

УДК 55
В75

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТУПЕНЧАТЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

Воробьев А.Е., док.тех. наук, ИПК ТЭК Минэнерго РФ, Россия

Шамшиев О.Ш., док. гео-мин. наук, филиал КГТУ им.И.Раззакова г.Кызыл-Кия

Аннотация: Раскрыты основные философские вопросы, на которых основывается геологическая наука. Рассмотрены установленные в геологии основные законы и закономерности. Показано, что ступенчатый характер многих изученных геологических явлений и эффектов предопределен квантовым характером существования вещества и энергии. Детализированы ступенчатые особенности жильного рудогенеза, а также ступенчатый характер кристаллообразования. На этой основе показан ступенчатый характер развития геосферы, и ее переход в составе биосферы в ноосферу.

Ключевые слова: философия, геологические процессы, ступенчатое развитие.

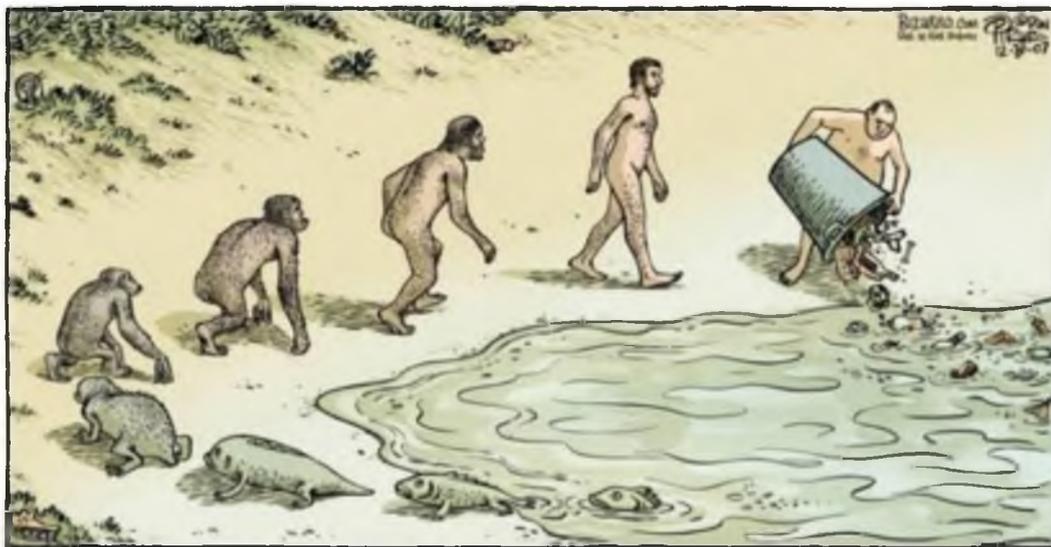
THEORETICAL FOUNDATIONS OF STEPPE GEOLOGICAL PROCESSES

*Vorobiev A.E., doc.tech. Sciences, IPK TEK of the Ministry of Energy of the Russian Federation
Shamshiev O.Sh., doc. Geo-min. Sciences, branch of KSTU named after I.Razzakov, Kyzyl-Kiya*

Summary: The main philosophical questions on which the geological science is based are opened. Basic laws and the consistent patterns determined in geology are considered. It is shown that step character of many studied geological phenomena and effects is predetermined by quantum nature of existence of substance and energy. Step features of a vein formation of ores, and also step nature of grain formation are detailed. On this basis step character development of a geosphere, and its transition as a part of the biosphere to a noosphere is shown.

Keywords: philosophy, geological processes, step development

Нечто становится наукой, если мы способны его измерить
Лорд Кельвин



Геология – одна из наиболее древних наук, развившаяся из натурфилософии, пытающейся понять и объяснить различные явления окружающего мира. С течением времени объектами изучения в геологии стали фундаментальные вопросы происхождения, принципы образования, история и возраст Земли, а также всестороннее развитие геосферы [9].

Одним из наиболее важных результатов познания мира являются основные (фундаментальные) законы, объясняющие наиболее важные эффекты и явления. И.П. Шарапов, проведя аналитические исследования, выявил всего лишь 11 законов,

причисленных к геологическим наукам, а основная часть претендовавших на этот уровень новых знаний была отнесена к различного уровня и глубины эмпирическим обобщениям [16]. Показательно, что из 11 законов подавляющая (10) их часть оказалась принадлежащей к вещественным наукам (главным образом к геохимии, минералогии и петрологии) и только один (фациальный закон Головкинского-Вальтера) относится к собственно геологии, а именно — к стратиграфии.

Таким образом, в геологии большинство полученных номологических знаний (законов, закономерностей и основополагающих принципов) относится к составу горных пород и минералов и имеют явно выраженный физико-химический характер [16]. Основная же специфика геологических процессов, происходящих на нашей планете, этими законами не вскрывается и ни как не объясняется.

Поэтому геология должна учитывать и использовать наиболее фундаментальные законы и проявления физического мира. Среди этого массива выделяются 3 группы законов, первые две из которых определил еще В.И. Вернадский [16]:

1) законы физики, химии и других точных наук, используемые в геологии и в той или иной мере в ней модифицированные (законы фазовых превращений геовещества, растворимости, кристаллизации расплавов и растворов и т.п.) — это низший, вещественный, самый фундаментальный уровень новых знаний;

2) «законы-тенденции», названные В.И. Вернадским также историческими законами. Наиболее полный их список дал В.Е. Хаин: это цикличность, непрерывность, прерывистость, син- и асинхронность, неравномерность, направленность (необратимость), преемственность и обновление;

3) «специальные» законы, отражающие принципиальный характер и механизмы проявления фундаментальных геологических процессов.

Необходимо отметить, что природный закон представляет собой взаимную связь минимум 2-х объектов или процессов или свойств даже одного объекта (процесса), выявляющая их сущность. Другими словами - это объективная закономерность, общая для некоторой области действительности, необходимая (при наличии определенных условий) и инвариабельная [16].

В настоящее время под онтологическим законом принято понимать существенное, устойчивое и повторяющееся отношение между некоторым набором природных явлений и эффектов [12]. При чем эти отношения довольно многообразны: они могут представлять функциональную взаимосвязь между свойствами одного объекта или внутри некоторого множества природных объектов, образующих систему, между множеством систем, или между различными их состояниями, или между стадиями в развитии систем и т.д.

Через выявление подобных номологических отношений различного ранга и типа и осуществляются познание существующих явлений объективного мира. Однако, с накоплением эмпирических знаний становится очевидным, что описательная геология остается в далеком прошлом, следовательно - приумножение различных описаний геологических объектов уже не может являться конечной целью фундаментальных исследований геосферы [12]. В результате описательную геологию сменяет геология теоретизирующая, обобщающая уже имеющийся фактический материал и выводящая свои эмпирические закономерности, объясняющих глубинную сущность геологических процессов и поэтому обладающих перспективами перерасти в объективные законы познания мира.

Важнейшей задачей научных исследований в геологии является установление объективных связей и отношений. Фактически любая наука изучает исключительно отношения, а не собственно объекты и их свойства. Для геологии это в первую очередь связи разнообразных объектов, структур и процессов возникновения и размещения месторождений различных полезных ископаемых. И здесь основным принципом развития, который не был в достаточной степени использован в геологических исследованиях, является квантовый (прерывистый и ступенчатый) подход (хотя еще Ламарк выделял в эволюции в качестве

весьма важного фактора - градацию, представляющую собой ступенчатое повышение уровня любой организации).

В частности, важным представляется дуализм поведения геовещества: при переходе объекта на наноуровень у него возникают как волновые, так и корпускулярные (квантовые) свойства (представляющие диалектическое единство корпускулярных и волновых свойств материи).

Ступенчатый (квантовый) характер развития геологической среды нашей планеты также обусловлен наличием разнообразных ограничивающих факторов (которые постоянно возникают при глобальном изменении сложившихся равновесных условий – остывания тела планеты, изменения химизма атмосферы и гидросферы и т.д.), однако для каждого такого барьера со временем появляются определенные возможности его преодоления. В результате развитие геологической среды можно представить в виде ступенчатой пирамиды, где каждая ступенька является неким ограничивающим фактором, ширина основания характеризует совокупность возможных взаимовлияющих связей в геосфере, а объем пирамиды служит показателем накопленных объемов информации.

Энергетическим источником этого процесса, главным образом, является солнечная энергия, воплощенная в жизнедеятельности земных организмов. В результате такого подхода А.И. Перельман сформулировал следующий закон прогрессивного развития биосферы (в том числе и ее составной части – геологической среды) [13, 14]: По мере развития биосферы и аккумуляции солнечной энергии осуществляется дифференциация вещества, происходит образование геохимических барьеров[5], растет число видов организмов и усложняется их первоначальная структура, т.е. существенно увеличивается неорганическая и органическая (биологическая) информация.

В общем случае, для любой геологической системы за базовую можно принять модель из 3-х основных ступеней (стадий): развития, зрелого состояния (характеризуемое формированием нового, устойчивого по отношению к внешним условиям, образования – минерала, блока, плиты и т.д.) и разрушения. При чем, рост всё более сложных геологических структур происходит до тех пор, пока они не потеряют устойчивость по отношению к внешней среде, во многом связанную с появлением новых объектов(способствующей ликвидации другой крайности - чрезмерного усложнения геологических объектов).

В реальности, ступенчатый характер познания геологических процессов в первую очередь обеспечивает основной ряд, отражающий соподчиненность последовательно усложняющихся геологических объектов, подлежащих детальному изучению [15]: атомов, минералов, кристаллов, минералов, горных пород, слоев и толщ, формаций, плит и блоков земной коры.

Рассмотрение геологических процессов, как серии следующих друг за другом качественно различных эр, периодов и эпох (составляющих стратиграфическую шкалу), которыми оценивается последовательность дискретных геологических событий, выражаемых через соответствующие системы, отделы, ярусы и зоны, также придает этой науке явно выраженный линейно-стадиальный, ступенчатый, характер.

Хотя необходимо отметить, что разделение фанерозоя на палеозой, мезозой и кайнозой произошло в геологической науке скорее более механически, интуитивно, нежели имело под собой какую-то теоретически, строго обоснованную, базу [12]. В частности, рубежи геологических эр привязывались к фазам орогенеза и с учетом другого разнообразного фактического материала эти границы проявлялись и обособливались как бы сами собой.

Тем не менее в реальности геологические эпохи (периоды) возникали вследствие воздействия на геологическую среду (плиты, массивы, горные породы, минералы и т.д.) определенных факторов (тектонических движений, мантийных, метаморфических,

гидрогеологических и гипергенных процессов, химизма атмосферы и гидросферы и т.д.). А в последнее время дополнительно выделилась еще и хозяйственная деятельность человека (техногенез). И задача исследователя сводится к выявлению в пределах геосферы разномасштабных ритмов, фаз, эпох и т.п., характеризующих всю гамму геологических событий (рис. 1), которые фиксируются главным образом через смену типов осадконакопления [12]. Но до сих пор все еще нет единой теории или даже концепции, охватывающей весь спектр глобальных процессов геодинамической активности нашей планеты, четко объясняющей существующую направленность преобразования земного вещества и состава атмосферы, особенности литогенеза и эпох формирования осадочных месторождений, климатический режим и т.д.

Разнообразные факторы воздействия на геологическую среду (земную кору) порождают появление различных обратных связей – их проявлений, обусловивших многообразие форм исследований. Так, изучением состава литосферы занимаются: петрология(исследующая магматические и метаморфические породы), литология(изучающая осадочные горные породы), минералогия (наука, изучающая минералы как природные химические соединения), геохимия и кристаллохимия(науки о распределении и миграции химических элементов в недрах Земли) [4]. Геологические процессы, формирующие рельеф земной поверхности, изучает динамическая геология, частью которой являются геотектоника, сейсмология и вулканология. В отдельный цикл выделились гидрогеология, геокриология, морская и космическая геология и др.

Причём, важным является тот факт, что многие геологические процессы (в том числе - образование новых геологических структур совершенного разного масштаба и порядка) происходят ступенчато. В частности, ступенчатый характер развития земной коры подтверждаются результатами исследования геохимических процессов, выявивших ее эпизодическое (ступенчатое) обогащение химическими элементами[8].

Тоже самое может относиться и к некоторым процессам рудообразования. Например, морфология рудных жил является отражением первоначального режима напряжений, который действовал во время их образования. Sibson (1989 г.) описывает весьма сложную морфологию неровностей растяжений, которые включают ступенчатые жилы.



Рис. 1. Периодичность и цикличность природных процессов в фанерозое [12]

Так, характерными чертами многих эпитеpmальных жил является тонкая полосатость, представленная внутри многих из них[11]. Предполагается, что эти полосы были обусловлены быстро изменяющимися физико-химическими условиями во время отложения геоматериала жил, которые являются результатом вариаций давления, температуры и состава флюидов.

Для жильно-рудного процесса также характерно регрессивное развитие со ступенчатым снижением температур минералообразования и сменой окисного оруденения (наиболее типичного для периода эксплозивного брекчирования и высокотемпературных стадий минерализации) сульфидным[10]. Замещение окисных минералов минералами, обогащенными серой, и обусловлено, очевидно, падением давления и температуры.

Кроме этого имеются исследования кристаллообразования, также позволяющие выявить ступенчатый характер этого процесса: зачастую, первоначально происходит рост от начального до устойчивого размера кристалла, затем устойчивый размер сохраняется в некотором интервале температур, после чего снова происходит дальнейший рост кристаллообразования.

В частности, если минералообразующие флюиды состоят из неупорядоченных молекул и рост кристаллов происходит на совершенно гладкой поверхности ступенекгеоматрицы, тоскорость роста кристаллов обычно лимитируется зарождением новых ступенек мономолекулярной высоты. При этом высота отдельных ступенек или слоев равна толщине атомного монослоя, но может достигать величины 1—10 мк.

В случае атомно-гладкой границы геоматрицы все позиции атомов поверхностного слоя кристалла, как правило, заняты. Одиночный атом, оседающий на гладкой поверхности геоматрицы, довольно слабо связан с кристаллом. Существенно выраженной будет связь с оседающим атомом, если он окажется на ступени и, еще сильнее – в ее изломе.

Поэтому весьма важную роль в процессе роста кристалла играют различные дефекты кристаллов, в частности, винтовая дислокация. Даже если кристалл обладает совершенной структурой, то его поверхность все равно будет несовершенной и может состоять из ступенчатых террас — каждая ступень образуется отдельным слоем атомов или молекул. При этом рост кристалла происходит путем заполнения ступеней (фото 1) по винтовой линии, когда ступенька в течение всего цикла не исчезает, а только перемещается, обеспечивая непрерывный рост кристалла.

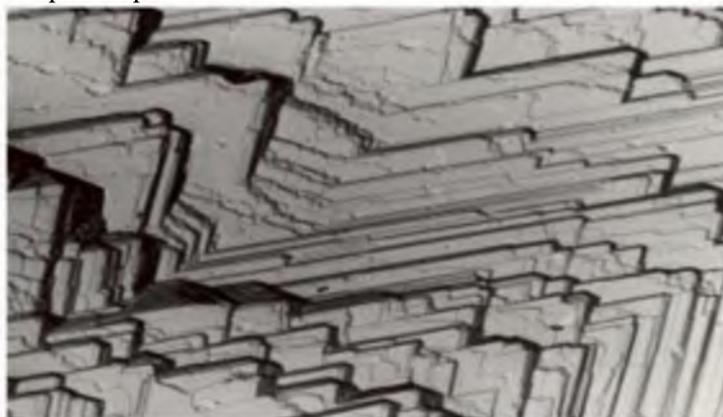


Фото 1. Ступенчато-слоистая структура магнетита [6].
Электронный микроскоп. Увел. 5000^x

В типичном ступенчатом микрорельефе поверхности кристаллов выделяют следующие элементы [6]:

- ступени – участки слоев, образованные верхней и торцевой гранью;
- террасы – площадки, расположенные между верхней и нижней группой ступеней;

- плато - верхняя грань ступени довольно значительной площади, ограниченная ступенчатостью только снизу;
- площадки – замкнутые плоские выступы или углубления на плато или террасе.

К тому же многие кристаллы обладают способностью самоограничаться в процессе своего роста, что тоже может относиться к ступенчатому их развитию.

Для объективного познания ступенчатого развития геологических процессов в целом значительный интерес представляет концепция ноосферы, которую начали развивать с различных философско-мировоззренческих позиций еще Э. Зюсс, Э. Леруа, П. Тейяр де Шарден и В.И. Вернадский [7]. В частности, П. Тейяр де Шарден, признавая наличие эры «ноогенеза», выделял новую земную оболочку, некий новый, «мыслящий» пласт, определяя ноосферу как «гармонизированную общность сознания» эквивалентную своего рода «сверхсознанию».

В настоящее время ноосферу необходимо рассматривать одновременно с адаптивным и механизмами техногенного воздействия и ее самоуправления и самоорганизации.

Техногенная среда современного общества все более разрастаясь и «уплотняясь», что находится в непосредственной корреляции с процессами деградации естественной, природной среды планеты, оказывает все более значительное влияние на происходящие геологические процессы.

При чем непосредственно сам процесс «технологизации» биосферы (ее преобразования в техносферу) развивается в направлении уменьшения числа биологических звеньев в потоках вещества и энергии, обеспечивающих существование самого человечества, а также в направлении все большего использования, с помощью различных технологических устройств, первичных источников энергии - ядерной, солнечной и ветровой [7].

Ступенчатый характер эволюции геосферы проявляется и в динамике ее изменения: замедлении или ускорения скорости изменений на разных этапах развития. При этом необходимо отметить, что становление большинства природных геосистем происходило в течение довольно длительного времени - от первых тысяч до сотен миллионов лет, а вот процессы техногенеза обладают гораздо большими скоростями.

Так, за период с 1860 по 1998 гг. произошло глобальное повышение температуры приземной атмосферы, которое составило около $0,8^{\circ}\text{C}$ [1-3, 17]. Кроме этого, на региональных уровнях наблюдаются более значительные изменения температуры атмосферы. В частности, анализ имеющихся данных климатического мониторинга по северным районам России показывает, что за последние 30-35 лет температура воздуха здесь возросла на $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$.

Температура окружающей среды резко ускоряет протекание большинства химических реакций, способствует перекристаллизации вещества, а также сильно влияет на процессы минералообразования [4]. В частности, возрастание температуры окружающей среды приводит к обезвоживанию (дегидратации) минералов, а также формированию более высокотемпературных минеральных ассоциаций, лишенных воды, декарбонатизации известняков и т.д.

Следовательно, существующее глобальное изменение климата на Земле неизбежно будет проявляться в протекающих геологических процессах, изменяя традиционные природные тренды перераспределения вещества и образуемых минеральных форм.

Кроме этого, глобальное изменение климата влияет на таяние ледовых покровов в Арктике (в том числе – Гренландии) и высокогорных ледников, которое может привести к повышению уровня Мирового океана. Ожидается, что его уровень в начале XXI в. будет подниматься в 5-10 раз быстрее, чем в предыдущем столетии. Все это приведет к изменению как химического состава океанических (в том числе – морских, озерных и речных) вод, так и динамики процессов седиментации, что также окажет влияние на скорость и качественные показатели многих геологических процессов.

Существующий в настоящее время острый дефицит ресурсов пресной воды (рис. 2) приводит к переходу на массовую добычу подземных вод (считается, что человечество на свои нужды может использовать подземных вод в объеме, равном 13 тыс. км³), которая обусловит не только опускание земной поверхности и переход влажной континентальной фазы в сухую, но также и изменение форм и скорости геологических процессов.



Рис. 2. Прогноз роста мирового водопотребления (по Данилову-Данилянцу, 2009)

Еще одним важным фактором, влияющим на современные геологические процессы, является техногенное рассеяние вещества. Например, по существующим оценкам в результате техногенной деятельности ежегодно выбрасывается около 150 млн. т серы, преимущественно в результате утилизации ископаемого топлива (до 70 % – при сжигании каменного угля и 16 % – при сгорании нефтепродуктов). Кроме этого, при выплавке меди, свинца и цинка образуется 15 млн. т диоксида серы. Ежегодно в биосферу только от переработки руд поступает 1,5–2 тыс. т ртути и еще 0,1–8 тыс. т – при сжигании топлива, а при сжигании угля в биосферу попадает около 3,5 тыс. т свинца. Такое рассеяние химических элементов не только загрязняет биосферу, но и существенно изменяет скорость и направленность геологических процессов.

Список литературы

1. Воробьев А.Е., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: Учебник. Ч. I. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 442 с.
2. Воробьев А.Е., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: Учебник. Ч. II. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 468 с.
3. Воробьев А.Е., Чекушина Е.В., Трусенко С.С. Основные пути стабилизации климата на планете // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 2, 2001. – С. 171-175.
4. Геология и цикл геологических наук // <http://zdamsam.ru/a16193.html>.
5. Геохимические барьеры в зоне гипергенеза / Под редакцией чл.-корр. РАН Н.С. Касимова и проф. А.Е. Воробьева. – М.: МГУ, 2002. – 342 с.
6. Зарождение, рост и форма кристаллов. СибГИУ. Новосибирск. 2004. 40 с.
7. Каздым А.А. К вопросу о философских проблемах ноогенеза, геологии и минералогии // <http://kontinentusa.com/k-voprosu-o-filosofskix-problemax-noogeneza-geologii-i-mineralogii>.
8. Котелкин В.Д. Численное моделирование термохимической мантийной конвекции и циклическая эволюция континентов и океанов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Москва. – 2008.
9. Методологические проблемы геологических наук в курсах по философии науки. С-Пб. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». 2014. 23 с.
10. Об общем характере развития рудного процесса // <http://spb-sovtrans.ru/rudnaya-formaciya/797-ob-obschem-haraktere-razvitiya-rudnogo-processa.html>.

11. Описание и понимание жил и брекчий// <http://globuss24.ru/doc/opisanie-i-ponimanie-zil-i-brekcii>.
12. Параев В.В., Молчанов В.И., Еганов Э.А. О философии геологии // <http://www.lithology.ru/node/81>.
13. Перельман А.И. Геохимия биосферы.- М.: Наука, 1973.
14. Перельман А.И., Воробьев А.Е. Параметры самоорганизации природных геохимических ландшафтов // Известия РАН, серия география, №5, 1996. – С. 7-20.
15. Ратников В.Ю. Лекции по философии геологии. Воронеж. 2015. 74 с.
16. Фролов В.Т. Наука геология: философский анализ. — М.: Изд-во МГУ, 2004. 128 с.
17. Экологическая геология и устойчивое развитие промышленно-урбанизированных регионов // <http://g.10-bal.ru/geografiya/417/index.html?page=2>.