

УДК 550.7

**Г. И. РУДЬКО**, д-р геол.-мин. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, проф., **А. Р. БАЛА**

*Государственная комиссия Украины по запасам полезных ископаемых, г. Киев,  
[office@dkz.gov.ua](mailto:office@dkz.gov.ua)*

## **БИОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ. СЦЕНАРИИ ТЕХНОГЕНА**

Рассмотрена биогеологическая история Земли как процесс непрерывной трансформации и постоянной адаптации от первичных форм жизни к ее современному состоянию.

Развитие жизни на Земле происходило при условии изменений геологических процессов, химического состава атмосферы и водной среды, в периоды между глобальными катастрофами. В результате более чем за 3,8 млрд лет сформировалась антропогенная система «человек – геологическая и смежная среда», которая трансформировала биосферу согласно потребностям человека, создав прецедент несоответствия потребностей человечества и ресурсов биосферы.

Определены основные сценарии развития человека и биосферы вследствие техногена. По результатам выполненных исследований определены биогеологические условия развития жизни на Земле. Исследованы сценарии хода техногена и роль человека в условиях интенсивной трансформации биосферы за счет техногенной деятельности.

**Ключевые слова:** биосфера, биота, геодинамика, геологическая среда, экологическая безопасность, экологическая катастрофа, стратиграфический подраздел.

### **Рудько Г. І., Бала А. Р. БІОГЕОЛОГІЧНА ІСТОРІЯ ЗЕМЛІ. СЦЕНАРІЇ ТЕХНОГЕНУ**

Розглянута біогеологічна історія Землі як процес безперервної трансформації і постійної адаптації від первинних форм життя до її сучасного стану.

Розвиток життя на Землі відбувався за умови змін геологічних процесів, хімічного складу атмосфери і водного середовища, в періоди між глобальними катастрофами. В результаті більш ніж за 3,8 млрд років сформувалася антропогенна система «людина – геологічне і суміжне середовище», яка трансформувала біосферу згідно потреб людини, створивши прецедент невідповідності потреб людства і ресурсів біосфери.

Визначено основні сценарії розвитку людини і біосфери внаслідок техногену. За результатами виконаних досліджень визначено біогеологічні умови розвитку життя на Землі. Досліджено сценарії ходу техногену і роль людини в умовах інтенсивної трансформації біосфери за рахунок техногенної діяльності.

**Ключові слова:** біосфера, біота, геодинаміка, геологічне середовище, екологічна безпека, екологічна катастрофа, стратиграфічний підрозділ.

### **Rudko G. I., Bala A. R. THE BIOGEOLOGICAL HISTORY OF THE EARTH. SCENARIOS OF TECHNOGENE**

The biogeological history of the Earth as a process of continuous transformation and adaptation from the primary forms of life and till its current state had been considered in the present article.

The development of life on the Earth had started due to the changes of geological processes, changes of the chemical composition of the atmosphere and the aquatic environment, within the period of global catastrophe. As a result of more than 3.8 billion years the anthropogenic system «human – geological and related environment» was formed; it transformed the biosphere in accordance with the needs of human, creating the precedent of inconsistency between human needs and biosphere resources.

The basic scenarios of human and biosphere development within the technogene were defined. The results of studies helped to identify the biogeological conditions of the Earth life. The article investigates scenarios of technogene development as well as the role of human under the conditions of intensive biosphere transformation due to the anthropogenic activities.

**Keywords:** biosphere, biota, geodynamics, geological environment, environmental safety, environmental disaster, stratigraphic unit.

За последние 20 лет в геологической науке произошел значительный информационный прорыв относительно этапов формирования и развития жизни на Земле. Ав-

торы приводят собственную концепцию основных биогеологических этапов на основе проанализированной информации. Целью исследования является биогеологическая история Земли как модель развития

жизни в Галактике и на планетах Солнечной системы.

Возраст Земли как планетарного тела составляет около 4,8 млрд. лет, древние породы, в которых найдено углерод органического происхождения, имеют возраст примерно 3,8 млрд. лет. Первые достоверные следы жизни, вероятно, появились на Земле одновременно с первыми вероятными следами воды [6].

На сегодня одной из самых обсуждаемых теорий происхождения жизни на Земле является теория панспермии, то есть космического происхождения первичной живой материи. Об этом свидетельствует нахождение в метеоритах органических соединений, fossilized примитивных организмов. Российские исследователи обнаружили в углистых хондритах (метеоритах) fossilized цианобактерии и, возможно, несовершенные грибы, американские специалисты нашли следы бактерий в обломках пород с Марса, а группа ученых из Университета Кардиффа недавно идентифицировала в обломках метеорита, упавшего в конце 2012 года на

территорию Шри-Ланки, fossilized остатки диатомовых водорослей [10, 15].

Жизнь развивалась синхронно с геологическим развитием планеты (рис. 1). По некоторым предположениям в начале протерозоя существовал единый континент Мегатея, который был окружен единственным океаном.

Вопрос развития жизни, основных этапов литогенеза и глобальных экологических катастроф в истории планеты тесно связаны. Взяв за основу труды академика Н. Н. Страхова, в истории Земли можно выделить пять основных этапов литогенеза.

Начальный, или азойский, этап литогенеза – зона плавления верхней мантии поставляла на поверхность Земли расплавленную лаву и пепел, при дегазации которых испарения воды конденсировались и образовали первичный океан, а газы – первичную атмосферу, богатую  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ .

Легкорастворимые летучие  $H_2S$ ,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $B$ ,  $H_2$  задерживались в гидросфере, поэтому воды стали очень кислыми.  $O_2$  отсутствовал.

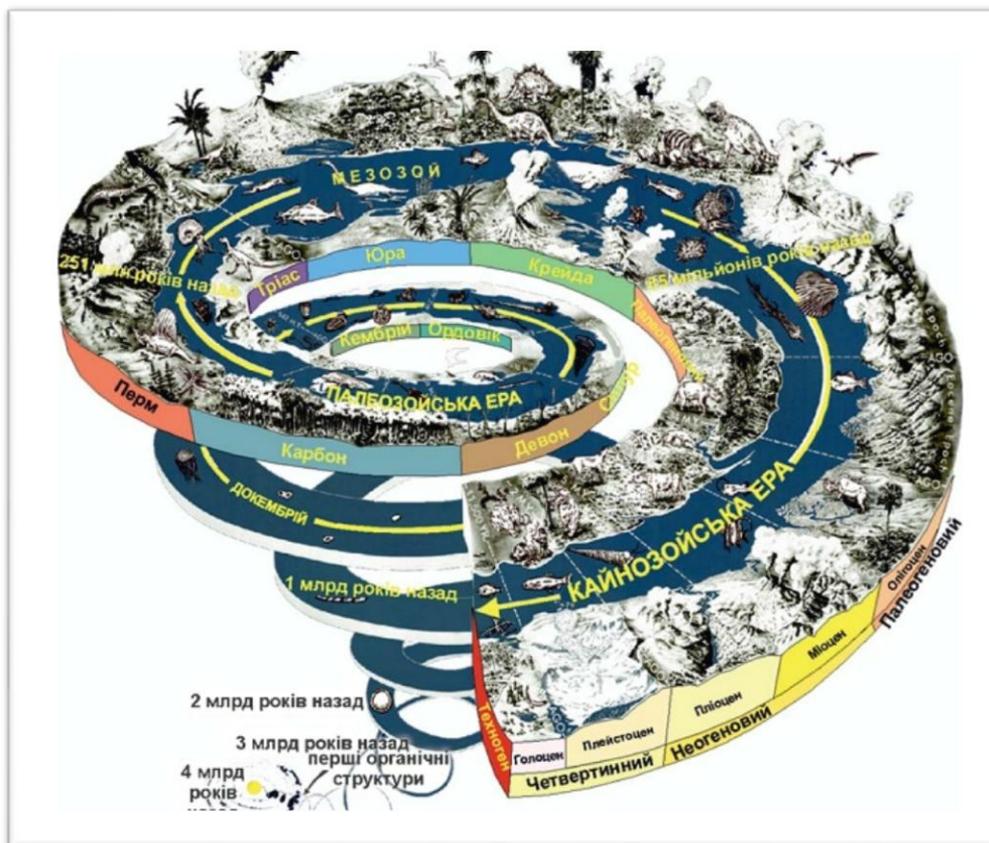


Рис. 1 – Развитие Земли и история биосферы

На этом этапе накапливались почти исключительно лава, пепел, частично терригенный материал, образовавшийся в результате химического и физического выветривания, из хемогенных осадков – свободный кремнезем, основные хлориды, Al, а также сульфиды железа и тяжелых металлов, фториды кальция, магния, железа, алюминия. Вследствие взаимодействия кислых вод с горными породами через некоторое время из морской воды исчезли свободные HCl, HF и осталась только H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

С этого момента начался второй, или археозойский этап литогенеза. Атмосфера по-прежнему сохраняла свой древний тип: в ней было много CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, следы O<sub>2</sub> (от фотодиссоциации CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O). Вследствие выветривания континентов гидросфера постепенно обогащалась гидрокарбонатами кальция, магния, железа, марганца, вода стала хлоридно-карбонатной и осталась кислой из-за большого количества CO<sub>2</sub>. Зародилась жизнь в виде организмов-

хемосинтетиков, еще не способных к фотосинтезу, поэтому они слабо влияли на геохимию гидросферы. Литогенез продолжал быть преимущественно вулканогенно-осадочным, но появились также собственно осадочные (хемогенные) породы, связанные с выветриванием литосферы: джеспилиты, богатые Fe<sup>2+</sup>, иногда и Mn<sup>2+</sup>, бокситы, первичные карбонатные породы, скорее всего доломиты.

Древнейшие одноклеточные организмы (цианобактерии) обнаружены в древних породах формации Варравуна (Австралия), имеющих возраст около 3,5 млрд. лет, и отложениях Онфервахт (Южная Африка), возраст которых примерно 3,4 млрд. лет, что дает основание рассматривать ранний докембрий как время существования особого мира, сформированного прокариотными (безъядерными) организмами – бактериями и цианобактериями (рис. 2).

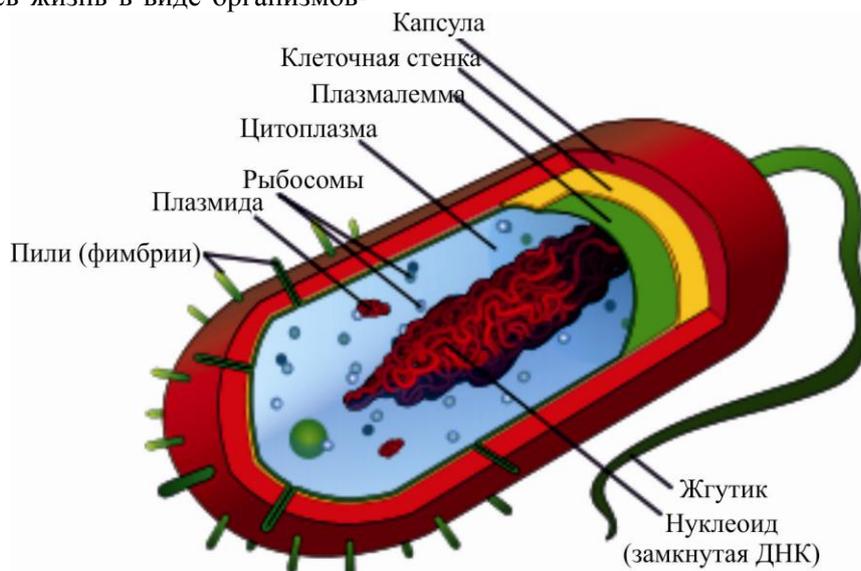


Рис. 2 – Строение клетки прокариотов [14]

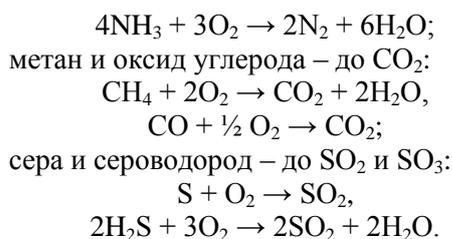
Древнейшие прокариоты скорее всего были хемоавтотрофами. Они приспособивались к какой-либо химической реакции, которая проходила при выделении энергии и без их участия, сама по себе, только медленно. Благодаря соответствующему ферменту они начинали катализировать эту реакцию, ускоряя ее во много раз. Например, древние прокариоты в результате аноксигенного фотосинтеза восстанавливали углекислый газ до метана. В результате этой деятельности в биосфере стали обра-

зовываться излишки метана и сульфатов. Появились симбиотические микробные сообщества, способные окислять метан с помощью сульфатов. Вследствие этого вновь синтезировались углекислый газ и сероводород, которые также принимали участие в процессе. Незамкнутые биогеохимические циклы начали замыкаться, биосфера приобретала устойчивость и способность к саморегуляции [7].

Позже (около 2,9 млрд. лет назад) появились цианобактерии, которые имеют

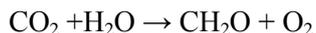
современный вид, содержащие хлорофилл и были способными к кислородному фотосинтезу. Кроме того, цианобактерии (как и многие другие прокариоты) были способны фиксировать атмосферный азот (при этом разрывалась прочная связь между двумя атомами молекулы азота, и образовывались соединения азота, доступные для использования другими живыми организмами).

Таким образом, можно предположить, что уже в середине архея жизнь на Земле была представлена разнообразными типами прокариот, которые начали влиять на ее геологическую историю. В восстановительной среде кислород, выделявшийся цианобактериями, сначала расходовался на окисление различных соединений и не накапливался в свободном состоянии в атмосфере. При этом аммиак  $\text{NH}_3$  окислялся до молекулярного азота  $\text{N}_2$ :



Состав атмосферы постепенно изменялся.

Третий, или протерозой-рифейский этап литогенеза начался с появления фотосинтеза, что коренным образом изменило всю обстановку осадочного процесса. Реакция фотосинтеза:



После появления цианобактерий господство прокариот продолжалось 1,5-2 млрд лет. Микроорганизмы становились все более многочисленными и разнообразными. Чем больше накапливалось кислорода в атмосфере, тем больше создавалось предпосылок для отмирания прокариот.

Так, на первоначальном этапе кислород, который содержался в атмосфере, под влиянием деятельности прокариот связывался в океанах. После того как эта реакция стала невозможной, начала образовываться кислородная атмосфера.

Ранняя жизнь имела сначала локальное распространение и могла существовать только в океане на небольших глубинах – примерно 10-50 м. Верхние слои воды (до 10 м вглубь) пронизывались губительными ультрафиолетовыми лучами, а на глубинах

более 50 м для фотосинтеза не хватало света. Соли океана отличались повышенным содержанием магния по сравнению с содержанием кальция в соответствии с составом пород первичной земной коры. В связи с этим одной из главных осадочных пород архея является магнийсодержащий доломит. В океане не образовывались сульфатные осадки, потому что не было анионов окислительной серы. В древних породах много легко окисляемых, но полностью не окисленных веществ – графита, лазурита, пирита. В архее в результате деятельности анаэробных железобактерий сформировались значительные толщи магнетита, гематита – руд, содержащих недоокисленное двухвалентное железо. Вместе с тем установлено, что кислород в составе этих пород фотосинтетического происхождения.

Атмосфера в этот период быстро обогащалась кислородом, но все еще сохраняла значительные массы  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ . Окисление сульфидов в водоемах и  $\text{H}_2\text{S}$  в вулканических эксгаляциях обогатило гидросферу сульфатами, воды океанов и морей стали хлоридно-карбонатно-сульфатными. В осадконакоплении впервые появились горные породы, обогащенные органическим веществом (шунгиты).

Переход восстановительной атмосферы в окислительную наметился в начале протерозоя, о чем свидетельствуют изменения химического состава пород. Железо начало оседать в полностью окисленной трехвалентной форме. Среди джеспилитов возникли разновидности, содержащие не только  $\text{FeO}$ , но и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , причем последние локализуются в более отдаленных от берегов частях морей, которые получают мало органического вещества (поскольку жизнь пока развивалась в основном вблизи берега). Так сформировались гигантские месторождения железистых кварцитов Криворожского бассейна, Курской магнитной аномалии, у озера Верхнее в США и др.

В прибрежной зоне формируются первые оолитовые гидрогетит-шамозит-сидеритовые руды. Также впервые развивается двухзональное строение осадка с окислительной пленкой сверху и восстановительной снизу. Появились органогенные водорослевые известняки и доломиты, кремнистые породы (хемогенные, очень бедные железом яшмы), а также немалые место-

рождения фосфоритов. Из-за увеличения площади континентов (базой для которых были разросшиеся платформенные участки) постепенно четко вырисовался аридный тип литогенеза, который был представлен пока только фосфоритами, доломитовыми толщами, Cu-Pb-Zn-металлами и гипсами.

Продуктами выветривания на суше стали красноцветы, содержащие бурое окислительное железо. Исчез пирит, вместо него в океане начали появляться сульфаты, морская вода из хлоридной превратилась в хлоридно-карбонатно-сульфатную.

В истории возникновения атмосферного кислорода существенное значение имеют несколько его пороговых величин. На Земле до появления фотосинтеза кислород образовался в атмосфере вследствие фотодиссоциации молекул воды. Его содержание, по расчетам Г. Юри, не могло превышать 0,001 от современного (точка Юри) и он автоматически держался на этом уровне. При таком содержании кислорода в атмосфере могла существовать только анаэробная жизнь. Для живых клеток появление молекулярного кислорода в результате фотосинтеза сделало возможным процесс дыхания, который является гораздо более эффективным путем высвобождения энергии, чем анаэробное брожение. С этих позиций важной является величина разности 0,01 содержания кислорода от его современного уровня – так называемая точка Пастера. Существует целый ряд микроорганизмов, способных переключать свой энергетический обмен с дыхания на брожение и наоборот, при колебаний уровня содержания кислорода ниже или выше точки Пастера. Предполагалось, что в раннем и среднем протерозое подобное переключение долгое время служило регулятором содержания  $O_2$ , поскольку в случае повышения концентрации кислород начинал интенсивно расходоваться на дыхание. Вместе с тем жизнь получила возможность распространиться почти до поверхности водоемов, так как ультрафиолетовые лучи сквозь слабый озоновый экран могли теперь проникать на глубину не более чем на 1 м.

Третье пороговое содержание кислорода (точка Беркнера-Маршалла) соответствует 10 % от современного. Оно определяет такую сформированность озонового экрана, при которой потоки жестких ультрафиолетовых солнечных лучей уже не достигали земной поверхности и не препятствовали развитию жизни.

По расчетам ученых, проведенных в 1960-х гг., точка Пастера была перейдена менее 1 млрд. лет тому назад, точка Беркнера-Маршалла – к концу силура, что обеспечило возможность выхода жизни на сушу. Результаты современных исследований дают основание предполагать более раннее развитие событий. По некоторым данным, переход точки Пастера мог произойти уже 2,5 млрд. лет назад, а 10 %-ное содержание кислорода было достигнуто в период 1,8-2,0 млрд. лет назад.

Формирование окислительной атмосферы стало толчком бурного развития эукариотных организмов, энергетика которых базируется на процессе дыхания (рис. 3). Очевидно, что эукариотная форма жизни тесно связана с аэробной средой, подготовленной прокариотами. Первые аэробные организмы могли возникнуть довольно рано в составе цианобактериальных сообществ, которые, по предположениям палеонтологов, были своего рода «кислородными оазами» в анаэробной среде.

Выделенный ранними фотосинтезирующими организмами кислород был токсичным и смертельно опасным для анаэробных форм жизни. После его накопления в воде и атмосфере анаэробные прокариотные сообщества вытеснились глубь на дно водоемов, то есть в локальные ниши с довольно низким содержанием  $O_2$ .

Во второй половине протерозоя в морях появились разные группы одноклеточных водорослей и простейших. Эукариотный фитопланктон увеличил масштабы фотосинтеза. В свою очередь, цианобактерии также оставили в течение этого периода огромные залежи строматолитов, что свидетельствует об их высокой фотосинтетической активности. В конце протерозоя в морях образовалось много биологической продукции, на основе которой сформировались нефтегазоносные залежи.

Последний этап протерозоя, длившийся около 100 млн. лет (венд), продемонстрировал взрыв многообразия многоклеточных. Возможно, многоклеточность появилась раньше, поскольку пока ученые не пришли к единому мнению относительно трактовки ряда спорных палеонтологических находок,

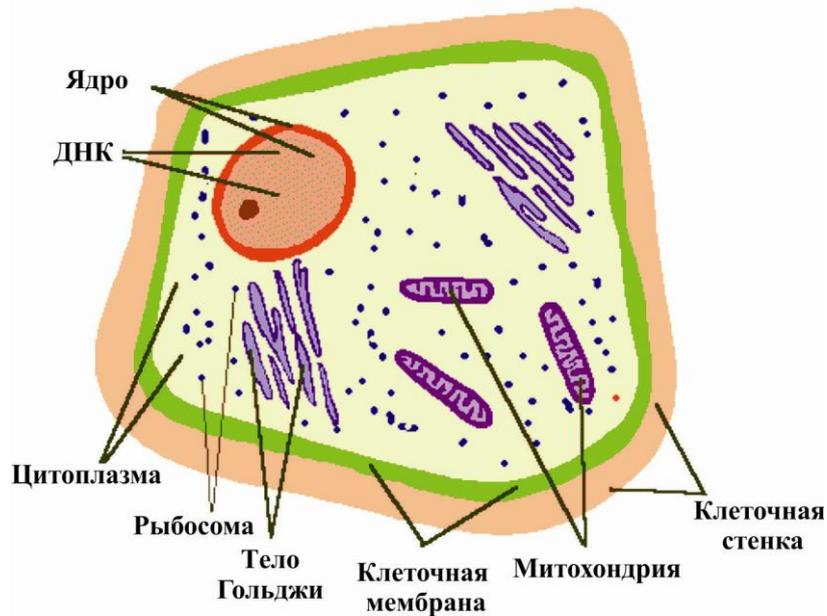


Рис. 3 – Строение типичной клетки эукариота

но известно, что только в венде могло возникнуть огромное разнообразие водных животных и растений с достаточно высокой степенью организации. Большие скопления вендской биоты обнаружены в различных регионах мира: Австралии, Южной Африке, Канаде, Сибири, на побережье Белого моря. Среди животных преобладали кишечнорастворимые и черви, существовали формы, напоминающие членистоногих, но в целом большинство из них отличались своеобразным видом и не попадались в более ранних отложениях. Отличительный признак всей вендской биоты – отсутствие скелета. Животные достигали уже больших размеров, некоторые до 1 м, но имели желеобразные студенистые тела, которые оставили отпечатки на мягких грунтах. Хорошая и массовая сохранность таких отпечатков косвенно свидетельствует об отсутствии трупоедов и крупных хищников в вендских биоценозах.

Органическое вещество биогенного происхождения становится постоянным и обязательным компонентом осадочных пород со второй половины протерозоя.

Четвертый, или фанерозойский этап литогенеза охватывает период от начала кембрия и доныне. Главными решающими событиями, которые определили облик седиментации этого этапа, являются:

- резкое разрастание платформ, а значит, континентальных участков;
- переход жизни из моря на сушу.

Первое обстоятельство обусловило ши-

рокое развитие аридного и периодами ледникового типов литогенеза и, вместе с тем, ослабление вулканогенно-осадочного образования пород.

Переход на сушу биоса, сопровождавшийся удвоением массы последнего, привел к прогрессивному обогащению атмосферы и гидросферы свободным кислородом, резкому уменьшению содержания  $\text{CO}_2$ . Воды океана, потеряв  $\text{CO}_2$ , стали хлоридно-сульфатными и из кислых (из-за большого количества  $\text{CO}_2$ ) еще в конце предыдущего этапа превратились в щелочные.

Новая ступень в развитии органического мира – массовое появление у многоклеточных разнообразных внешних и внутренних скелетов. С этого времени датируется фанерозой – «эра явной жизни», поскольку сохранность скелетных останков в земных слоях позволяет подробнее воспроизводить ход биологической эволюции. В фанерозое резко увеличилось влияние живых организмов на геохимию океана, атмосферы, осадочных пород. Сама возможность появления скелетов была подготовлена развитием жизни. Вследствие фотосинтеза Мировой океан терял  $\text{CO}_2$  и обогащался кислородом, что изменило подвижность целого ряда ионов. В телах организмов в качестве скелетной основы стали откладываться  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , P, Cu, V и другие минеральные компоненты. Наличие достаточного количества кислорода облегчило так-

же синтез белка коллагена, необходимого для формирования органических скелетов.

Всасывая ряд веществ из водной среды и накапливая их в своих телах, организмы вследствие отмирания и захоронения на дне водоемов стали непосредственными создателями многих осадочных пород. Накопление карбонатов стало преимущественно биогенным, поскольку  $\text{CaCO}_3$  интенсивнее используется для образования скелетов, чем  $\text{MgCO}_3$ . Очень многие виды организмов приобрели способность аккумулировать кальций из воды. В начале фанерозоя возникли значительные залежи фосфоритов, сформированных организмами с фосфатным скелетом. Химическое осаждение  $\text{SiO}_2$  также стало биогенным.

Все изменения атмосферы и гидросферы резко отразились на седиментации. Появилось много залежей каустобиолитов (уголь, горючие сланцы). Рудные накопления  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Fe и Mn сместились с пелагических частей морей и стали прибрежными, так как высокий pH ограничил разнесение в море рудных растворов. Кремнистые породы, которые сформировались вдали от очагов вулканизма, стали биогенными (радиоляриевые, диатомовые), а вследствие полного или частичного растворения ракушек в результате диагенеза превратились в микрокристаллические опал-халцедоновые породы. Из-за снижения щелочного резерва морских вод доломиты почти перестали образовываться в морях гумидных зон и стали типичным образованием аридных зон, но и здесь постепенно количество их уменьшалось. В гумидных зонах в связи с бурным развитием организмов, выделявших  $\text{CaO}$ , хемогенное осаждение  $\text{CaCO}_3$  почти прекратилось. В то же время увеличилось количество биоморфных, детритовых, шламовых и других органогенных накоплений, причем если в палеозое они возникали только на мелководье, то начиная с мезозоя, с появлением пелагических фораминифер, водорослей и птеропод, начали возникать в пелагиали океанов и крупных морей (глобигериновые, кокколитофоридные, птероподовые илы). В аридных зонах началось массовое осаждение не только доломита и гипсов, но и галита, калийных солей, особенно в краевых зонах платформ и внутриконтинентальных морях. Четко отделилось вокругочаговое вулканогенно-осадочное

рудонакопление в виде Mn-Fe-руд, накопление Cu, Pb, Zn и других элементов.

Сейчас мы живем в пятый этап литогенеза – техногенный – в котором человек с соответствующими средствами производства является главной геологической силой и потребителем энергетических ресурсов планеты. Техноген как стратиграфический этап характеризуется появлением минеральных и полимерных соединений, которые человек использует для хозяйственных нужд, в том числе при строительстве, разработке месторождений полезных ископаемых и т.п.

Формирование сознательного существования живых организмов связано с появлением человека рода *Номо* и общества, что примерно совпадает с границей неогеновой и четвертичной систем хроностратиграфической шкалы. В темпоральной периодизации этот предел рассматривают по тому же принципу, что и зарождение жизни. Если жизнь с точки зрения информации – это появление генетического кода, то есть наследственной видовой памяти, то человеческое общество – это появление культурной информации, то есть языка – кода абстрактных символов и передачи памяти при обучении (рис. 4).

Ноосферотемп – раннее матриархальное общество с анимистской идеологией жило в гомеостазе с биосферой. Цивилизованное патриархальное общество, выбрав природоподчинительскую идеологию, обеспечило свой быстрый прогресс через увеличение экспансии в природу и деградацию последней. Это закономерно привело к второму глобальному экологическому кризису (первый – кислородная катастрофа), в результате которого биосферу вытесняет техносфера, формируя третий ноокибернетический ствол жизни, адаптированный к любым неокислородным средам, в том числе к космической.

Объем и границы антропогаи и его частей не совпадают с объемом четвертичной системы, границами плейстоцена и голоцена. Епоген (греч. *επος* – род говорящих) охватывает интервал 2 млн. – 4,5 тыс. лет. Его делят на каугемер (от греч. *кау* – куришь, гемер – день), который приблизительно совпадает с эволюцией *Номо erectus*, и териогемер, охватывающий большую часть зоны *Н. sapiens*. Генетическая эволюция

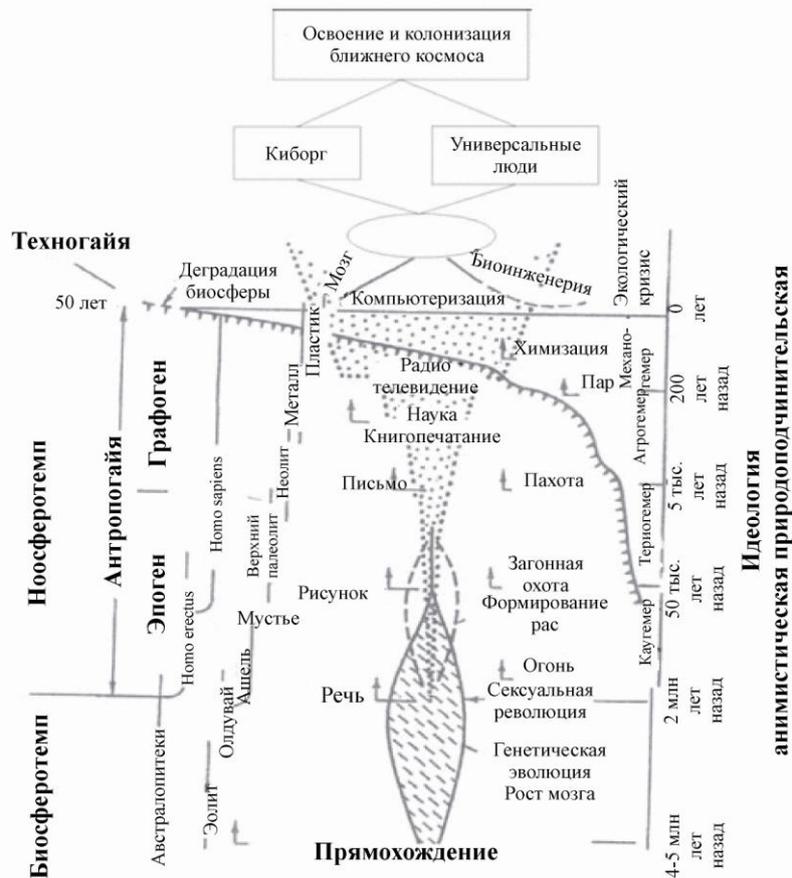


Рис. 4 – Схема прямолинейной эволюции общества и биосферы за последние 2 млн. лет – детализация появления разума (за В.А. Зубаковым)

человека в терригемере резко ослабевает и действует только на уровне адапционного отбора, который выражается в формировании расовых признаков. В человеческом обществе на смену филогенезу пришел этногенез. При этом этносы как единицы разнообразия в обществе такое же звено, как виды в биосфере. Однако продолжительность циклов этногенеза, обусловленных, по Л. Н. Гумилеву [5], пассионарными (от лат. *passio* – страсть) биоэнергетическими толчками примерно 1 раз в 1200, на порядок-два меньше, чем циклов видоформирования.

Графоген (от греч. *γραφω* – рожденные писать) охватывает вторую половину голоцена, включает два гемеротемпа. В первой половине (историческое время) – агрогемере (греч. *αγρος* – день поля) человечество еще находилось в гомеостазе с биосферой. Он был нарушен примерно в середине механогемера (греч. *μηχαν* – день машин), на рубеже XIX и XX вв.

Во взаимоотношениях общества и биосферы выделяют до пяти экологических

кризисов [5]. Первый кризис – сбора и примитивной охоты – возник в середине последней ледниковой эпохи в период развития мустьерской каменной культуры. Тогда сосуществовали два типа человека: неандертальский и кроманьонский, соперничество между ними, пожалуй, было одной из составляющих кризиса, финал которой наступил около 47-50 тыс. лет назад победой кроманьонский человека (*H. sapiens*), занимавшего высокую социально-информационную ступень развития и быстрее овладевшего приемами загонной охоты с огнем.

Следующий кризис – резкое ухудшение охотничьих ресурсов [3] – приходится на первую половину послеледниковой эпохи, когда исчезла большая фауна мамонтов. Эта эпоха закончилась так называемой неолитической революцией – переходом одной части человечества к земледелию и оседлости, другой – к скотоводству. Время этого перехода датируется в разных широтах и странах от 10-8 до 5-4 тыс. лет назад.

Третий кризис, который наступил перед зарождением орошаемого земледелия, скорее всего был региональным. Он совпал с переходом от неолита к веку металлов и закончился 4-3 тыс. лет назад распространением технологии богарного земледелия.

Четвертый кризис, по Н. Ф. Реймерсу [9], кризис продуцентов, совпал с массовым истреблением лесов (на дрова, освобожденные площади под поля). Его финалом была промышленная революция и переход к использованию ископаемого топлива. Это время появления техногена (А. Е. Ферсман, 1955) и антропогенно обусловленной миграции химических элементов.

Первый в истории человечества глобальный экологический кризис, который еще не завершился, начался с середины XX в. Одновременно происходили процессы химизации экономики промышленно развитых стран. Всего за несколько десятилетий было создано до 300-400 тыс. искусственных химических соединений, их количество превысило видовое разнообразие растительного мира. По данным про производство валового национального продукта США в 1970 г., приведенных Б. Коммонером в монографии «Замыкающийся круг», за 24 года увеличение производства составило: синтетического волокна – 980 %, ртути – 3930 %, пластмасс – 1960 %, азотных удобрений – 1050 %, синтетических органических веществ – 950 %, алюминия – 680 %, хлора – 600 %, пестицидов – 390 % при общем увеличении объема производства всего на 126 %. По этим данным видно, что основная тенденция техногена в XX в. – это химизация производства. Уровень загрязнения окружающей среды за тот же период повысился в разных районах на 200-2000 %, т.е. был связан не только с ростом численности населения и объема валового продукта, но и с качественным изменением технологии производства, прежде всего с его химизацией.

Общий глобальный вывод современного экологического кризиса определен в работах Комиссии Брундтланд («Наше общее будущее»), Д. Х. Медоуза и др. (1991), У. Кларка и др. (1989), ежегоднике State of the World (1988-1991), в монографиях Г. Хефлинг, Н. Ф. Реймерса [9], А. Гора [13] и многих других. Важно отметить, что сегодня прокатилась еще одна волна кризиса,

охватившего страны с развитой промышленностью и постсоциалистические государства. В последних его проявление было сильнее, чем в странах с рыночной экономикой [1, 2, 12]. Промышленно развитые западные государства в определенной мере смогли справиться с кризисом или нашли методы его преодоления на внутривнутриполитическом уровне. Что касается стран бывшего социалистического лагеря, прежде всего членов бывшего СССР, то для них переход к рыночной экономике только углубил этот кризис.

В ближайшие годы человечеству грозит вторая волна глобального экологического кризиса, которая охватит государства третьего мира и, пожалуй, страны бывшего социалистического лагеря. Население этих стран составляет 6/7 общей численности населения Земли, причем 1/3 из них постоянно голодает. Более 90 % прироста населения Земли в ближайшие десятилетия придется именно на эти страны. Чтобы удовлетворить их потребности на уровне, близком к промышленно развитым странам, необходимо увеличить мировое производство товаров в 5-10 раз, электроэнергии – в 5 раз. Природных ресурсов Земли недостаточно для обеспечения такого прироста [11].

Уже сегодня человечество потребляет природных ресурсов на порядок больше, чем можно изымать из биосферы без ущерба ее биохимическим циклам и без нарушения процесса самовосстановления [4, 9]. По оценке П. Витоусека, приведенной в State of the World (1991), человечество тратит 40 % всей продукции, произведенной в процессе фотосинтеза на суше. Иначе говоря, человечество на протяжении XX в. жило за счет своих потомков. Более того, оно поставило биосферу, а следовательно и себя как неотъемлемую часть биосферы, на грань полной деградации. Вторая волна глобального экологического кризиса будет иметь еще более серьезные последствия для биосферы. Какие? Дать четкий ответ на этот вопрос можно только на основе анализа закономерностей эволюции Земли как единицы «поля живого вещества» Вселенной.

**Эволюция Земли в XX в.** Подвести итоги достижений цивилизации в XX в. можно на основании трудов Л. Брауна и др. [1, 2], Н. Ф. Реймерса [9], А. Яблокова [12], В. Красиловой [8] и др. Приведенные оценки

противоречивы, одни достижения оценены как положительные, другие – как отрицательные. Несомненный плюс имеют достижения науки и техники, в которых сосредоточена основная сверхгенетическая информация коллективного человечества. Ее значение в обществе возросло настолько, что наука в западных странах стала «пятой властью». Феноменальным был рост экономики.

По подсчетам В. Горшкова [4], в XX в. человечество потратило на развитие своей техногенной цивилизации 10 % продукции биосферы (по П. Витоусеку – 40 % продукции наземной биоты), что и привело к глобальному экологическому кризису. Биосфера как экологическая система исчерпана, 1/3 почвенного покрова потеряно, 2/3 лесов вырублено, степи как тип ландшафта исчезли совсем, животный и растительный мир потерял едва ли не половину генетического разнообразия, только на протяжении XX в. эта потеря составила 1/5 видового состава. Загрязнение планеты достигло критических пределов. Это не только мусор и отходы производства, объем которых достиг 800 т/год на 1 человека, но и почти повсеместное заражение атмосферы, гидросферы и биосферы токсичными вредными отходами химического производства, тяжелыми металлами, радиоактивными изотопами.

Ухудшается генетическое и психологическое состояние самого человечества. Хотя средняя продолжительность жизни к концу XX в. во всех странах увеличилась в результате снижения детской смертности и достижений медицины, генетический уровень населения быстро снижается.

По мнению В. А. Зубакова, главной причиной глобального экологического кризиса XX в. является природопотребительская и природоподчинительская идеология человечества, непрерывно формировавшаяся на протяжении всей истории цивилизации.

Таким образом, конфликт между техносферным круговоротом вследствие техногенной цивилизации и биосферным круговоротом, в результате которого родился человек, является главной причиной глобального экологического кризиса. Эту мысль четко выразил В. А. Красилов [8]: «Общая причина социально-экологических проблем определяется несоответствием между техническими возможностями человека и крайне примитивной стратегией вы-

живания, в которой рост превалирует над устойчивостью, а количество населения – за его качеством. На протяжении всего исторического времени эта стратегия приводила к истощению ресурсов, обострению конкуренции и конфликтности на индивидуальном и групповом уровнях, которые, в свою очередь, стимулировали увеличение количества и эксплуатации ресурсов как способа достижения преимущества над противником».

Техноген – современный этап геологической истории, характеризующийся интенсивной деятельностью человека и усилением ее влияния на геологическую среду, был предложен в 1988 году профессором Г. И. Тер-Степаняном. Этот этап начался в голоцене и будет продолжаться, пока существует человечество. Он характеризуется стремительным усилением техногенной трансформации геологической среды под влиянием человека. В результате ухудшается экологическое состояние биосферы, увеличивается загрязнение окружающей среды, изменяются условия существования человечества, климат, режим экзогенных геологических процессов; т.е. процессы, происходящие без глобальной тектонической перестройки планеты и вследствие этого изменений климатических поясов, по своим темпам и масштабам не имеют аналогов в прошлом. Глобальные изменения во время ледниковых и межледниковых периодов проходили значительно медленнее, чем те, которые возникают в результате техногенной деятельности.

С дальнейшим развитием человечества техногенное воздействие на окружающую среду будет усиливаться вследствие увеличения численности населения, урбанизации и индустриализации.

К видам техногенной деятельности относятся: добыча полезных ископаемых и их обработка, утилизация отходов, промышленная и производственная деятельность, сельское хозяйство, создание инфраструктуры с изменением первоначального состояния геологической среды и др. Эти процессы влияют на изменения климатических условий, разнообразия биоты, перестройку мезо-, микро- и наноформ рельефа, режима экзогенных геологических процессов, а также подземных вод, интенсивность аккумулятивных и денудационных процессов,

состав и мощность накапливающихся отложений и т.д.

Каждое стратиграфическое подразделение (стратон) представляет собой совокупность горных пород, образующих определенную родственную ассоциацию и выделяющихся по признакам, которые позволяют установить последовательность их формирования и пространственного положения в стратиграфическом разрезе. Общий объем техногенных отложений в мире, по некоторым оценкам, превышает 2 тыс. км<sup>3</sup> (по оценке 1980 г.), в том числе сформированных в результате горнотехнической деятельности – более 1600 км<sup>3</sup>. Наибольшее их количество образуется в районах крупных горнодобывающих комплексов, урбанизированных агломераций, больших городов. Интенсивность их образования в таких районах очень высока. Мощность техногенных отложений достигает десятков и сотен метров. К тому же можно выделить ряд признаков, по которым техногенные отложения отличаются от более ранних образований, а в зависимости от генезиса их можно разделить на типы. Все это указывает на целесообразность выделения техногена как нового стратиграфического подразделения, который пришел на смену четвертичному периоду.

Техногенными отложениями принято называть искусственные грунты, которые образовались в результате горнотехнической, инженерно-строительной, сельскохозяйственной и других видов человеческой деятельности. Различают насыпные, намывные и измененные на месте техногенные грунты. Насыпные грунты представлены отвалами, которые сформированы при ведении строительных и земляных работ, подсыпок т.п., а также грунтами культурного слоя и твердыми отходами различных производств. Намывные грунты образуются в процессе переотложения природного грунта гидромеханизированным способом (они формируют гидроотвалы,

намывные территории, хвостохранилища и др.). Техногенные грунты, которые подверглись изменению на месте, формируются при добыче полезных ископаемых методами подземного выщелачивания, а также в результате технической мелиорации грунтов и других видов хозяйственной и промышленной деятельности.

Характерным признаком техногена является формирование типовых форм рельефа техногенного происхождения. Начиная с голоцена, около 10 тыс. лет назад, начали формироваться новые формы рельефа, связанные с человеческой деятельностью. По происхождению различают техногенные формы рельефа, образованные в результате непосредственного и косвенного воздействия человека на земную поверхность. К первой категории относятся выработанные (водохранилища, пруды, каналы, карьеры, шахты) и насыпные (плотины, дамбы, валы, терриконы, засыпанные овраги) формы рельефа; ко второй – «оживленные» овраги, старые оползни, просадки грунтов в местах подземных выработок полезных ископаемых и т. п. По возрасту различают реликтовые формы техногенного или антропогенного рельефа (курганы, земляные валы), скрытые (горные выработки) и откопанные (например, стоянки первобытного человека).

Итак, человек все больше вмешивается в природные процессы, что не всегда положительно влияет на функционирование самого человечества. Следует иметь в виду, что скорость техногенных процессов на несколько порядков выше, чем природных. Развитие человеческой цивилизации достигло стадии, на которой возможно воспроизводить естественные геологические процессы и их масштабность. Некоторые из изобретенных технологий являются чрезвычайно мощными, а их использование может привести к глобальным изменениям в организации планеты.

### **Выводы**

1. Из всех сценариев развития биологических факторов Природа реализовала модель разума для внедрения аналитического механизма положения вещей в виде мозга человека, на 80 % состоящего из воды, а вода – это жизнеобеспечивающая субстанция как нашей планеты, так и, навер-

ное, планет солнечной системы. Мозг как источник разума на сегодня является исключительно универсальным инструментом, который обеспечивает управленческие, информационные, технические и идеологически правовые позиции человечества. Исходя из результатов современных исследо-

ваний, человек использует лишь незначительный объем возможностей мозга.

2. Человечество является носителем технологий и информации в рамках государств или межгосударственных транснациональных образований и выступает сегодня как геологическая сила, которая по масштабам своей деятельности достигает (в некоторых случаях преобладает) масштабов природных процессов. Для практической цели человек может конвертировать геологические процессы, влияя как на среду, так и на техносферу. Сегодня относительно биогеологических (биостратиграфических) функций интенсивно формируется техногенная оболочка Земли, которая с возрастающей интенсивностью покрывает земную поверхность, обеспечивает трансформацию естественного пространства в техноприрод-

ное с последующей тенденцией к формированию безприродного (техногенного) пространства.

3. Проанализировав основные этапы развития жизни на планете Земля и учитывая последние научно-технические разработки, следует заметить, что по схожим сценариям может развиваться жизнь на других планетах как Солнечной системы, так и Вселенной.

4. На сегодня существуют такие сценарии техногена:

- путь усиления техногена, перенаселение планеты и жесткая борьба за ресурсы со всеми;
- путь цивилизованной колонизации космоса и освоения его ресурсов;
- способ регулирования населения Земли в соответствии с ресурсами биосферы.

### Литература

1. Браун Л. Р. и др. Мир восьмидесятых годов // М. – Прогресс. – 1989. – 473 с.

2. Браун Л. Р. Устойчивое развитие общества / Л. П. Браун, К. Флейвин, С. Поустел / XX век. Последние 10 лет, 1990–1991– М. – Прогресс. – 1992. – 325 с.

3. Будыко М. И. Эволюция биосферы / М. И. Будыко – Л. – Гидрометеиздат. – 1984. – 488 с.

4. Горшков В. Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды / В. Г. Горшков // Итоги науки и техники. Теоретические и общие вопросы географии. – М. – ВИНТИ. – 1990. – Т. 7. – 236 с.

5. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли / Л. Н. Гумилев. // Л. – Гидрометеиздат. – 1990. – 526 с.

6. Еськов К. История Земли и жизни на ней: От хаоса до человека / К. Еськов // М. – НЦ ЭНАС. – 2004.

7. Захаров В. Б. Биология 11 класс. Профильный уровень / В. Б. Захаров, С. Г. Мамонтов, Н. И. Сонин, Е.Т. Захарова. // Издательство Дрофа. – 2007.

8. Красилов В. А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты / В. А. Красилов. // М. – Изд-во Института охраны природы и заповед-

ного дела. – 1992. – 173 с.

9. Реймерс Н. Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. / Н. Ф. Реймерс. // М. – Россия молодая. – 1992. – 367 с.

10. Розанов А. Ю. История становления скелетных фаун / А. Ю. Розанов. // Соросовский образовательный журнал. – №12. – 1996.

11. Рудько Г. І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко. / За ред. Г.І. Рудька. – К.: Вид-во «Академпрес», 2009. – 512 с.

12. Яблоков А. Пробуждение от экологической спячки / А. Яблоков // Родина. – 1989. – № 4. – С. 65–70.

13. Gore A. Earth in the Balance: Ecology and the Human Spirit/ A. Gore. // New York: Plume Books. – 1993. – 407 p.

14. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Прокариоти>

15. Wickramasinghe N. C. Fossil diatoms in a new carbonaceous meteorite/ N. C. Wickramasinghe et. al // Journal of Cosmology. 2013. – Vol. 21, No.37.– pp 9560-9571.

Надійшла до редколегії 25.09.2013

