при этом всегда протекает до полного вытеснения одного вида другим. Виды, менее приспособленные к условиям окружающей среды, вымирают.

Так, при объединении, например, шести материковых плит в одной экологической нише может гипотетически оказаться до шести различных видов, пять из которых эволюционно обречены на вымирание.

Аналогичные процессы происходят на океанических просторах, где вместо нескольких географически обособленных океанов и морей образуется единый Мировой океан (см. рис. 1, 2). При этом резко сокращаются число экологических ниш (огромная их часть просто уничтожается при объединении плит) и площадь шельфовой зоны, отличающейся богатым биоразнообразием. Разбег материковых плит, напротив, означает создание новых экологических ниш и существенное ускорение видообразования. В морской среде в отличие от суши, где столкновение материковых плит ведет к горообразованию (фактору, уменьшающему возможности перемещения видов), гораздо меньше географических препятствий для объединения местообитаний видов. Возможно, поэтому палеонтологические исследования отмечают при

массовых вымираниях именно огромные потери морских видов.

Выжившие, наиболее эволюционно развитые (приспособленные) виды, при дальнейшем разбегании материков в условиях географической изоляции дают начало новому витку видообразования, превосходящему предыдущий. Дальнейшее сближение материков в новых географических условиях ведёт к новому циклу вымирания и последующему (при расхождении плит) возрастанию разнообразия более совершенных видов, наиболее приспособленных к условиям окружающей среды.

Таким образом, объединение материков и сопровождающее это объединение снижение разнообразия (вымирание) способствовали сохранению и дальнейшей эволюции наиболее приспособленных видов, которые в ходе дальнейшей географической изоляции давали начало новым еще более перспективным видам.

Анализируя данные и обобщения различных авторов [8, 9, 12, 16 и др.], можно заметить неоднократное совпадение объединения–расхождения материков с периодами массовых вымираний видов и ускорения видообразования. При этом стоит отметить, что реконструкция объединения–расхождения материковых плит не может считаться завершённой. Датировки массовых вымираний также пока весьма ориентировочны. Кроме того, как правило, чаще обсуждают феномен полного объединения всех материков, но для ускорения процессов вымирания видов достаточно объединения двух материковых плит.

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

Естественно, что данная гипотеза не объясняет причин вымирания каждого конкретного вида (при этом «срабатывает» самое уязвимое у вида место: болезни, генетические проблемы, неприемлемость климатических изменений, проблемы с пищевыми ресурсами или что-либо иное), но она показывает еще один эволюционный аспект взаимодействия геологической основы и биосферы.

### **3. Вертикальные тектонические движения и эволюция**

Восходящие и нисходящие движения земной коры, как и дрейф материковых плит, приводят к изменениям фактора географической изоляции (трансгрессии и регрессии морей) и к соответствующим изменениям биоразнообразия. Так, ситуация с позднеплейстоценовым вымиранием мегафауны в период 20–4 тыс. лет назад (в Северной Евразии вымерло около 36 % крупных млекопитающих, в Северной Америке – около 72 %) может быть объяснена периодическим образованием суперконтинента (Евразия–Америка) благодаря Берингову перешейку. Изучение древних отложений на дне моря по обе стороны современного Берингова пролива показало, что за последние 3 млн лет территория Берингии поднималась и вновь уходила под воду примерно 6 раз [21]. При каждом соединении



материков из Старого Света в Новый и обратно происходили миграции животных. Последний раз Евразия и Северная Америка разъединились 10–11 тыс. лет назад, а перешеек перед этим существовал 15–18 тыс. лет. Из крупных травоядных в это время вымерли мамонт и шерстистый носорог, в то время как северный олень, дикая лошадь и единственный представитель рода овцебыков – мускусный бык (*Ovibos moschatus*) – сохранились до сих пор. Из крупных хищников вымерли гигантские ленивцы, саблезубые львы и пещерные медведи.

#### 4. Деятельность человека. Шестое массовое вымирание видов?

Активная глобализирующая деятельность человека (глобализация) в значительной мере действует аналогично слиянию материков, снижая действие фактора географической изоляции. Преднамеренные (интродукция) и случайные перемещения животных и растений (инвазии) с помощью человека приводят к росту конкурентной борьбы между видами, оказавшимися в одной экологической нише.

Инвазия и интродукция – важнейшие в экологическом отношении проявления глобализации, увеличивающие давление на местные виды и ведущие к их вымиранию. Так, преднамеренный завоз в Европейскую Россию в 20-х годах прошлого века ондатры (*Ondatra zibethicus*) с хозяйственной целью привёл к заселению водоёмов этим видом и вытеснению русской выхухолы (*Desmana moschata*). Ондатра распространилась почти по всей территории России, кроме Севера. В дальнейшем это вероятнее всего приведёт к вымиранию русской выхухолы, несмотря на предпринимаемые человеком меры по её сохранению (на особо охраняемых природных территориях, в зоопарках, в криобанках). Эти меры помогут сохранить отдельных представителей выхухолы для наших потомков, что в дальнейшем даст при необходимости возможность использовать генофонд этого вида в рамках генной инженерии.

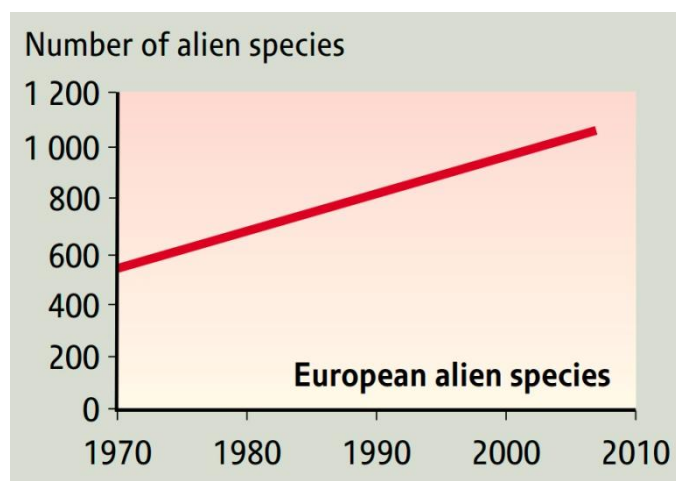
Подобных примеров можно привести множество. Разработаны списки инвазивных видов, которые включают виды животных и растений, случайно занесенные человеком (или распространившиеся по созданным человеком коридорам) в новые для них регионы, где они успешно приживаются, начинают размножаться и захватывать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

Как свидетельствуют многочисленные данные, деятельность человека, как основного агента глобализации в современных условиях, увеличила темпы вымирания (таблица). Непродуманная интродукция, повсеместное выращивание ограниченного количества сельскохозяйственных культур на огромных пространствах привели к сокращению разнообразия мест обитания диких видов, заселению местных экологических ниш биологическими видами с иных территорий (рис. 3) и, соответственно, к вытеснению аборигенных видов пришельцами.

**Таблица.** Число видов, находящихся под угрозой глобального вымирания в некоторых странах умеренного климата [23].

Страна	Млекопитающие		Птицы		Рептилии		Амфибии		Растения	
	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%
Аргентина	320	8,4	897	4,6	220	2,3	145	3,4	9000	1,9
Канада	193	3,6	426	1,2	41	7,3	41	2,4	2920	22,2
Китай	394	19	1100	8,2	340	4,4	263	0,4	30000	1,1
Япония	132	22	>250	13,2	66	12,1	52	19,2	4700	15
Россия	269	11,5	628	6,1	58	8,6	23	0,0	-	-
ЮАР	247	13,4	596	2,7	299	6,4	95	9,5	23000	4,1
Великобритания	50	8	230	0,9	8	0	7	0	1550	1,8
США	428	8,2	650	7,7	280	10	233	10,3	16302	11,3

\*Включает категории МСОП «под большой угрозой», «под угрозой» и «уязвимые»

**Рис. 3.** Динамики численности инвазивных видов в Европе [20].

В настоящее время в связи с многочисленными признаками кризисных явлений в биосфере многие авторы пишут о наступлении очередного великого вымирания видов. Так, в работе коллектива учёных из Стэнфордского университета (США) [17] на основании подсчета частоты исчезновения млекопитающих и растений утверждается, что в XX веке скорость вымирания видов выросла в 114 раз. По мнению авторов этой работы, темпы вымирания животных в последние два столетия стремительно приближаются к тому, с какой скоростью исчезали представители флоры и фауны 66 млн лет назад, когда исчезли динозавры, морские рептилии и птерозавры, и это может привести к шестому великому вымиранию.

Справедливости ради следует отметить, что глобализирующая деятельность человека помогает заполнить новые образующиеся на антропогенных территориях экологические ниши. Так, например, популяция

попугаев какаду (*Cacatuidae*) обосновалась в мегаполисе Сиднее, а попугай желтоголовых амазонов (*Amazona oratrix*) в Штутгарте (Германия), весьма далеко от их естественных ареалов обитания. Попугай-монахи (*Myiopsitta monachus*) расселились в Буэнос-Айресе благодаря введению в культуру человеком древесных пород, необходимых для их гнездования и уверенно вытесняют из городской среды голубей. Попугай-монахи освоили также окрестности Храма Святого Семейства (Саграда Фамилия) в Барселоне. При этом важен также более теплый климат городов и наличие пищи, что обеспечивает лучшее воспроизводство этих популяций даже в сравнении с родными местами.

Человек создаёт новые местообитания, активно используемые дикими видами в ходе миграции. Так, среди ключевых орнитологических территорий, имеющих международное значение, выделяемых Международным советом охраны птиц (BirdLife International), немало искусственных мест, ставших важными для гнездования, линьки, зимовки и остановок на пролете и в конечном итоге для выживания многих видов птиц. Из 311 выделенных на Европейской территории России таких ключевых орнитологических территорий более 20 имеют явное антропогенное происхождение [7, с. 466–467]. Таким образом, деятельность человека, с одной стороны, сужает ареалы диких видов, а с другой, – предоставляет возможность, частично целенаправленно, частично как бы случайным образом, расширить территории, доступные для адаптации и обитания многих биологических видов.

Следовательно, с эволюционных позиций глобализирующую деятельность человека можно воспринимать как ускоритель эволюции, как важный фактор искусственного отбора и, возможно, как подготовку к дальнейшему распространению наиболее устойчивых в современных условиях видов за пределы Земли.

## 5. Заключение

Вымирание видов является важной частью процесса постоянного их совершенствования в целях максимального использования ресурсов среды, изменяемой в свою очередь и в свою пользу новыми видами. Основным механизмом массовых вымираний является межвидовая конкуренция в соответствии с правилом конкурентного исключения, достигающая пиковых значений при объединении материков и, соответственно, соединении занимающих схожие экологические ниши видов на одной территории. В процессе элиминирования вида существенным является наличие у него «слабых» с точки зрения конкуренции мест (болезни, климатические предпочтения, пищевые ресурсы и т.п.).

Космические и земные катастрофы, генетические факторы, постоянно идущие (порой циклические) климатические изменения, деятельность человека, болезни, фактор случайности несомненно играли и играют большую роль в видообразовании и динамике биоразнообразия. Но при этом геодинамика (дрейф материков, вертикальные движения земной коры)



претендует считаться важнейшей причиной скачков биоразнообразия, провоцируя и изменения климата, и конфигурацию и площадь ареалов видов, особенно в шельфовой зоне.

Предложенная гипотеза причин скачков в динамике биоразнообразия объясняет и феномен позднеплейстоценового вымирания мегафауны в Северной Евразии и Северной Америке в результате трансгрессии и регрессии моря, а также современные процессы потери видов в условиях глобализации.

Конечно, речь идет о весьма схематичной гипотезе. Реальные процессы всегда сложнее теоретических выкладок. Биологические виды постоянно совершенствуются в постоянно меняющихся внешних условиях, связанных с климатическими изменениями, с космическими факторами, вулканическими процессами и т.п., что вызывает постоянно идущий процесс обновления и совершенствования видов. При этом *одним из важнейших иницилирующих массовые вымирания факторов являются тектонические движения*. И можно только удивляться мудрости природы, использующей даже такие казалось бы неблагоприятные для биоты явления в целях совершенствования видов и новых эволюционных достижений.

## 6. Выводы

- Тектонические движения земной коры, вызывающие периодическое объединение и разъединение материков и соответственно изменяющие степень географической изоляции видов, предлагается рассматривать в качестве главной причины выделяемых палеонтологами скачков в динамике биоразнообразия (массовых вымираний видов), неоднократно имевших место в истории биосферы.
- Массовые вымирания провоцируются движениями материковых плит и их периодическим слиянием и расхождением, что изменяет как степень географической изоляции видов, так и климатические условия, и особенно площадь шельфовых зон. Основным механизмом массовых вымираний при объединении материков в соответствии с правилом конкурентного исключения является конкуренция видов, оказавшихся при этом в одной экологической нише.
- Снижение разнообразия в результате массовых вымираний при объединении материков в условиях непрерывно изменяющейся природной среды способствовало сохранению и дальнейшей эволюции наиболее приспособленных видов, которые в ходе последующего расхождения материков давали начало новым более перспективным видам, всё более широко и полно использующим природные ресурсы.
- Процессы глобализации, обусловленные деятельностью человека, действуют аналогично объединению материков, снимая географические барьеры и увеличивая степень межвидовой конкуренции, что также является поводом для нового периода снижения биоразнообразия и может дать начало очередному (шестому) великому вымиранию. Таким образом, деятельность человека за счет процессов интродукции и содействия

инвазии чужеродных видов ускоряет естественные процессы эволюции, в значительной степени нивелируя влияние факторов геодинамики на биоразнообразиие.

- Важно также отметить, что одновременно с сокращением естественных ареалов многих видов человек создает новые экологические ниши и способствует их заселению. Ставшая по сути глобальной деятельность человека по охране редких и исчезающих видов способствует сохранению генофонда и существенно увеличивает эволюционную роль искусственного отбора.
- Учитывая дискуссионность датировок при определении рубежей геохронологической шкалы, дальнейшее уточнение периодов объединения–расхождения различных материковых плит и периодов массовых вымираний позволит создать более точную модель динамики биоразнообразия, которую необходимо учитывать при разработке природоохранной политики.

### Литература

1. Биологический энциклопедический словарь, Москва, Советская энциклопедия, 1988, 432 с.
2. Дронин Н., (2015) Для того чтобы делать выводы о катастрофическом сокращении биоразнообразия на Земле, у нас слишком мало данных, Постнаука, 7 августа (<https://postnauka.ru/talks/51241>)
3. Журавлев А., (2015) Масштабы наступления человека на природу приняли необратимый характер, Постнаука, 7 августа (<https://postnauka.ru/talks/51241>)
4. Иванов О.П., Снакин В.В., (2015) О причинах биосферных кризисов, *Биология в школе*, 9, 52–62.
5. Красилов В.А., (1992) Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. Москва, ВНИИприроды, 173 с.
6. Леви К.Г., Задонина И.В., (2012) Позднеплейстоцен-голоценовое вымирание. Причины и следствия, *Известия Иркутского Гос. Ун-та, Серия Геоархеология, Этнология. Антропология*, 1(1), 68–90.
7. Национальный атлас России, (2007) Природа. Экология. Москва, Роскартография, 2, 466–467.
8. Нигматзянов Р., (2014) Первопричина катастроф в истории Земли (<http://n-t.ru/tp/ng/pk.htm>).
9. Пушаровский Ю.М., (2000) Главная структурная асимметрия Земли, *Соровский обр. журнал*, 6(10), 59–65.
10. Снакин В.В., (2016а) Массовые вымирания видов животных в истории биосферы Земли: еще одна гипотеза, *Изв. РАН, Сер. Географическая*, 5, 82–90.
11. Снакин В.В., (2016б) Географическая изоляция видов как фактор глобальной динамики биоразнообразия, *Жизнь Земли*, 38(1), 52–61.
12. Снакин В.В., (2008) Экология и природопользование в России: Энциклопедический словарь, Москва, Academia, 816 с.
13. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А., (2002) Развитие Земли, Москва, Изд-во МГУ, 506с.
14. Ушаков С.А., (1983) От гипотезы дрейфа материков к теории глобальной тектоники, Наука и человечество. Земля (<http://www.oldbooks.matrixboard.ru/index1983-021.htm>).

15. Федонкин М.А., (1991) Биосфера: четвертое измерение, *Природа*, 9, 10–18.
16. Хронология эволюции (<https://ru.wikipedia.org/wiki/>).
17. Ceballos G., Ehrlich P., Barnosky A, García A., Pringle R., Palmer T., (2015) Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction, *Science Advances.*, 19 Jun: 1(5).  
(<http://advances.sciencemag.org/content/advances/1/5/e1400253.full.pdf>)
18. Continents in Collision: Pangea Ultima, NASA Science. October 6, 2000 ([http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast06oct\\_1/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast06oct_1/))
19. Darwin C., (1859) *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*, London: John Murray, Albemarle street, 574 p.
20. Global Biodiversity Outlook 3. Montreal (Quebec, Canada): Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2010, 95 p.
21. Lorenzen E.D., Nogués-Bravo D., Orlando L. et al., (2011) Species-specific responses of Late Quaternary megafauna to climate and humans, *Nature*, 479, 359-364.
22. Polishchuk L.V., (2010) The three-quarter-power scaling of extinction risk in Late Pleistocene mammals, and a new theory of the size selectivity of extinction, *Evolutionary Ecology Research*, 12, 410-412.
23. Primack R., (1998) *Essentials of Conservation Biology*, Second Edition, Sunderland, MA: Sinauer Associates.