

УДК 551.12 : 551.241

А. Т. АСЛАНЯН

К АКСИОМАТИКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

Предлагается определить перечень аксиоматических принципов в геологии в следующем виде:

а) принципы уменьшения энтропии Земли за геологическое время, б) принцип инвариантности (униморфизма, изоморфизма, в более широком вероятностном смысле гомоморфизма) геологических процессов в течение истории Земли (при возможности вариации во времени коэффициента полноты подобия или значения универсальных постоянных в понимании Пуанкаре), в) принцип суперпозиции стратонов и восходящих тектонических покровов, г) принцип синхронности гомотаксических биоценозов (в рамках аналогового принципа неопределенности в физике), д) принцип дискретности внутреннего строения геологических объектов, е) принцип минимума смешения в процессах дифференциации исходной геологической «шихты» (магмы, рудоносного раствора, рассола, ила и др.), з) принцип минимума энергии при формировании тектонических структур, и) принцип наследственности деформаций.

К этим принципам добавлен специально (ж) принцип неопределенности, утверждающий неизбежность ухудшения возрастной корреляции геологических событий по мере увеличения расстояния между ними и ограничения временного (масштабного) интервала, внутри которого производится корреляция.

Введение принципа дополнительности, предлагаемого иногда для объяснения явления конвергенции, неопределенно, поскольку идентичность, например, двух минеральных индивидов, образованных в различных термодинамических условиях, не может быть доказана по признаку сходства лишь этих двух индивидов. Сравнение их в парагенезе с другими минеральными индивидами или примесными элементами может привести к установлению принципиальных различий в условиях становления этих «конвергентов» парагенезов.

Планеты представляют обособленный класс небесных тел, отличающихся от близких к ним малых звезд небольшой массой, низкими температурами, слабой эндогенной активностью, резким преобладанием вещества в конденсированной фазе (в кристаллической и жидкой фазах), способностью к крупным остаточным деформациям. Вещественно-структурные формы организации планетарной материи (на уровне горных пород, стратонов и тектонов, геоформаций и геооболочек, обособленных интрузивных массивов, лавовых покровов и др.) могут выделяться в категорию планетарных формаций, множества которых образуют в определенном порядке толщу планет или отдельных их сфер. Планетарными формами динамической активности принято считать всю совокупность эндо- и экзогенных процессов (вулканизм, плутонизм, сейсмичность, метаморфизм, механические деформации, конвективные течения, фазовые переходы, выветривание, эрозия, аккумуляция, хемогенное и органогенное осадконакопление, рудообразование и др.). Под углом зрения этих определений объектом геологии следует считать

планетарные формы организации и движения вещества Земли, а предметом геологии — исследование закономерностей, характеризующих состав, свойства, строение, связь, происхождение и эволюцию планетарных формаций Земли в целом и литосферы ее в частности.

Каждая из известных нам отраслей науки имеет свою аксиоматическую базу, которая по мере накопления новой информации и организации исследований на более высоком уровне значительно расширяется, использует ограничительные законы, позволяющие вести научный поиск экономно, целенаправленно, в рамках минимального количества моделей. Все известные нам законы природы и принципы научных теорий (в их числе аксиоматические принципы геологии) имеют вероятностно-статистический характер и построенные на их основе обобщения допускают возможность флюктуаций и отклонений случайного типа. Поэтому наблюдаемые иногда отклонения от этих принципов не должны служить причиной для отказа от них.

Как и любая другая область науки, геология имеет свои как главные, так и частные принципы. Первым из главных принципов, обоснованных в работах Ломоносова, Вернера, Гетона, Ляйеля, является принцип актуализма, понимаемый как униморфная повторяемость во времени геологических процессов и их субстанционально-структурных эффектов (пример: вулканические излияния, дающие базальтовые лавы, во все времена геологической истории были такими, какими мы их видим в настоящее время).

Второй главный принцип, восходящий к трудам Смита, Квенштадта, утверждает положение об *одновозрастности одинаковых фаунистических комплексов* (пример: одновозрастность геологически разобщенных пластов отложений, включающих одинаковые по составу комплексы фауны). Эта краеугольная для стратиграфии посылка, несмотря на спорность некоторых ее аспектов, нашла блестящее подтверждение в дарвинской теории эволюции органического мира.

Третий главный принцип — *это принцип Стено о суперпозиции и изначальной недеформированности стратонев.*

Эти принципы сыграли решающую роль в систематизации обильного, сильно разрозненного, хаотического фактического материала полевых наблюдений и камеральных исследований, в создании основ классической геологии и разработке существующих эмпирических закономерностей, получивших подтверждение в практике поисков и прогнозов месторождений полезных ископаемых.

Несмотря на указанные очевидные результаты, детальные исследования последних десятилетий выявили много случаев отклонений и анахронизмов, которые, по мнению некоторых авторитетных исследователей, подрывают основы названных принципов. Так, один из ведущих геологов современности А. Л. Яншин ставит под сомнение принцип актуализма, другой ведущий стратиграф Шиндевольф отвергает принцип одновозрастности однотипных фаун. Некоторые сомнения высказываются:

также в отношении принципа Стено, имея в виду наличие конседиментационных надвигов, турбидитов, олистостром и др., создающих анахронизмы в порядке напластований.

По нашему мнению, указанные принципы, с одной стороны, должны модернизироваться в свете современных достижений геологической науки и, с другой—толковаться под углом зрения новых вероятностно-статистических и релятивистских представлений. Образцом подобного подхода является применение принципа неопределенности (соотношения неточностей) Гейзенберга (1927) в квантовой физике.

Согласно Гейзенбергу при попытке определить одновременно и с одинаковой точностью местоположения и скорости движения (или импульса) электрона выясняется, что чем выше точность определения местоположения электрона, тем больше погрешность в определении его скорости и наоборот. Таким образом, одновременное точное определение указанных двух коммутирующих величин принципиально невозможно. Нами использован такой подход к толкованию принципа Смита. Суть подхода в следующем: чем меньше временной интервал, в пределах которого сопоставляются гомотаксичные биогеоценозы, тем больше их разброс в фазовом пространстве; чем больше расстояние между сопоставляемыми гомотаксичными биогеоценозами, тем больший временной интервал должен быть избран для их синхронизации и, следовательно, тем меньше должна быть точность операции, с которой производится синхронизация. Если сопоставляются два близко расположенных гомотаксичных биогеоценоза, допустим, заведомо кампанского возраста, то действительно достаточно высока вероятность их одновозрастности в узких пределах самого кампанского времени; если же они находятся, к примеру, на разных континентах, то вероятность их одновозрастности в пределах того же кампанского времени много меньше и следует говорить об одновозрастности в пределах более ёмкого сенонского надъяруса и более длительной сенонокой эпохи. Так называемый лестничный тип миграции (скольжение во времени и в пространстве) тождественных фаций и фаун служит типичным примером, иллюстрирующим приведенную выше формулировку.

В принципе актуализма остается открытым вопрос о продолжительности временного интервала, в пределах которого производится сопоставление пары однохарактерных геологических событий A и A' . Если ввести понятие полноты подобия таких процессов и использовать коэффициент подобия $\gamma \leq 1$ в выражении $A = \gamma A'$, то можно принять, что чем ближе во времени процессы A и A' , тем вероятнее их инвариантность и сходство продуцируемых ими вещественно-структурных субстанций. Здесь уместной представляется ссылка на мнение А. Пуанкаре о том, что в известных нам законах физики со временем меняются лишь значения универсальных постоянных, форма же математических зависимостей между функциями и аргументами, описывающих эти законы, остается без изменения. Безусловно, прав А. Л. Яншин, когда правомерность принципа ак-

туализма ставит в зависимость от интенсивности процессов эволюции коры и мантии, изменения их вещественного состава, глобальных изменений климата и др. Очевидно, чем ближе во времени сопоставляемые однохарактерные события, тем выше имманентность принципа униформизма. Такой релятивизм, по-видимому, отражает смысл принципа более точно.

Возвращаясь вновь к принципу актуализма, следует указать, что в современных понятиях методологии науки правильнее называть его *принципом гомоморфизма однохарактерных геологических событий*; этим подчеркивается его вероятностно-статистическая природа (в геометрии гомоморфными считаются поверхности шара, сфероида, трехосного эллипсоида). Равным образом *принцип Смита* следовало бы называть *принципом синхронности гомотаксичных биогеоценозов в региональном масштабе и субсинхронности в глобальном масштабе*. Отметим также, что математическая аппроксимация показывает S-образную форму кривой развития популяций: появление единичных особей нового вида фауны в низах стратиграфического горизонта, обилие особей в ее средней части и резкое уменьшение количества их в верхних горизонтах. Такая аппроксимация удивительно хорошо отражает смысл принятого в биостратиграфии понимания руководящей фауны. Количественная сторона этого вопроса освещена в замечательной работе итальянского математика В. Вольтерра «Математическая теория борьбы за существование».

Укажем, что статистический подход при использовании принципа Смита обнаруживается уже в трудах Ляйеля. Учитывая указанные выше отклонения и анахронизмы, мы нашли возможным распространить на принцип Смита гейзенберговский аналог соотношения неточностей (принципа неопределенности) в виде условия:

$$\frac{1}{\Delta t} \cdot \Delta x = \omega \Delta x \geq a,$$

где $\Delta t = 1/\omega$ — разность времени в образовании сопоставляемых точек биостратиграфического горизонта с гомотаксичными биоценозами (ω — мера точности синхронизации), Δx — расстояние между этими точками, a — некоторая постоянная (угловой коэффициент), характеризующая особенности развития и локализации фауны *данного* горизонта (для планктонной фауны a стремится к бесконечности). Указанное соотношение можно использовать также для объяснения скольжения орогенических фаз по мере увеличения расстояния между сопоставляемыми разрезами с отложениями, гомотаксичными угловыми несогласиями, синорогенными магматическими проявлениями и др. Приведенные выше соображения были изложены нами в 1975 г. в работе, которая озаглавлена «Аналоговое выражение принципа неопределенности в геологии» (Асланян, 1977).

По нашему мнению, в ранг высших принципов должен быть поднят

также термодинамичный принцип минимума смешения. В соответствии с этим принципом относительно малоупорядоченные высокоэнтропийные пыле-газовые облака, магматические расплавы, мутьевые потоки и другие шихтованные массы дифференцируются на более простые, сравнительно однородные (маломинеральные), малоэнтропийные и относительно высокоупорядоченные фракции и фазы.

В теории разделения (флотации и др.) исходная шихта именуется «субстратом», дифференциат (фракция или фаза) — «продуктом», а остаток — «отвалом». Связь между этими динамическими переменными выражается уравнением минимальности смешения $f = \beta xy$, где x, y — концентрации продукта и отвала, а β — коэффициент пропорциональности. Под углом зрения этого принципа можно интерпретировать механизм гравитационной дифференциации первичной малоупорядоченной шихты Земли и процессы образования из нее более высокоупорядоченных, относительно маломинеральных (в статистическом понимании) концентрических геоболочек.

По нашим новым оценкам, объем Земли за все посткатархейское время последовательно уменьшается (изменение радиуса составляет порядка 5 — 6 см за 100 лет), причем уменьшается по изотермическому принципу, а температурная волна по длине равняется по порядку величины радиусу Земли. Уменьшение объема Земли само по себе также предполагает уменьшение ее физической энтропии.

Поскольку одним из важных свойств планетных тел является наличие в них остаточных крупных деформационных структур (изгибы, разрывы и др.), то следует также рассмотреть те общие принципы, которым подчиняются процессы формирования этих структур. По-видимому, могут быть перечислены три таких принципа или правила.

А. Принцип минимума потенциальной энергии. Деформация гравитирующего тела и последующая релаксация напряжений происходят таким образом, чтобы в конце процесса потенциальная энергия тела была минимальной. В случае Земли такому энергетическому состоянию ближе всего соответствует изостатическое состояние литосферы, а для Земли в целом фигура равновесия, определяемая законами гидростатики (по теории Клеро). Коробление литосферы в процессе изменения объема Земли, изменения положения Земли в отношении оси вращения, вследствие конвективных движений глубинных масс и замедления вращения и др. нарушает фигуру равновесия планеты в целом и тектоносферы в частности. Ввиду конечной прочности тектоносферы в ней, в зонах концентраций напряжений, возникают пластические шарниры (геосинклинали, георифтогенали) и зоны разломов (раздвиги, рифты), расчленяющие ее на множество блоков. Изостатическое равновесие в тектоносфере осуществляется взаимным перемещением этих блоков, смятием и выдавливанием межблоковых геосинклинальных масс. Орогенез отражает процесс установления изостатического равновесия с минимумом потенциальной энергии. Тектонические землетрясения представляют ог-

клик на лавинообразное нарастание напряжений (на уровне предела прочности вещества тектоносферы), нарушающие упругую устойчивость тектоносферы.

Б. *Принцип наименьшего действия* предписывает деформируемым массам возможность образования таких типов деформационных структур, которые возникают при наименьших усилиях и затрачивают на свое образование минимальное количество энергии. В зависимости от особенностей внутреннего строения этих масс, их формы и игры сил (применительно к условиям литосферы) будут возникать складчатые синусоидальные структуры, структуры кливажа и разломы, требующие минимального количества энергии. Математическое обоснование этого принципа можно найти во многих руководствах по теории устойчивости и теории сопротивления материалов (С. П. Тимошенко, Т. Карман, Качанов и др.).

В. *Принцип наследственности деформаций* (принцип Больцмана о наследственных средах) предполагает возникновение новых деформационных зон по преимуществу на месте или вблизи старых деформационных зон, причем концентрация напряжений и деформаций происходит в зонах больших градиентов изменения мощности литосферы и в зонах с дислокационными дефектами.

Идея Штилле о перманентности существования геосинклинальных поясов, по-видимому, может быть увязана с этим принципом.

В наших работах на основе известных в механике уравнений С. Ковалевской-Лагранжа и Винклера (теория изгиба твердой плиты на полужидком основании) показано, что при мощности литосферы более 75 км литосфера *самопроизвольно*, под влиянием одного лишь собственного веса, теряет устойчивость и вовлекается в процесс деструкции (в понимании Штилле). Представляется вероятным, что процессы деструкции (вернее, регенерации), наступающие в бывших геосинклинальных областях, после завершения орогенеза, наступают ввиду увеличения мощности литосферы до указанного выше критического предела.

В заключение хочется указать также на принцип дискретности, выражающийся на различных уровнях генерализации в прерывистости в распределении и размещении геологических объектов. Насколько нам известно, эта особенность в системе известных геологических форм организации вещества была отмечена впервые Гегелем в его «Философии природы» (в разделе, посвященном философии геологии), обобщенно об этом говорится в «Диалектике природы» Энгельса. Дискретность в строении стратифицированных толщ, в дифференцированных комплексах гранитоидов, офиолитовых формациях, в рудных телах и полях (вертикальная и пространственная зональность) в слоисто-оболочечной модели Земли в целом и отдельных ее сфер хорошо известны.

Конечно, приведенными выше принципами и правилами не исчерпывается перечень аксиоматических положений геонаук (мы давно привыкли к мысли, что давление, температура, плотность, электропроводность

и репрезентативный атомный вес вещества от поверхности к центру Земли возрастают), но нам кажется неоправданным применение принципа дополнительности. Этот принцип, предлагаемый иногда для объяснения явления конвергенции, с нашей точки зрения неоправданный, поскольку идентичность, например, двух минеральных индивидов, образованных в различных термодинамических условиях, не может быть доказана по признаку сходства лишь этих двух индивидов. Сравнение их в парагенезе с другими минеральными индивидами или примесными элементами может привести к установлению принципиальных различий в условиях становления этих «конвергентных» парагенезов.

Представляется необходимым также уточнить принципы, на которых должны основываться геологические классификации, вопросы объектов и методов исследований в геологии, вопросы соотношений между описательной и теоретической геологией, между индуктивным и дедуктивным методами, детерминизмом и стохастикой в геологии, изучение природы самих стохастических процессов с точки зрения возможности применения к ним положений марковских процессов, выяснение правомерности применения теоремы Байеса о выборе наиболее вероятных гипотез при научном поиске, теоремы Пуанкаре о влиянии фактора времени при упорядочении большого числа случайно сочетающихся объектов, изучение проблемы периодичности геологических процессов, совершенствования теории моделирования и работы по применению системного анализа, гарантирующего правильный прогноз скрытых запасов крупных месторождений полезных ископаемых.

Указанные выше аксиоматические принципы имеют непосредственное приложение в инженерной практике. Геологические изыскания, проводимые в связи с проектированием инженерных сооружений, реализуются посредством палеогеологических реконструкций, выполняемых на основе актуалистического подхода; прогнозные карты сейсмичности составляются на основе принципа наследственности деформаций, ажурные структурные карты, необходимые при поисках и разведке месторождений нефти, газа, угля, солей и др., составляются на основе принципа синхронности гомотаксичных биоценозов и др.

Целью нашей статьи явилось желание заострить внимание теоретиков геологии на необходимости выработки ограничительных критериев, которые позволили бы сосредоточить силы и средства на безусловно правильных (не ложных) путях исследования актуальных проблем геонаук, критериев таких, какие выработали физики в виде великолепного набора законов сохранения и сопряженных с ними частных принципов. Ведь нельзя мириться с таким положением, когда одни высокоавторитетные теоретики строят геологические концепции эволюции Земли, исходя из посылки о сжатии Земли, другие из посылки о расширении Земли.

Мы пытались уточнить отношение современных нам исследователей к классическим принципам геологии, сформулированным еще в XVIII веке, привлечь внимание к необходимости применения их с учетом вероят-

ностно-статистических и релятивистских представлений и, с другой стороны, подчеркнуть и обосновать необходимость применения в геологии некоторых частных принципов термодинамики и механики, которые, как нам кажется, будут весьма полезными для создания единой концептуальной канвы геологии.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 14 V. 1980.

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ԵՐԿՐԱՐԱՆԱԿԱՆ ԴԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՔՍԻՈՄԱՏԻԿԱՅԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում առաջարկվում է երկրաբանական գիտության մեջ արսիոմատիկ սկզբունքների թվարկումը որոշել հետևյալ կերպ.

ա) երկրաբանական ժամանակի ընթացքում Երկրագնդի էնտրոպիայի նվազման սկզբունքները, բ) Երկրագնդի պատմության ընթացքում երկրաբանական պրոցեսների ինվարիանտության (ունիֆորմիզմի, իզոմորֆիզմի, ավելի լայն հավանաբանական իմաստով վերցրած՝ հոմոմորֆիզմի) սկզբունքը (նմանության լրիվության գործակցի կամ Պուանկարիի հասկացությամբ համընդհանուր հաստատունների նշանակությունների ժամանակի ընթացքում փոփոխվելու հնարավորության պայմաններում), գ) շերտերի և վերընթաց տեկտոնական ժածկույթների վրադրման սկզբունքը, դ) հոմոտարսիկ բիոցենոզների միաժամանակության սկզբունքը (ֆիզիկայում գոյություն ունեցող անորոշության անայոգային սկզբունքի սահմաններում), ե) երկրաբանական օբյեկտների ներքին կառուցվածքի դիսկրետության սկզբունքը, զ) ելակետային երկրաբանական «բովախառնուրդի» (մագմայի, հանքաքեր լուծույթի, գերհագեցած աղային լուծույթի, տիղմի և այլն) դիֆերենցիացիայի ընթացքում նվազագույն խառնման սկզբունքը, է) տեկտոնական ստրուկտուրաների ձևավորման ընթացքում նվազագույն էներգիայի սկզբունքը, ը) դեֆորմացիաների ժառանգականության սկզբունքը:

Այդ սկզբունքներին հատուկ ավելացվում է անորոշության սկզբունքը (թ), որը հաստատում է երկրաբանական իրադարձությունների համահարաբերակցության անխուսափելի դժվարացումը դրանց միջև տարածության մեծացման և այն ժամանակային (մասշտաբային) միջակայքի սահմանափակման պատճառով, որի սահմաններում կատարվում է համահարաբերակցությունը:

Լրացումային սկզբունքի ներմուծումը, որն երբեմն առաջարկվում է գուգամետության երևույթի բացատրման համար, անորոշ է. քանի որ, օրինակ, սարքեր թերմոդինամիկական պայմաններում առաջացած երկու միներալային անհատների նույնականությունը չի կարող ապացուցվել լոկ այդ երկու անհատների հատկանիշով: Նրանց համեմատումը այլ միներալային անհատների կամ խառնուրդ տարրերի հետ համատեղ առաջացման պայմաններում կարող է հանգեցնել այդ «դուգամետ» համաառաջարկումների սկզբունքային տարբերությունների հաստատմանը:

ZUR AKSIOMATIK DER GEOLOGISCHEN WISSENSCHAFT

A b s t r a c t

Der Vorgang der Erweiterung der aksiomatischen Basis der Wissenschaft und die Veränderung des Paradigmas der wissenschaftlichen Sicht sind objektive Unentbehrlichkeit. Damit verknüpfen sich die Beschränkungsgesetze (der Art wie Erhaltungsgesetze in der Physik), die eine effektive und zielstrebig wissenschaftliche Such ermöglichen. Alle uns bekannten Naturgesetze und die Prinzipien der wissenschaftlichen Theorien (einschliesslich auch die aksiomatischen Prinzipien der Geologie) haben ein wahrscheinlich-statistisches Wesen, deswegen können Fluktuation oder zufällige Abweichungen keinesfalls als Grund auftreten, dass es darauf verzichtet wird. Dabei sollen die anzuwendenden Prinzipien unter der Berücksichtigung der Errungenschaften der Wissenschaft, der Methodologie der Wissenschaft selbst und der Erfahrung (Praxis) präzisiert und vervollkommenet, sowie hinsichtlich der diskutierbaren Aspekten konkretisiert werden.

Wir halten es für möglich, die Aufstellung der aksiomatischen Prinzipien in der Geologie wie folgt zu bestimmen.

a) das Prinzip der Verminderung der Entropie der Erde innerhalb der geologischen Zeit, b) das Prinzip der Invarianz (der Unimorphismus, Isomorphismus, in einem breiteren und wahrscheinlichen Sinne Homomorphismus) geologischen Vorgänge im Laufe der Erdgeschichte (bei der eventuellen zeitlichen Variation des Ähnlichkeitsvollständigkeitskoeffizienten oder der Bedeutung der Universalkonstanten laut Pankarev's Auffassung), c) das Prinzip der Superposition der Stratone und der emporsteigenden tektonischen Decke, d) des Prinzip der Gleichzeitigkeit der homotaxen Biozonosen (im Rahmen des Analogonprinzips der Unbestimmtheit in Physik), e) das Diskrettheitsprinzip des inneren Baus der geologischen Objekte, f) das Prinzip des Vermischungsminimums bei den Differenzierungsvorgängen der geologischen Ausgangsschicht (Magmas, erzhaltigen Lösung, Sole, Schlammes u. a.), g) das Prinzip des Energieminimums bei der Formierung der tektonischen Strukturen, h) das Prinzip der Erbhlichkeit Deformationen.

Zu diesen Prinzipien haben wir noch extra i) das Unbestimmtheitsprinzip hinzugefügt, welches die Unvermeidlichkeit der Verschlechterung der Alterskorrelation der geologischen Ereignisse bestätigt, während sich die Abstände zwischen den letzten vergrössern und die Zeitspanne, innerhalb deren die Korrelation erfolgt, sich einschränken.

Wir halten es für notwendig, auch die Prinzipien zu klären, auf die geologischen Klassifikationen, die Fragen der Objekte und Forschungsmethoden, die Fragen des Verhältnisses zwischen der deskriptiven und der theoretischen Geologie, zwischen den induktiven und de-

duktiven Methoden, zwischen dem Determinismus und Stochastik in der Geologie, das Erforschen des Wesens der stochastischen Vorgänge selbst hinsichtlich der Anwendungsmöglichkeit der Leitsätze über die Markovvorgänge, die Klärung der Rechtmässigkeit der Verwendung der Baies-Theorie über die Wahl der meist wahrscheinlichen Hypothesen bei der wissenschaftlichen Suche, die Poincarétheoreme über den Einfluss des Zeitfaktors bei dem Ordnen einer grossen Anzahl der zufällig kombinierten Objekte, die Erforschung des Regelmässigkeitsproblems der geologischen Vorgänge, sowie des der Vervollkommnung der Modellierungstheorie und die Arbeiten zur Anwendung der Systemanalyse, die eine richtige Prognose für umfangreiche latente Lagerstätten der Bodenschätze gewährleistet, aufbauen sollen.

Die obenerwähnten aksiomatischen Prinzipien haben unmittelbare Anwendung in der Ingenieurpraxis. Die geologischen Untersuchungen, die im Zusammenhang mit der Projektierung der ingenieurmässigen Anlagen durchzuführen sind, werden mittels der paläogeologischen Rekonstruktionen realisiert, die ihrerseits auf der Grundlage der aktualistischen Herangehens erfolgen; die Prognosekarten der Seismizität werden anhand des Deformationserblichkeitsprinzips zusammengestellt, die durchbrochenen Strukturkarten, die bei der Suche und Schürfung der Lagerstätten von Erdöl, Gas, Kohle, Salze u. a. unentbehrlich sind, werden auf der Grundlage des Synchronismusprinzips der homotaxen Biozonosen u. a. zusammengestellt.

Die Einführung des Zusätzlichkeitsprinzips, dem manchmal für die Erklärung der Konvergenzerscheinung zugelaufen wird, ist nach unserem Dafürhalten ungerechtfertigt, weil die Identität z. B. von zwei Mineralindividuen, die unter verschiedenen thermodynamischen Bedingungen gebildet worden sind, nach dem Ähnlichkeitsmerkmal nur dieser beiden Individuen nicht bewiesen werden kann.

Der Vergleich der beiden in der Paragenesis mit anderen Mineralindividuen oder mit Beimischungselementen kann zur Feststellung der grundsätzlichen Unterschiede in den Bedingungen des Werdens dieser Paragenesiskonvergenze führen.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамович И. И.* (ред.). Методы теоретической геологии. «Недра», М., 1978.
2. *Акопян Г. Я., Вегуни А. Т., Птухян А. Е.* Палеогеновая система. Геология СССР, т. XVIII, Армянская ССР, М., 1970.
3. *Амбарцумян В. А., Всехсвятский С. К.* и др. Проблемы современной космологии, М., 1972.
4. *Апродоз В. А.* Классификация наук о Земле в связи с геологическими движениями материи. В кн. «Жизнь Земли». Изд. МГУ, № 1, 1961.
5. *Асланян А. Т.* Исследование по тектонической деформации Земли. Ереван, 1955.
6. *Асланян А. Т.* Квантовое представление внутреннего строения Земли. Известия АН Арм. ССР, геол. и геогр. науки, т. XVI, № 6, 1963.
7. *Асланян А. Т.* Динамические проблемы геотектоники. М., 1960.

8. Аслабян А. Т. Аналоговое выражение принципа неопределенности в геологии. Тр. АГО, вып. 1, Ереван, 1977 (1975).
9. Аслабян А. Т. Некоторые общие вопросы вещественно-структурной эволюции и вулканно-тектонической активности планет земной группы. Сб. «Тектоника и вулканизм планет», т. II. Изд. АН Арм. ССР, 1977.
10. Аслабян А. Т. К расчету скорости векового изменения радиуса Земли. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 5, 1978.
11. Белоусов А. Ф. Системный подход и некоторые методологические проблемы исследованию геолого-географических формаций. Сб. «Методологические и философские проблемы геологии». Новосибирск, 1979.
12. Белоусов В. В. Основы геотектоники, М., 1975.
13. Берталини Л. Общая теория систем — критический обзор. «Исследования по теории систем», М., 1969.
14. Бубнов С. Основные проблемы геологии. М., 1960.
15. Бунге М. Философия физики. М., 1975.
16. Вернадский В. И. Размышления натуралиста, М., 1975.
17. Виноградов А. П. Происхождение оболочек Земли. Известия АН СССР, сер. геол., № 11, 1962.
18. Виньковецкий Я. А. Геология и общая теория эволюции. Л., 1971.
19. Воронин Ю. А., Еганов Э. А. Методологические вопросы применения математических методов в геологии. Новосибирск, 1974.
20. Гейзенберг В. Физика и философия. М., 1963.
21. Гордеев Л. И. История геологических наук, ч. 1, М., 1967.
22. Данбар К., Роджерс Дж. Основы стратиграфии, М., 1969.
23. Драгунов В. И. Геологические формации, Л., 1973.
24. Ивашевский Л. И. Философские вопросы геологии. «Недра», Новосибирск, 1979.
25. Капустинский А. Ф. К теории Земли. «Вопросы геохимии и минералогии», М., 1956.
26. Кедров Б. М. Предмет и взаимосвязь естественных наук, М., 1962.
27. Косыгин Ю. А. О положении геологии среди других наук и об основных проблемах современной геологии. Геология и геофизика, № 8, 1963.
28. Косыгин Ю. А., Яншин А. Л. Геология, статья в БСЭ, т. 6, 1971.
29. Косыгин Ю. А., Соловьев В. А. Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях. Известия АН СССР, сер. геол., № 6, 1969.
30. Красный Л. И. Проблемы тектонической систематики. М., 1972.
31. Кропоткин П. И. Возможная роль космических факторов в геотектонике. «Геотектоника», № 2, 1970.
32. Круть И. В. Введение в общую теорию Земли. М., 1978.
33. Кун Т. Структура научных революций. М., 1973.
34. Леонов Г. П. Основы стратиграфии, т. I—II. М., 1973, 1974.
35. Личков Б. Л. К основам современной теории Земли. Л., 1965.
36. Магницкий В. А. Внутреннее строение и физика Земли. М., 1965.
37. Марков К. К. Палеогеография, М., 1960.
38. Мейн С. В. Понятия «естественность» и «одновременность» в стратиграфии. Известия АН СССР, сер. геол., № 5, 1974.
39. Менкер В. В. Пространственное значение стратиграфических подразделений. Бюлл. МОИП, отд. геолог., № 2, 1971.
40. Монин А. С. История Земли, М., 1978.
41. Назаров И. В. Методологические аспекты современного положения геологии и ее будущего. Новосибирск, 1975.
42. Пейве А. В., Штрейс А. Н. и др. Океаны и геосинклиальный процесс. ДАН СССР, т. 196, № 3, 1971.
43. Перельман А. И. Очерки философии наук о Земле. М., 1972.
44. Плахотник А. Ф. Предмет и структура учения о геосистемах. Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, вып. 39, 1973.

45. *Поспелов Г. Л.* О проблеме конвергенции в петрографии и геологии. Проблемы магмы и генезиса изверженных горных пород. М., 1963.
46. *Равикович А. И.* Развитие основных теоретических направлений в геологии XIX века. М., 1963.
47. *Рауп Д., Стэнли С.* Основы палеонтологии. М., 1974.
48. *Садыков А. М.* Идея рациональной стратиграфии. Алма-Ата, 1974.
49. *Сидоренко А. В.* Человек, техника, Земля. М., 1967.
50. *Симиков К. В.* Время в стратиграфии. «Методол. вопр. геол. наук», Киев, 1974.
51. *Смирнов С. С.* Состояние и задачи теоретической геологии. Известия АН СССР, сер. геол., № 7, 1974.
52. *Соколов Б. С.* Периодичность (этапность) органического мира и биостратиграфические границы. Геол. и геофизика», № 1, 1974.
53. *Степанов Д. Л.* Об основных принципах стратиграфии. Известия АН СССР, сер. геол., № 10, 1964.
54. *Федоров Е. К.* Методологические проблемы наук о Земле. Вопросы философии, № 7, 1966.
55. *Шанцер Е. В.* К методологии историко-геологического исследования. «Геотектоника», № 2, 1970.
56. *Шарапов И. П.* Методологические проблемы геологии (о метагеологии). «Геология и геофизика», № 11, 1972.
57. *Шафрановский И. И., Плотников Л. М.* Симметрия в геологии. Л., 1975.
58. *Шиндевольф О.* Стратиграфия и стратотип. М., 1975.
59. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? (с точки зрения физика). М., 1972.
60. *Штилле Г.* Избранные труды. М., 1964.
61. *Яншин А. Л.* Дискуссионные вопросы развития геологических наук. Сов. геология, № 4, 1966.
62. *Яншин А. Л.* Развитие геологии и ее современные особенности. Сб. «Методологические и философские проблемы геологии». Новосибирск, 1979.
63. *Gilluly I.* Distribution of mountain building in geologic time. Bull. Geol. Soc. Amer., 60, 1949.
64. *Guntau M.* Zum Problem der Klassifizierung in geologischen Wissenschaften. Ber. Geol. Ger., 8, 1963.
65. *Hedberg H.* Stratigraphic boundaries. Eclog. Geol. Helv. 63, 2, 1970.
66. *Lauterbach R.* Prognostische Aspekte der Entwicklung der Geologischen Wissenschaften. Ber. Deutsch. Ges. Geol. Wiss. A. Geol. Palaont. 14, 1, Berlin, 1969.
67. *Lyell Ch.* Elements of Geology (VI ed.). N. Y. 1886.