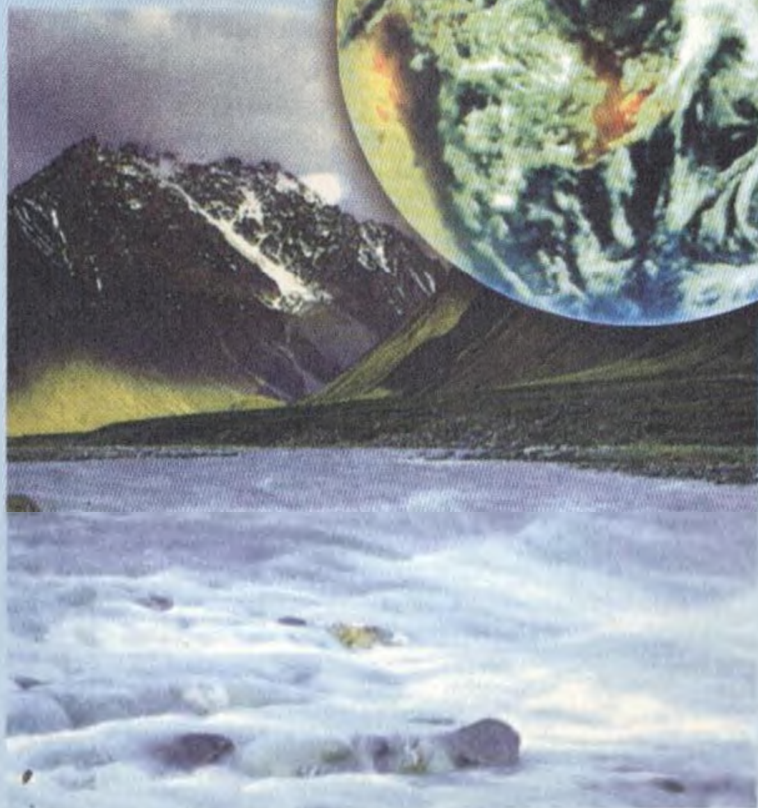


В.Л. Иванова

ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И ГЕОЭКОЛОГИЯ



Владивосток
Дальнаука

**RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
FAR EASTERN BRANCH**

Far East Geological Institute

V.L. Ivanova

**NATURAL SYSTEMS
AND
GEOECOLOGY**



**Vladivostok
Dalnauka
2000**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Дальневосточный геологический институт

В.Л. Иванова

**ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ
И
ГЕОЭКОЛОГИЯ**



Владивосток
Дальнаука
2000

УДК 551.1+504+549+552] (075)

Иванова В.Л. Природные системы и геоэкология. Владивосток: Дальнаука, 2000. 84 с. ISBN 5-7442-1198-5.

Монография представляет собой краткое изложение лекционного курса "Геоэкология", прочитанного студентам-геоэкологам. Рассмотрены теоретические основы развития и взаимодействия природных систем различных иерархических уровней и разных уровней организации материи, вопросы эволюции Земли, возможности выхода из современного экологического кризиса.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов геологических и экологических специальностей, а также для всех интересующихся данными вопросами.

Ключевые слова: геоэкология, природные системы, геосферы, эволюция, экологический кризис.

Ил. 17, библи. 68.

Ivanova V.L. Natural systems and geoecology. Vladivostok: Dalnauka, 2000. 84 p. ISBN 5-7442-1198-5.

The monograph presents a short account of the "Geoecology" lectural course, delivered to the students-geoecologists. Theoretical bases of development and interaction of the natural systems of different hierarchical levels and different levels of the substance organization. The problems of the Earth evolution and possibilities of the way out the modern ecological crisis are discussed.

The monograph can be used as a textbook for the geological faculties and students-geocologists of other faculties.

Key words: geoecology, natural systems, geospheres, evolution, ecological crisis.

Ill. 17, bibl. 68.

Ответственный редактор В.А. Абрамов
Рецензент Р.И. Полевских

Утверждено к печати Ученым советом
Дальневосточного геологического института ДВО РАН

ISBN 5-7442-1198-5

© В.Л. Иванова, 2000 г.
© Дальнаука, 2000 г.

ВВЕДЕНИЕ

Земля — это единая глобальная система, развивающаяся по тем же законам, что и все земные природные системы. Геоэкология — экология планеты на всех ее иерархических уровнях. Геоэкология как самостоятельная наука еще только складывается, ассимилируя имеющиеся у человечества знания как научные — от физики и биологии до планетологии и астрономии, так и просто интуитивные. Междисциплинарность геоэкологии настолько существенна, что ведутся споры о том, наука ли это вообще, или лучше говорить об экологическом мышлении как о философском течении. Ученые многих специальностей обеспокоены состоянием природной среды и пытаются внести свой вклад в экологию. Часто можно встретить в публикациях обсуждение таких вопросов, как выживание, экологические катастрофы, экологическая емкость и т. д. Разные авторы, оперируя представлениями своего научного направления, вкладывают в подобные термины специфическое понимание, причем обычно не оговаривают его. В результате часто теряется ценная научная информация. Единый системный подход к экологическим проблемам поможет пониманию и максимальному использованию достижений смежных специалистов. В материальном мире действуют общие законы возникновения, развития, разрушения систем. Некоторые закономерности легче понять на примерах более простых (косных) объектов, другие очевиднее проявляются в объектах живых. Для понимания процессов глобального развития Земли необходимо знать, что происходит в ее естественных системах на всех иерархических уровнях.

Название соответствующих учебных курсов в различных университетах неодинаково: “Геоэкология”, “Экологическая геология”. Едино концептуальное содержание, а именно связь экологии и геологии. На этом основании акцент в изложении материала сделан на описание природных систем, образованных косным веществом, и природных процессов, происходящих в литосфере.

Глава 1

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ЭКОЛОГИИ

По теории систем и системному анализу существует много литературы. Полный обзор многочисленных определений, характеристики разновидностей и свойств систем можно найти в монографиях В.Н. Садовского [51] и В.Н. Костюка [39]. Ниже приведем лишь некоторые понятия, необходимые для дальнейшего обсуждения.

Одно из самых общих определений системы — это совокупность тел, которая мысленно отделяется от всего окружающего, или другое: множество взаимосвязанных элементов, выступающих как единое целое. Но не всякое множество элементов можно назвать системой, даже если оно занимает единый объем. Например, куча гравия — это не система. Она может стать системой, если в ней по каким-то внутренним законам пойдут энергетические процессы, т. е. из обломков других систем зародится новая. С другой стороны, системный подход включает в себя принцип относительности: объект может быть системой относительно одних свойств и не быть относительно других.

Система — это совокупность некоторых элементов, объединенных общей энергией и общей информацией.

Элементы системы — это любые объекты, которые для данной системы являются неделимыми, т. е. их внутреннее строение не влияет на системные процессы.

Иерархия систем — это их соподчиненность. Любая система является сложным иерархическим образованием. Системы одного уровня могут объединяться в мегасистемы и делиться на подсистемы. Элементы систем сами могут являться системами более низкого порядка.

Развивающиеся (изменяющиеся) системы — это такие, в которых “периодически изменяются законы (способы) [39. С. 3] их

изменения". Предпосылкой развития систем является их неравно-
весность, неустойчивость.

В отличие от развивающихся систем *статические (квазиста-
тические) системы* не изменяются или меняются так медленно,
что могут считаться неизменными [59].

Для описания процессов в системах используются термоди-
намические понятия: *внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость,
энтропия*. Эти функции достаточно описаны в учебниках, напри-
мер в замечательной монографии А.Г. Булаха [7]. При изучении
сложных природных систем оказалось, что термодинамические ха-
рактеристики бывают недостаточны и требуются такие понятия,
как *информация, альтернативность, спонтанность, неопределенность*
и др. [39].

1.2. ОБОСОБЛЕННАЯ СИСТЕМА: ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА, ВНУТРЕННЯЯ И ВНЕШНЯЯ СРЕДА, ЭНЕРГИЯ И ИНФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ

В данной работе будет уделено внимание вопросам взаимо-
действия только обособленных развивающихся систем различных
уровней. В принципе, все системы обособлены от окружающей
среды по определению [51. С. 84], но в некоторых случаях их гра-
ницы расплывчаты или занимаемое ими пространство и время не
являются неразрывными. Кроме того, нет смысла оперировать здесь
системами логическими и классификационными, которые явля-
ются специфическим способом организации знаний. Все, что на-
ходится за пределами системы, составляет ее внешнюю, окружаю-
щую среду (ОС). Внутренней средой называется та часть системы,
которая не входит в элементы, но обеспечивает связь между ними.

Обособленной системой будем называть реальную (физичес-
кую) систему, занимающую в определенное время ограниченное
неразрывное пространство независимо от степени ее открытости.
Примерами обособленных систем могут быть планеты, магмати-
ческие расплавы в камерах, рудно-магматические системы разных
масштабов, гидротермальные системы, генерирующие месторож-

дения и отдельные жилы, организмы на разных стадиях развития, геологические комплексы, социальные объекты (предприятия, государства), информационные блоки с их материальными носителями.

По степени открытости в термодинамике и геохимии выделяются системы закрытые (без всякого обмена с ОС), изолированные (обменивающиеся с ОС только энергией) и открытые, которые обмениваются с ОС энергией и веществом (в конечном счете энергией и информацией). Практически обособленные природные системы всегда полуоткрыты, т. е. открыты для одних факторов и закрыты для других.

Каждая система, как уже упоминалось выше, обладает общей внутренней энергией и информацией, определяющей порядок внутреннего и внешнего использования энергии.

Внутренняя энергия — это “все собственные энергетические ресурсы системы, заключенные в данный момент в ней самой и обусловленные ее составом, строением и характером силовых полей в ней. Во внутреннюю энергию входят кинетическая и потенциальная энергия взаимодействия частиц системы, внутримолекулярные и внутриаомные энергетические запасы, энергия межатомного пространства системы; ... внутренняя энергия есть функция состояния системы” [7. С. 14].

Внутренняя энергия — это потенциальная энергия системы, которая в результате воздействия информации (внешней или внутренней) может переходить в кинетическую энергию в виде количества тепла или работы. Принято работу системы над ОС считать положительной, а работу ОС над системой — отрицательной.

Часто в системах рассматривают *энергию связи*, которая является частью внутренней энергии, характеризующей только верхний уровень системы, а именно взаимодействие ее элементов.

Свободная энергия — это термодинамическая функция, показывающая, какая часть внутренней энергии может перейти в кинетическую в результате данного процесса при данных условиях.

Энергетическая емкость системы — это количество энергии, которое система может переработать (использовать, перевести в потенциальную форму), не разрушая собственной структуры, а только совершенствуя ее.

Энтропия — функция термодинамической вероятности и одновременно показатель устойчивости системы и ее внутреннего беспорядка, неорганизованности, неопределенности.

Информация — величина, обратная энтропии, “мера уменьшенной неопределенности” [8. С. 27]. Информация всегда записана на материальном носителе в виде структуры вещества или поля, она может быть воспринята другой материей или потеряна при разрушении носителя. Это относится и к живым системам: “Биологически значимый сигнал всегда сопряжен с веществом (полем) и соответствующей формой энергии.” [6. С. 20]. Число степеней свободы системы — по сути число информационных вариантов энергетических проявлений. Информация, записанная в структуре: 1) активизирует энергию, т. е. переводит ее из потенциальной в кинетическую; 2) накапливает энергию, переводя ее из кинетической в потенциальную путем усложнения структуры; 3) информация контактной матрицы обеспечивает обмен энергией и информацией с окружающей средой. С другой стороны, преобразование (и создание) информации невозможно без градиента энергии и определенных кинетических параметров.

Практическое изучение взаимодействия реальных систем ведется, конечно, с учетом обмена веществом. Нет смысла подсчитывать потенциальную энергию и количество информации в веществе, если оно остается неизменным. Выделяемые иногда изолированные (“открытые только для тепла”) системы отличаются от остальных лишь уровнем взаимодействия с ОС. Потенциальная энергия вещества перейдет в кинетическую только в определенных условиях, а именно при разрушении структуры: частично (в зависимости от степени разрушения) при химических или ядерных реакциях и полностью при аннигиляции.

Методика расчета количества информации предлагается и геохимиками [8], и биохимиками [6]. Однако более привычно при изучении геохимических систем измерять и рассчитывать не количество информации, а энтропию. Энтропию вещества и ее изменения при переходе системы в другое состояние рассчитывают, измеряя теплоемкость, частоты инфракрасного излучения, оптическую плотность и т. д. Физики используют даже особые названия для замеренных значений: “колебательная” энтропия, энтропия “смещения” и др. Подобные термины определяют только метод измерения, а полученные значения характеризуют именно ту часть общей энтропии, которая измеряется данным методом. Например,

величина энтропии “смещения”, или “структурной”, зависит от уровня структурного изучения вещества: атомный, молекулярный или это смещение веществ в многокомпонентной мегасистеме. Проводя системный анализ, следует учитывать уровневую относительность значений используемых величин энтропии.

В некоторых работах обсуждаются взаимный переход информации в энтропию и обратно, увеличение информации системы за счет уменьшения ее в ОС [8], “поток энтропии” [43], “отвод энтропии” из системы [65] и т. д. Такая интерпретация представляется некорректной. Можно говорить о переходе одной структуры в другую, одного состояния в другое, о передаче энергии из одной системы в другую. Нарастание информации и уменьшение энтропии — это одновременный процесс, но не переход одного в другое. Для данных абстрактных категорий, которые являются производными от более простых величин (энергии, времени, пространства и т. д.), “законы сохранения” не работают в одном системно-иерархическом уровне. Изменение информации в системе сопровождается соответствующим изменением энтропии в мегасистеме более высокого порядка. С другой стороны, информация одной системы (источника) может быть воспринята (скопирована) другой системой, но при этом в первой системе она не уменьшится (имеется в виду именно сохранение информации, а не “клише”).

1.3. ЗАЩИТНЫЕ ОБОЛОЧКИ СИСТЕМ: СТРОЕНИЕ, РАЗНОВИДНОСТИ, ФУНКЦИИ

Каждая обособленная система имеет защитную оболочку, отделяющую ее от окружающей среды [33]. Развитие системы вообще возможно только в том случае, если она имеет положительный градиент энергии по отношению к окружающей среде. Энергия должна быть защищена. В процессе эволюции она тратится на создание информации, т. е. совершенствование структуры. Если энергии хватает только на преодоление самопроизвольного роста

энтропии, то развития не происходит. Эволюционирующие системы, в том числе живые объекты (организмы, экосистемы), всегда полуоткрыты, т. е. их защитная оболочка полупроницаема, через нее происходит обмен с окружающей средой энергией и информацией. Обычно говорят об обмене веществом, но в самом общем теоретическом понимании вещество можно рассматривать как потенциальную энергию, определенным способом организованную, иными словами, вещество — это энергия плюс информация.

Примерами защитных оболочек могут служить внешние оболочки планет, зоны закалки магматических расплавов, геохимические барьеры, границы государств, горные породы и геологические структуры — вместилища экосистем. Беспредельно разнообразие защитных оболочек живых организмов.

Защитная оболочка — это внешняя часть системы, быстро теряющая энергию и отмирающая (в ней прекращаются информационные процессы: упорядочение). Эта “мертвая” подсистема ограничивает открытость системы, защищая ее от ОС. Зоны закалки расплавных систем представляют собой недифференцированное вещество, часто даже без кристаллической структуры. В живых системах с самого начала развития сразу идет дифференциация клеток (хотя потом в процессе жизни эта уже созданная покровная оболочка постоянно отмирает и собственно на границе с ОС опять находится “мертвая” подсистема). Геохимический барьер — это нейтральная зона между системами, здесь не происходят реакции, т. е. опять инертная “мертвая” прослойка. В зависимости от масштаба и вида систем граница между ними может быть в различной степени постепенной, образуя так называемую “буферную” зону. Граница между экологическими, социальными системами вряд ли может быть обозначена как А-Б, скорее, подойдет формула А-аб-Б. Геохимический барьер — это частный случай буферной зоны.

Представление о защитных оболочках систем открывают два пути экологической защиты: 1) снизить контактность загрязняющих веществ, находящихся в ОС (по сути дела, изолировать их на соответствующем уровне); 2) не допустить проникновения загрязняющих веществ через защитную оболочку системы, усовершенствуя ее.

1.4. КОНТАКТНАЯ МАТРИЦА СИСТЕМЫ. СПОСОБЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ВНЕШНЕЙ ИНФОРМАЦИИ. МЕХАНИЗМЫ КОНТАКТА: СТРУКТУРНЫЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ

Для контакта с окружающей средой в защитной оболочке в процессе развития образуются соответствующие структурные элементы, дающие возможность распознавать факторы, действующие на систему. Комплекс этих элементов составляет *контактную матрицу* системы (рис. 1). Не препятствуя воздействию полезных для системы факторов (способствующих ее сохранению и развитию), контактная матрица создает информационную преграду для вредных (опасных) факторов [33]. Элементы контактной матрицы действуют подобно штекеру и гнезду для подключения приборов к питанию. Взаимодействие между системами возможно только при совпадении контактных элементов: химического сродства веществ, когерентности силовых полей, совпадения значений терминов и знаков. Это касается и живых систем: "среди множества биополимеров, синтезируемых организмом, всегда есть функциональная структура, комплементарная любому поступающему в него соединению" [6. С. 20]. Дисимметричные (киральные) структуры защитных оболочек живых организмов очень быстро оценивают поступающую извне информацию, в том числе и биополя живых индивидов. Элементом контактной матрицы глобальной системы Земля является жизнь как механизм аккумуляции планетой космической, в частности солнечной, энергии.

Как уже говорилось, система обменивается с ОС энергией и информацией.

Обмен энергией с ОС. Энергия передается с помощью работы и теплоты. Теплота — это форма передачи энергии от тела к телу за счет их температурных уровней, без совершения работы. С точки зрения кинетической теории строения материи теплота связана с движением микрочастиц вещества и представляет собой микрофизическую форму передачи энергии. Работа — макрофизическая форма [7]. Взаимоотношения между теплотой и работой определяются I началом термодинамики: $Q=dU+A$.

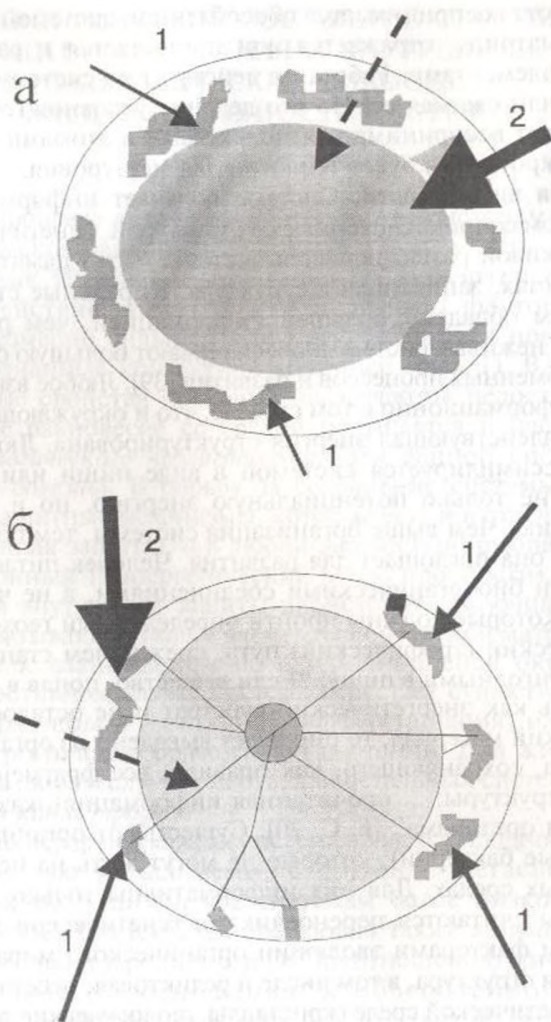


Рис. 1. Схема обособленной системы. Защитная оболочка с элементами контактной матрицы, которые по-разному реагируют на различные внешние воздействия. а – геохимическая система; б – живая система с центром управления контактной матрицей. Сплошные стрелки – внешнее воздействие, распознанное контактной матрицей (1 – нормальное воздействие, 2 – катастрофическое воздействие), пунктирные – нераспознанное

Теплота воспринимается обособленной системой через ее контактную матрицу, отражается или поглощается и распределяется между ее элементами. Работа же действует на систему в целом, перемещая или сжимая ее. Но это деление условно. Теплота макроуровня будет восприниматься молекулами и атомами как работа, а работа макроуровня будет теплотой для мегауровня.

Обмен информацией. Система получает информацию об ОС посредством соприкосновения с ее структурой. Генетическая информация неживой развивающейся системы — это память о прошлых ее состояниях, записанная в структуре. Киральные структуры живых систем обладают большей информацией, чем рацемические структуры неживых систем, и обеспечивают большую скорость протекания обменных процессов и развития [39]. Любое взаимодействие систем информационно в том смысле, что и окружающее пространство, и воздействующая энергия структурирована. Любая материя, которая ассимилируется системой в виде пищи или ксенолитов, содержит не только потенциальную энергию, но и структурную информацию. Чем выше организация системы, тем более сложные структуры она поглощает для развития. Человек питается соответствующими биоорганическими соединениями, а не чистыми элементами, которые должны пройти определенный геохимический и биохимический (трофический) путь, прежде чем станут информационно пригодными в пищу. “Если вещество, попав в организм, не окислилось как энергетический субстрат и не осталось в нем как пластический материал, то оно будет выведено из организма в виде метаболита, сохраняющего, как правило, все фрагменты первоначальной структуры; ... прочитанная информация оказалась бесполезной для организма” [6. С. 20]. Существуют организмы (вирусы и некоторые бактерии), которые не могут жить на искусственных питательных средах. Для них информативны только живые клетки. Вирусы считаются переносчиками генетической информации и важными факторами эволюции органического мира [28].

Любая структура, в том числе и реликтовая, несет информацию о своей генетической среде (кристаллы, геологические тела, организмы, симбиозы, биоценозы), реликтовые биологические виды — о былой обстановке их зарождения. В социальных системах “культурная” информация, которую В.А. Зубаков [31] считает надгенетической, тем не менее тоже определяется ретроспективным состоянием породившей ее системы.

1.5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ. ЗАЩИТА КОНТАКТНАЯ И ВНУТРЕННЯЯ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ, ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СИСТЕМ

Если в процессе обмена с ОС или между системами сохраняется динамическое равновесие — это состояние и есть *экологическое благополучие*. Изменение параметров ОС незначительно для системы. Воздействие вредных (или полезных) факторов может оказаться чрезмерно сильным или могут появиться новые факторы, не распознанные контактной матрицей (рис. 1). В таких случаях защитные свойства оболочки оказываются недостаточными, динамическое равновесие со средой нарушается и наступает состояние *экологического неблагополучия* для данной системы (для организма — *болезнь*). В борьбу за сохранение системы вступают внутренние защитные механизмы, которые есть и в отдельном организме (иммунная защита), и в любой эволюционирующей системе (информационный и энергетический запас прочности). В результате действия внутренней защиты происходит самоочищение системы и вырабатываются новые элементы контактной матрицы (приспособление к взаимодействию с изменившейся окружающей средой), в противном случае система перестает существовать: распадается на ряд новых (ликвидация, дифференциация) или ассимилируется энергетически более емкой системой. Для живого организма — это в любом случае смерть, для остальных систем — *кризис, экологическая катастрофа*.

Согласно иерархии каждая система является, с одной стороны, составной частью мегасистемы, с другой — мегасистемой по отношению к входящим в нее системам более низкого уровня, включая и их ОС. Системы одного уровня также взаимодействуют и обычно выступают в роли части ОС по отношению одна к другой. ОС может быть по отношению к обособленной системе агрессивной, нейтральной или питательной, именно она обеспечивает выживание, развитие или гибель последней.

При повышении агрессивности окружающей среды система вынуждена постоянно тратить энергию на усиление защитной оболочки, а при экологическом неблагополучии — на внутренние защитные процессы (очистка, регенерация, выработка новой

защитной информации). Способы усиления защитной оболочки многообразны: увеличение количества защитных клеток, в том числе обреченных на отмирание, ороговение кожных тканей, одревеснение побегов, образование минеральных фаз на геохимическом барьере и др. Новая защитная информация создается в виде структур, комплементарных внешним агентам.

Все процессы регенерации и образования информации идут с определенной скоростью, поэтому экологически важно даже временное прекращение агрессии на систему (для человека временный отдых в рекреационной среде). Пример восстановления внутренней защиты — иммунокоррекция. Для организма — это внутренняя защита, а для “охранных” элементов, например макрофагов, восстановление их контактной матрицы: в результате воздействия иммуномодуляторов у макрофагов изменяется их поверхность, что ведет к увеличению их поглотительной и переваривающей способности.

Экологическая защита должна охватывать те уровни организации материи, с которых возможна мобилизация энергии. Например, радиоактивные вещества испускают энергию с квантового уровня, а органические яды действуют на уровне молекулярном. Чем глубже действующий энергетический интервал, тем труднее и затратнее защита. Для системы предпочтительнее создание общей защитной оболочки, а не многочисленных защит ее подсистем и тем более элементов. На примере закрытых прежде городов, в том числе и Владивостока, наглядно видно, что уровень безопасности жизни в нем после открытия значительно снизился. Социальное благополучие населения заметно ухудшилось: усилился рост преступности, появилось расслоение общества, духовные разногласия людей; увеличилось загрязнение ОС в связи с широким распространением автомобильного бизнеса.

Выводы

1. Состояние систем и процессы, протекающие в них, определяются градиентом внутренней энергии и соотношением величин энтропия—информация;

2. При объединении элементов в систему они выделяют часть своей энергии, которая становится общей системной энергией связи. Для усложнения (образования) структуры необходимо, чтобы

это выделение управлялось соответствующей информацией, роль которой выполняет кинетика процесса. Для разрушения (упрощения) структуры необходим импульс внешнего энергетического воздействия;

3. Каждая обособленная система имеет внешнюю инертную подсистему в качестве защитной оболочки;

4. Для взаимодействия с ОС в защитной оболочке образуется контактная матрица, контролирующая энергетический и информационный обмен;

5. Экологическое благополучие — состояние, при котором сохраняется динамическое равновесие системы с ОС;

6. При нарушении динамического равновесия возможны два варианта: восстановление экологического благополучия внутренними защитными механизмами или экологическая катастрофа, кризис системы.

РАЗВИТИЕ ОБОСОБЛЕННЫХ СИСТЕМ

В естественных системах время их существования всегда ограничено. Они возникают, развиваются, погибают. На их месте из их обломков (материалов) возникают новые системы. В отличие от такой временной смены систем *развитие, эволюция* означают, что система в процессе изменения сама порождает новое свое состояние, отличное от предыдущего. Временная смена систем — тоже развитие, но развитие охватывающей их мегасистемы.

Первым этапом в существовании обособленной системы является образование защитной оболочки. Развитие обособленной системы или отсчет системного времени в ней начинается с первых неравновесных реакций. До этого момента система представляет собой хаос на определенном иерархическом уровне, она подобна вакууму, в котором возникают и аннигилируются виртуальные частицы и кванты энергии.

Принято считать [8] прогрессивным такое изменение геохимических систем, которое сопровождается уменьшением энтропии и, соответственно, увеличением их сложности, плотности, разнообразия подсистем или дифференцированности. В экологических системах прогрессивное развитие выражается в увеличении их мозаичности, биоразнообразия [37]. в биологических оно определяется генетической информацией, а при смене стадий онтогенеза и поколений прогрессивная эволюция ведет к усложнению организма, повышению ранга его в трофической цепи. Регрессивное изменение идет с нарастанием энтропии в системе, что выражается в рассеивании химических элементов, расширении пространства, смещении фаз. В геоэкологических системах биохимические процессы ведут к концентрированию элементов в организмах и рассеиванию их потом вместе с мертвой органикой в косном веществе новой системы, затем метаморфизм с рассеиванием или концентрацией, опять дифференциация при выплавлении магмы (часть вещества идет в расплав, а часть остается в виде респитов). Так в процессе развития происходит многократная дифференциация вещества.

Первоначально термин эволюция означал постепенное развитие в отличие от революции, скачка. В науках о Земле эволюция и развитие — термины однозначные [17], сейчас к такой трактовке переходят и в других областях знаний, концентрируя внимание на иных категориях сложности и особенностях процесса развития.

Развитие может идти *линейно* и *нелинейно*. Понятие о линейных и нелинейных процессах пошло из теории волн [45]. Линейные процессы описываются простыми линейными математическими формулами. Нелинейные процессы идут по более сложным законам, их математические выражения нелинейны. Можно показать их различия через понятие стационарного состояния. Стационарным называется такое состояние динамической системы, которое не зависит от времени и длится довольно долго [39]. В стационарном состоянии процессы накопления или утраты информации идут медленно и могут быть обратимыми (тогда состояние устойчиво) и необратимыми (неустойчивое стационарное состояние). Внутренняя энергия в стационарном состоянии не меняется.

Линейное развитие соответствует устойчивому стационарному состоянию системы. Оно всегда однонаправлено. Нелинейное развитие предполагает в потенциале системы несколько стационарных состояний, которые реализуются (актуализируются) в зависимости от внешних и внутренних условий. В принципе, можно весь нелинейный путь разложить на линейные или близкие к линейным отрезкам. В конце каждого отрезка стационарное состояние исчерпывает ресурсы и заканчивается предельным циклом, состоянием, когда все изменения идут не по спирали, а по кругу. Переход от одного линейного отрезка к другому происходит через критические точки, которые могут выражаться в фазовых переходах, бифуркациях — раздвоениях, катастрофах — скачкообразных изменениях [1], самоорганизации. В этих критических точках происходит изменение законов, по которым идет дальнейшее развитие системы. Примерами нелинейного развития являются солитоны, вихри, автоволны, диссипативные системы, системы самоорганизации [45, 49].

Понятие о солитонах [49, 58]. Ярким представителем нелинейных волн является солитон — уединенная волна, обладающая признаками частицы. Солитон образуется при условии нелинейности и дисперсии волны. Для самого известного солитона, цунами, энергетическим импульсом может стать землетрясение, взрыв вулкана, техногенный

взрыв в океане, оползень. В океане создается динамический хаос, из хаоса возникают высокие волны. Энергия импульса определяет скорость движения волны. В последнее 20-летие солитон стал популярен в различных научных направлениях, открывали его несколько раз. Физики называют солитонами всякое локализованное возбуждение, которое ведет себя как частица. Вихри — это спиральные солитоны, которые еще и зарождают новые солитоны около себя. Нервный импульс — элементарная частица мысли и в то же время волна электрической напряженности, бегущая по нервному волокну. Кельвин попытался построить солитоновую модель элементарных частиц. Солитоны бывают магнитные, двухмерные, трехмерные, групповые (несколько синхронно движущихся волн) и т. д.

Сопряженные процессы [16, 17]. Понять, как в процессе развития создается новая информация, как происходит усовершенствование структуры, невозможно без знания об основных и сопряженных процессах. Самопроизвольные процессы всегда идут с нарастанием энтропии в системах за счет внутренней энергии и направлены к равновесию. Но в открытых системах возможны и другие процессы, которые происходят только на фоне произвольного процесса и обуславливаются (вынуждаются) им. Произвольный процесс — это основной, а вынужденный — сопряженный. Основной процесс выступает в роли источника энергии, необходимой для сопряженного процесса. Именно сопряженные процессы приводят к усложнению структуры, концентрированию, дифференциации. Примеры основных и сопряженных процессов:

1) в тепловой машине основной процесс — переход тепла от нагревателя к холодильнику, сопряженный — преобразование градиента тепла в работу;

2) получение биосферой солнечной энергии — основной процесс, развитие биоты — сопряженный;

3) рудообразование — сопряженный процесс на фоне основных эндогенных процессов;

4) остывание магматических расплавов — основной процесс, дифференциация магмы — сопряженный;

5) диффузия K-Na в оболочке нервного волокна млекопитающих — основной процесс, а распространение нервного импульса — сопряженный.

В.С. Голубев [17] подробно рассматривает, как происходит минералообразование на геохимическом барьере в гидротермальных

потоках. Минералообразование здесь в любом случае процесс сопряженный, а основные процессы могут быть разными в зависимости от вида геохимического барьера. При температурном барьере основной процесс — перенос тепла, при щелочном барьере — кислотное выщелачивание, при восстановительном барьере основной процесс — разрушение бактериями органического вещества, вызывающее резкое падение окислительного потенциала.

КПД сопряженного процесса (η) определяется отношением его мощности (p) и подводимой к системе энергии (e): $\eta = p/e$, отсюда $p = \eta e$. Последнее выражение показывает, что мощность сопряженного процесса (интенсивность развития) зависит от его КПД и получаемой системой энергии. Развитие при постоянном или растущем e называется экстенсивным, а при уменьшении e и увеличении η — интенсивным.

Диссипативные системы [12, 39, 43, 47]. Диссипативными называются открытые нелинейные неравновесные системы, в которых могут возникать новые структуры благодаря проходящему через них потоку энергии. Получая энергию из ОС, система использует часть ее на самоорганизацию, а оставшуюся рассеивает (диссипирует) в ОС. В случае потока вещества система поглощает не только энергию, но и готовую структурную информацию [6], выбрасывая в ОС относительно бесструктурное вещество.

Прирост энтропии в системе в единицу времени называется функцией диссипации [12]. Общий прирост энтропии (dS) в диссипативной системе складывается из двух составляющих: $d_i S$ — прирост энтропии за счет внутренней энергии системы, вклад основного процесса и $d_e S$ — прирост энтропии за счет энергетического обмена, вклад сопряженного процесса; $d_i S > 0$ всегда, $d_e S < 0$ в развивающейся системе (негаэнтропия) и $d_e S > 0$ в ОС.

Для того чтобы в открытой системе началось упорядочение, усложнение структуры, функция диссипации должна превысить некоторый предел. Только вдали от равновесия диссипация приводит к самоорганизации. Возникновение порядка (пространственного или временного) в диссипативной системе аналогично фазовому переходу. Фазовые переходы довольно не просты, это кооперативные явления. Кристаллизация жидкости является равновесным фазовым переходом, фазовые переходы в диссипативных системах неравновесны.

Гибель обособленной системы, т. е. прекращение антиэнтропийных процессов в ней, может произойти по следующим причинам: 1) прекращение поступления энергии из ОС; 2) старение системы, изнашивание ее структуры, т. е. предел регрессивного развития; 3) катастрофическое воздействие ОС.

В заключение на основании системного подхода к понятию “развитие” можно выразить иначе известные законы диалектики:

1) закон борьбы и единства противоположностей – развитие в системах идет в результате взаимодействия основного и сопряженного процессов;

2) закон перехода количества в качество – любое качественное изменение в системе происходит за счет количественного изменения соотношения ее параметров;

3) закон отрицания отрицания – нелинейное развитие систем идет путем смены одного стационарного состояния на другое.

Глава 3

ЕСТЕСТВЕННЫЕ (ПРИРОДНЫЕ) СИСТЕМЫ

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Естественные изменяющиеся системы делятся по виду входящей в них материи на геохимические (неживые), биологические (организмы и их симбиозы), экологические (сообщества организмов). Особняком среди естественных систем стоят социальные (общественные) системы.

Есть переходные группы естественных систем: геоэкологические и биокосные. В этих системах происходит взаимодействие живого и неживого вещества на микроуровне (биокосные) и макроуровне (геоэкологические). Элементами переходных систем являются геохимические компоненты, которые мигрируют между живой и неживой подсистемами, поэтому рассматривать такие образования предпочтительно в разделе геохимических систем. У биологов подход несколько иной, хотя по сути биогеоценозы и геоэкологические системы — это одно и то же.

В конкретных исследованиях иногда выделяются и другие специфические переходные системы, например биоминеральные (объединяющие организм и продуцируемые им минералы), геотехнические (условные, временно действующие системы, состоящие из промышленного объекта и ОС), и др.

Все естественные системы для удобства восприятия целесообразно делить на три иерархических уровня: микро-, макро- и мега-. Наиболее достоверно исследован и привычен макроуровень, на котором находится человек. Микроуровень требует специальных методов изучения, а мегауровень — это системы, которые невозможно оценить со стороны, потому что наблюдатель всегда находится внутри. Познание мегауровня остается только теоретическим и в основном гипотетическим.

3.2. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

3.2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Геохимические системы охватывают все уровни материи. По иерархии их можно условно разделить на три группы: микромир, макромир и мегамир. Геохимические системы всех трех уровней влияют на экологическое состояние биосферы и всей живой материи Земли. Лучше всего изучены системы макроуровня и процессы, происходящие в них. Им и будет уделено основное внимание. Геохимические системы макромира, являющиеся объектом исследования геологических наук, очень разнообразны: от вещества до геосфер. Среди них можно выделить следующие: минералогические, магматические, рудно-магматические, пневматолито-гидротермальные, гидротермальных жидк., метасоматические и др. Выделяются специфические системы, например седиментационные, которые системами еще и не являются, а представляют собой материал для образования развивающихся систем.

Микромир представлен так называемыми "квантовыми" системами: элементарными частицами, ядрами, атомами. Среди элементарных частиц сейчас известны 18 сортов кварков и 6 сортов лептонов, взаимодействие между которыми обусловлено 12 типами полей, подобных электромагнитному [30, 44, 53]. Открыты частицы нового типа Z- и W-бозоны. Если в макромире атомы могут играть роль элементов геохимических систем, то в микромире они — системы. Граница между макро- и микромиром должна проводиться, скорее всего, где-то на уровне постоянной Планка и "планковских" величин [30]: постоянная Планка h присутствует в формуле $E = h\nu$, где E — энергия, ν — частота света; $h = 0,66 \cdot 10^{-27}$ г·см²/с, планковская масса $m_{pl} = 2 \cdot 10^{-5}$ г, планковская длина $l_{pl} = 1,5 \cdot 10^{-33}$ см, планковское время $t_{pl} = 5 \cdot 10^{-41}$ с. По сравнению с этими величинами крупными кажутся даже элементарные частицы: размер ядра, протона 10^{-13} см, размер атома 10^{-8} см. Процессы и системы микроуровня изучаются квантовой механикой.

Мегамир — это космос. Величины здесь огромны по сравнению с макромиром. Расстояния измеряются в миллиардах световых лет, в мегапарсеках, что соответствует 10^{23} – 10^{28} см. Диаметр Солнца

$1,5 \cdot 10^{11}$ см, расстояние от Солнца до Земли (т. н. астрономическая единица) $1,5 \cdot 10^{13}$ см [30]. Планеты, звезды, галактики, "черные дыры", кометы, космические процессы — это область познания астрономии и планетологии. Невозможно с человеческого уровня оценивать космические системы в целом. Только отрывочная информация и теоретическая экстраполяция законов развития дают нам возможность строить гипотезы об изменениях и направлении развития в мегасистемах.

3.2.2. МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Геоэкологу нельзя обойтись без знаний минералогии по следующим причинам: 1) минеральные индивиды, кристаллы — это самые древние, самые устойчивые, информационно емкие объекты естествознания; 2) кристаллы минералов — это универсальное состояние твердых космических тел, тогда как жизнь — специфическое, редкое качество; 3) минералы являются системами самоорганизующимися, способными к самосборке; 4) модельная имитация растущим кристаллом развивающегося живого организма (зарождение, рост, изменение, уничтожение) дает основание применять в минералогии биологические понятия: онтогенез, филогенез, экология, анатомия [27].

Минералообразующие (или для краткости минеральные) системы представляют собой обособленные объемы (резервуары), заполненные минералообразующей (кристаллообразующей) средой, в которых происходит зарождение, рост и растворение (расплавление) кристаллов, в том числе и микрокристаллов, скрытокристаллических масс. Элементами минеральных систем являются химические компоненты, свободно мигрирующие между твердой и жидкой фазами системы.

Методика исследований минералообразования включает ретроспективную реконструкцию [46] минералообразующих систем по генетическим особенностям минералов [14, 15] и экспериментальное изучение реальных минералогенетических (кристаллогенетических) систем [2–4, 48].

Ретроспективная реконструкция основана на двух идеях: 1) растущий кристалл и питающая его среда составляют единую

систему, 2) информация этой системы соизмеримо записывается в кристалле, в его структуре и составе. Экспериментальное изучение минералообразования дает возможность непосредственно получать информацию о поведении минералогенических систем при заданных параметрах. В минеральных системах три уровня организации кристаллического вещества: индивиды, агрегаты и геологические тела. Большой вклад в исследования онтогенеза минералов на всех уровнях внесли известные минералоги: Д.П. Григорьев, В.П. Юшкин, А.Г. Жабин, В.А. Попов, А.М. Асхабов и мн. др.

Кристаллогенезис, как и все другие процессы на Земле, протекает в условиях действия поля силы тяжести [3]. Поэтому отпечатки разных механизмов влияния гравитационного поля неизбежно несут на себе и минералообразующие системы, и их продукты — кристаллы. На роль гравитационного фактора в процессах кристаллогенезиса серьезное внимание стали обращать лишь с начала XX в., хотя факты влияния силы тяжести на рост и форму природных кристаллов были установлены значительно раньше. Самым мощным проявлением гравитации в кристаллообразующей среде (растворе или расплаве) является конвекция. Конвекция может генерироваться

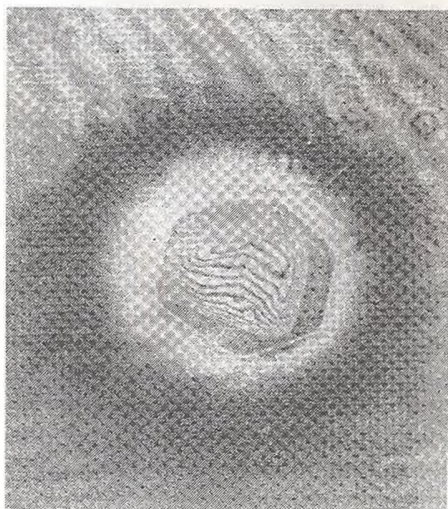


Рис. 2. Концентрационное поле растущего кристалла. Интерферограмма [3]

самим растущим или растворяющимся кристаллом, тогда она называется *эндогенной*, или внешним подводом тепла к системе — *экзогенная* конвекция. При росте или растворении кристаллов (рис. 2) в околокристалльном пространстве (“кристаллизационный дворик”) возникает градиент плотности раствора (расплава), что вместе с гравитацией вызывает эндогенную конвекцию, результатом которой является гравитационная концентрационная дифференциация кристаллообразующей среды: в нижних более плотных слоях

концентрация всегда больше, чем в менее плотных верхних. В природных условиях дифференциации среды способствуют и другие факторы: выделение летучих компонентов, разделение кислотных и щелочных компонентов, градиенты температуры, сложность состава. Неоднородность среды ведет к нарушению ее симметрии и искажению формы кристаллов. Например, растворение кристаллов всегда начинается с ребер и граней, обращенных вниз [3].

При друзовом росте кристаллов происходит, кроме того, взаимное влияние друг на друга одновременно растущих индивидов, возникает их конкуренция — геометрический отбор [14, 26, 46]. Если свободно растущие поверхности являются плоскими сингулярными гранями, то поверхности совместного роста, индукционные, в общем случае сингулярными не являются и обладают более сложной скульптурой (рис. 3). Общим признаком таких поверхностей служит, по мнению В.А. Попова [46], выход зон роста индивидов и агрегатов на эту поверхность.

С процессом друзового роста сходен процесс регенерации частично разрушенных кристаллов. Регенерационная поверхность может быть любой: сингулярной, несингулярной, с разной степенью послойного роста, но в общем случае не совпадает ни с одной из сингулярных (атомно-плоских) поверхностей кристалла. Главной особенностью регенерационных поверхностей является их неустойчивость [2]. Ступенчатое или многоглавое строение поверхностей регенерации определяет своеобразие регенерационного роста, отличного от роста плоских граней. Регенерационные поверхности в процессе роста выклиниваются из огранки кристалла, образуя пирамиду регенерации, в которой происходит многоглавый рост с геометрическим отбором и образованием шестоватого агрегата. Скорость регенерации головки зависит от действия входящих углов, ускоряющих рост внутренних граней, и от замедления роста сингулярных граней в период регенерации. В отличие от пирамиды роста, которая ограничивается точкой начала роста и плоскостью окончания роста грани, пирамида регенерации начинается от регенерационной поверхности и заканчивается точкой пересечения регенерируемых сингулярных граней кристалла [2].

Не всегда рост кристаллов идет равновесно, линейно. Иногда поверхность, морфологически похожая на регенерационную, но отличающаяся от нее закономерностью, может возникнуть в процессе критической самоорганизации минералообразующей системы.

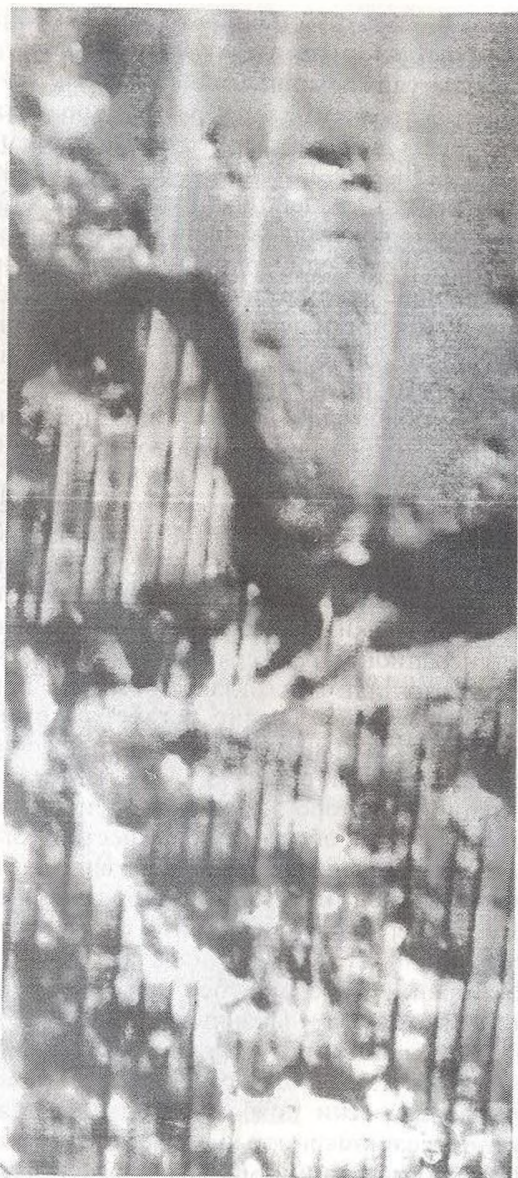


Рис. 3. Фрагмент индукционной поверхности электродыта из литиевого включения. Видны остатки белой пленки, закристаллизованного остаточного расплава [35]. Съемка на JXA-5a в отраженных электронах, ширина поля 300 мкм

Роль диссипативной системы в процессе минералообразования [3, 4] может играть концентрационное поле вокруг растущего или растворяющегося кристалла (рис. 2). Именно через эту подсистему идут потоки энергии и вещества, именно здесь возможны значительные отклонения от равновесия и появление структуры самоорганизации. В экспериментах [3] выяснено, что такие явления возникают в дифференцированных минералообразующих системах, в частности тогда, когда кристалл растет сразу в двух фазах расслоенной среды. Граница фазового раздела задерживает тепловые и конвективные потоки, и, когда градиенты переходят критические значения, в фазе с их отрицательным значением возникает ячеистый фронт кристаллизации. Ячеистая структура (рис. 4) зафиксирована в кристаллсобирающей среде в виде множества концентрационных центров и на поверхности кристаллов в виде ямок растворения и бугров роста (рис. 5). Подобные скульптуры на поверхности кристаллов встречены в реальных системах минералообразования. При изучении с помощью электронного микроскопа

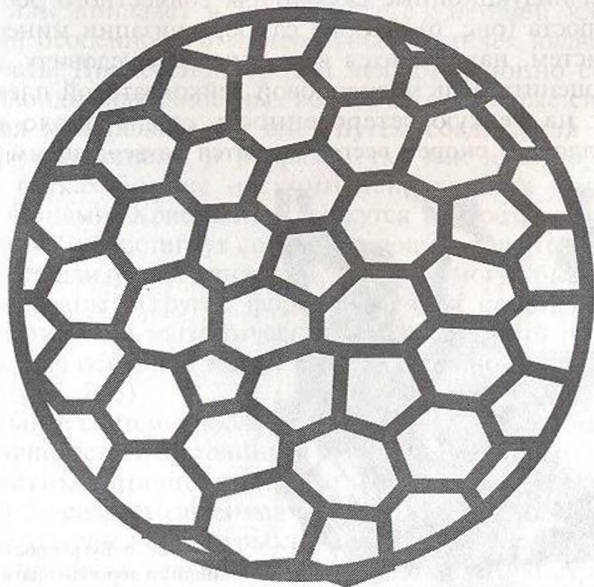


Рис. 4. Ячеистый фронт кристаллизации при росте кристаллов из расплава [3]

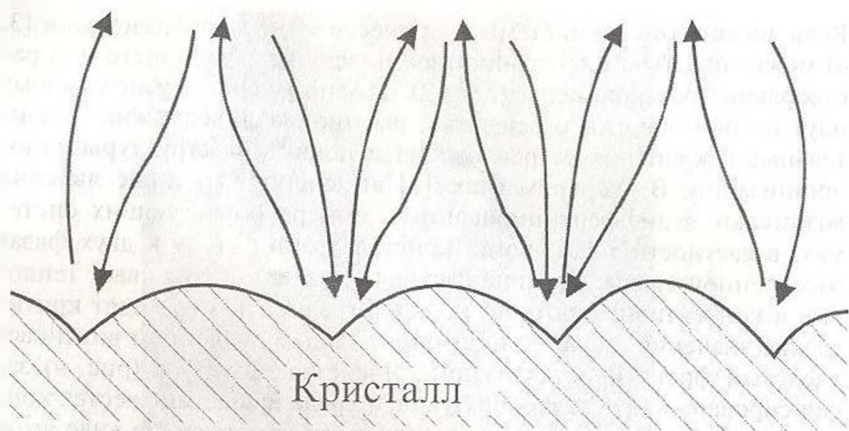


Рис. 5. Схема питания и морфологической перестройки растущей поверхности кристалла в условиях образования в пограничном слое конвекционных ячеек [3] поверхностей зерен в лерцолитовых включениях [35] были обнаружены индукционные скульптуры совместного роста (рис. 3) и бугры роста (рис. 6). Теория самоорганизации минералообразующих систем, находящихся в критических условиях, дает возможность оценить роль межзерновой лейкократовой пленки: она указывает на резкую гетерогенность среды около поверхности кристаллов и, скорее всего, является затвердевшим "кристалли-



Рис. 6. Бугры роста на поверхности оливины в лерцолитовом включении [35]. Съемка на JXA-5a в отраженных электронах, ширина поля 300 мкм

зационным двориком” (рис. 3). В экспериментах по кристаллизации переохлажденных металлических расплавов [48] тоже получены ячеистые структуры и прослежено их развитие в шестоватые агрегаты, а затем в дендриты.

Кристаллогенные среды могут быть гомогенными (истинные растворы) и гетерогенными (коллоиды). Рост кристаллов в них идет по-разному. В гомогенных (атомно-ионных) растворах кристалл растет путем присоединения к грани определенных атомов, а в гетерогенных средах к кристаллу прирастают микроблоки вещества. Этот процесс детально исследован Н.П. Юшкиным [64].

Образование дисперсной фазы природных гетерогенных растворов может происходить или диспергированием минералов на частички субмикроскопической величины, или конденсацией атомов, ионов, молекул в кристаллические образования соответствующих размеров. Один из способов — микробиологический. В биокосных системах процесс формирования минеральной частицы возможен внутри клетки в результате жизнедеятельности микроорганизма. Затем эта частица выделяется в среду самим организмом или попадает в нее вместе с умершей клеткой. Отличительной особенностью минеральных частичек является их кристалличность. Дисперсной средой являются ионно-солевые растворы, коллоиды поверхностных вод и более сложные системы. Микроблочная кристаллизация идет путем соединения частиц (кристаллитов) вершинами и ребрами, так как именно в этих структурных точках больше нескомпенсированных связей по сравнению с гранями. Кристаллиты движутся в пространстве друг около друга, пока не достигнут соответствующей ориентировки. В результате кристаллизуются дендриты, которые могут быть потом перекристаллизованы в другие формы. Блочная кристаллизация может происходить и в магматических расплавах. Есть примеры, когда кристаллиты основной массы ориентированно прирастают к фенокристам (рис. 7, 8).

Минеральные системы после стадии минерогенеза обычно не находятся в равновесном состоянии и обладают некоторым зависящим от кинетики прошедших процессов энергетическим градиентом. Эта неизрасходованная энергия дает возможность для перестройки внутренней структуры системы в сторону равновесной. Известны три процесса, ведущих к совершенствованию структуры минеральной системы в твердом состоянии: перекристаллизация, распад твердых растворов и упорядочение минералов.

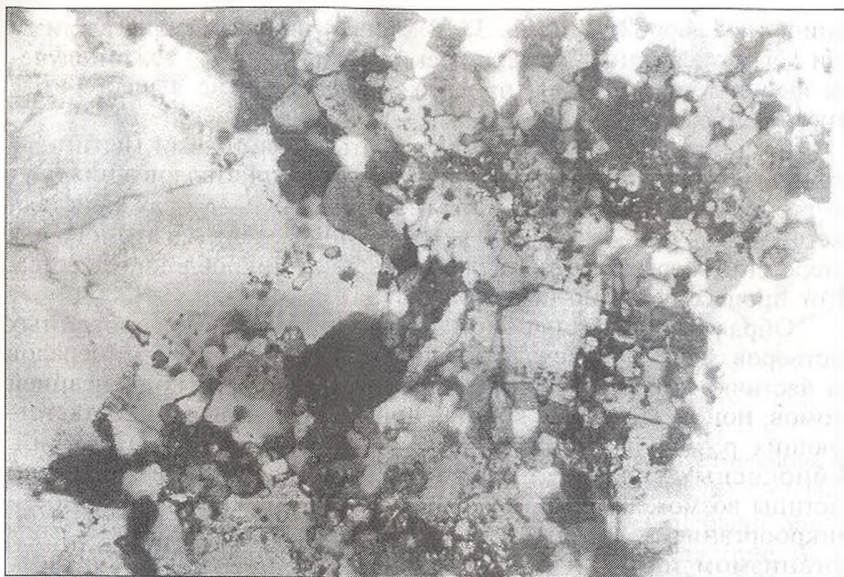


Рис. 7. Микроблочная кристаллизация в трахит-липарит-дацитовом расплаве. Дорастание фенокристалла калишпата за счет ориентированного подстраивания зерен микроаплитовой основной массы.

Прозр. шлиф. ник. X. увел. 12,5

По мнению В.А. Попова [46], к *перекристаллизации* целесообразно относить изменение формы и/или величины кристаллов, всесторонне соприкасающихся с другими кристаллами, без привноса-выноса вещества и без изменения фазового состава системы. Для всех других случаев замены одних кристаллов другими предложены термины “преобразование” и более узкие: “переотложение” (растворение и рост новых кристаллов) и “рекристаллизация” (зарождение и рост мелких индивидов за счет напряженных крупных индивидов той же фазы). Рекристаллизация обязательно предшествует перекристаллизации. Установить наличие перекристаллизации в кристаллическом агрегате можно по следующим структурным признакам [46]:

- 1) возникновение изометрично-зернистой структуры в полиминеральных агрегатах;
- 2) отсутствие в изометрично-зернистом полиминеральном агрегате симплектитовых и пойкилитовых структур;



Рис. 8. Включения зерен кварца в двойнике пертита указывают на то, что мсгакрист формировался из зерен аплитовой основной массы.

Прозр. шлиф. ник. X, увел. 6,3

3) отсутствие в изометрично-зернистом агрегате ростовых двойников, пластинчатых и игольчатых индивидов, сферолитов, кристаллографически зональных секториальных индивидов.

Перекристаллизация всегда идет с укрупнением зерна, обычно до 1 см [46], а живая клетка растет только до критического объема, затем делится. Почему? Клетка — диссипативная система, нуждающаяся в постоянном обмене энергией со средой и создающая информацию для уменьшения внутренней энтропии (подробнее см. ниже в разд. о биологических системах). Кристалл — равновесная (квазиравновесная) система с линейным развитием. После самосборки он живет за счет внутренней энергии. Изменение внешних РТ-условий изменяет его внутреннюю энергию, вызывая некоторые структурные перестройки (“антиэнтропийный” синергетический процесс — упорядочение), но процесс этот очень слаб, протекает на микроуровне и не выводит кристалл из состояния равновесия, т. е. не разрушает “самосборку” макроуровня.

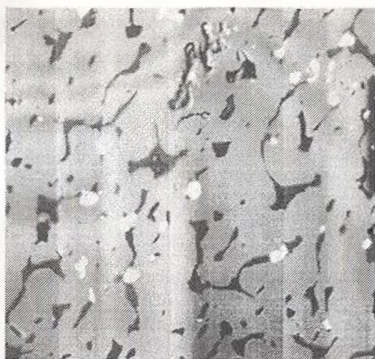


Рис. 9. Структура плавления в титанавгите [36].

Черное — стекло, белое — маггемит, серое — пироксен. Съемка на JXA-5a в отраженных электронах, ширина поля 330 мкм

Процессы упорядочения и распада твердых растворов ведут к уплотнению структуры, уменьшению энтропии смешения. В какой-то степени они протескают за счет внутренней энергии, но после достижения критического уровня ее истощения возможны только при внешнем подогреве породы или кристалла (рис. 9). Эти процессы антиэнтропийные и протекать самопроизвольно не могут [32].

3.2.3. МАГМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Магма — эндогенный расплав, имеющий весьма сложный состав, главным образом застывающий в виде минерального агрегата силикатов [29].

Состав магмы, из которой образуются горные породы, отличается от состава этих горных пород, потому что при образовании горной породы из магмы уходит часть компонентов — летучие. Они составляют сравнительно небольшую часть по весу, но присутствие их в магме имеет огромное влияние на ход процессов образования горных пород [29].

Для образовавшейся магматической системы, в которой сразу же возникает защитная оболочка — зона закалки, возможны 2 основных пути развития в зависимости от кинетики подъема магмы. При большой скорости движения защитная зона закалки не успевает образоваться или приобрести достаточную прочность. Магма прорывает ее, выйдя на поверхность литосферы, быстро теряет энергию и заканчивает развитие катастрофой — это вулканические системы. Вторая возможность — медленное продвижение очага в литосфере, достаточное для образования прочной зоны закалки, которая не допустит быстрой потери внутренней энергии. В этом случае магматическая система получает возможность развиваться, дифференцироваться как глубинная, интрузивная система.

Основными причинами неоднородности магматических расплавов можно считать [42]: 1) флюидно-магматическое взаимодействие, 2) жидкостную несмесимость, 3) кристаллизационную дифференцированность, 4) магматическое замещение.

Флюидно-магматическое взаимодействие охватывает широкий круг процессов изменения состава магмы, связанных с отделением флюидов (уплотненных газов). Универсальным индикатором флюидно-магматического взаимодействия является величина K/Na . Она увеличивается в магмах при прохождении через них различных флюидов, особенно если состав магмы не силикатный, а алюмосиликатный. Именно таким образом происходит разделение расплава на железистые и магнезиальные составляющие [42]. Флюидно-магматическое взаимодействие может снижать температуру кристаллизации магм и способствует возникновению *жидкостной несмесимости* (ликвации).

Кристаллизационная дифференциация выражается в отделении от расплава кристаллов: благодаря различию удельных весов расплава и кристаллов последние тонут (оливины, шпинели и т. д.) или всплывают (санидины, анортоклазы в щелочно-базальтовых магмах).

Магматическое замещение происходит на глубине путем замещения магмами вмещающего субстрата и захвата реститов [42], в результате состав первоначальной магмы меняется, нарушается ее гомогенность.

Магматическое замещение и флюидно-магматическое взаимодействие — это внешние воздействия на магматическую систему, а ликвация и кристаллизационная дифференциация — внутренние процессы ее развития. Существует еще процесс смешения магм, который может быть и внешним, и внутренним по отношению к магматической системе. Внешние воздействия приводят к увеличению разнообразия расплавов, их неравновесной неоднородности. В результате внутренних процессов происходят фазовые превращения, которые считаются равновесными. Однако один признак сближает фазовые переходы с самоорганизацией. Это “коллективность”, массовость процесса: дисперсная ликвационная фаза, как и кристаллиты, возникают сразу по всему объему магмы и, конечно, это уже нелинейный процесс, это точка бифуркации, расщепления. Развитие каждой новой фазы пойдет своим путем. На каком-то этапе процесс будет оставаться обратимым, пока не произойдет

разделение фазового пространства, т. е. пока все обособившиеся фазовые микрообъемы не объединятся в макрообъемы.

Рассмотрим подробнее внутренние процессы развития магматических систем: ликвацию и кристаллизационную дифференциацию. Процесс образования изверженных горных пород представляет собой превращения в гетерогенных системах, состоящих из нескольких фаз. Даже когда однородная магма застывает в стекло, она выделяет газы, становясь гетерогенной системой [29].

Фаза — это физически однородная подсистема, отличающаяся от других фаз определенным видом (видами) элементов системы, структурой их организации. Фаза может занимать непрерывное или дискретное пространство.

Каждый минеральный вид, образующий кристалл в затвердевающем расплаве или в застывшей горной породе, представляет особую фазу, так как он отличается от других минералов и от расплава. Такой же фазой является сам расплав или стекло, в виде которого он застыл. Особую фазу также образуют пузырьки газа в пенящейся лаве. Если состояние системы позволяет расплаву разделиться на две или несколько несмешивающихся жидкостей, то каждая из них представляет особую фазу, но в системе, находящейся в равновесии, газообразная фаза может быть только одна, так как все газы смешиваются и между ними не может быть границ [29].

Равновесие системы фаз — это такое состояние, при котором вещество не переходит из одной фазы в другую. Те составные части системы, которые при ее изменениях могут переходить из одной фазы в другую, называются *компонентами* системы. Содержание компонента хотя бы в одной из фаз не зависит от содержания в этой фазе других компонентов [29]. В петрологии в отличие от химии за компоненты систем принимаются не только химические элементы или их окислы, но и минералы (более высокий уровень организации вещества).

Ликвация, или жидкостная несмесимость, возникает в расплаве при определенном его состоянии. Расщепление всегда идет в 2 фазы: одна из них (дисперсная) обособляется в виде мельчайших капелек в другой, непрерывной (матрице).

Если в первоначальном расплаве присутствуют два стеклообразователя, то расслоение идет прежде всего с их разделением. Стеклообразователями являются SiO_2 , B_2O_3 , S, поэтому первое

расслоение происходит на сульфидный и силикатный расплавы. Остальные элементы — модификаторы, они будут инициаторами последующих ликваций. После макрорасслоения расплава и появления геологической границы процесс ликвации станет необратимым.

Проявление жидкостной несмесимости, сопровождаемой рудной концентрацией, приводит к различию по составу аксессуарной минерализации в интрузивных породах и рудных телах, отделяющихся от интрузивных пород четкими границами. В расслоенных интрузивах каждый слой нередко в ритмичном чередовании отражает закономерное соответствие составов руд и вмещающих пород, представляя собой автономную флюидно-магматическую систему рудообразования. Наглядным примером эффективности проявления жидкостной несмесимости в качестве процесса рудной концентрации могут служить *пегматиты*.

Экспериментальные исследования показали, что расщепление алюмосиликатных магм на фторидные и бедные фтором жидкости дает соотношения составов, сходные с соотношениями составов пегматитов и их материнских интрузивных пород. По существу, каждый тип изверженных пород характеризуется специфическим типом пегматитов, которые находятся по отношению к ним в закономерных соотношениях состава. Обычно пегматиты богаче щелочными металлами и беднее кремнеземом по сравнению с их материнскими породами. Фторидные и водные расплавы, находящиеся в равновесии с магмами, более бедными летучими компонентами, отличаются по экспериментальным данным более высоким нормативным отношением ортоклаз—кварц. Это отражает типичное отклонение состава пегматитов от состава вмещающих их гранитов, подмеченное еще А.Е. Ферсманом (объемное отношение содержаний ортоклаз—кварц в пегматитах составляет в среднем 3:1, а в гранитах — 2:1). Аналогично, в интрузивах нефелиновых сиенитов отношение нефелина к полевоому шпату в пегматитах выше, чем во вмещающих породах [42].

Следующая особенность пегматитов — их более лейкократовый характер относительно материнских пород. При ликвационном обособлении соответствующих им флюидных магм окружающие их материнские расплавы обогащаются железомagneзиальными компонентами и при достаточно быстрой кристаллизации могут давать ореолы более меланократовых пород, окружающих шшировые

пегматитовые тела. Пегматиты шлирового типа залегают в материнских гранитах, тогда как пегматиты жильного (дайкового) типа являются инъекционными, залегающими нередко на удалении от очагов отщепления соответствующих пегматитовых магм. Материнскими магмами пегматитов служат наиболее флюидные их слои или фазы внедрения, обособляющиеся в ходе общей дифференциации плутонов. Пегматиты кристаллизуются позднее гранитов, вмещающих шлиры, и оказывают на них флюидное воздействие, которое выражается в изменении окраски полевых шпатов с темно-серой на розовую.

Ликвационное расщепление расплавов — это один из наиболее эффективных механизмов экстракции ряда компонентов [42].

Кристаллизационная дифференциация. Кристаллизация расплава идет обычно в несколько этапов. Последовательность выделения и количество кристаллизующихся минеральных видов (фаз) определяется составом магматической системы и параметрами ее состояния, которые отражаются на диаграммах состояния. Число фаз в гетерогенной системе вообще может быть различно, но в условиях равновесия оно подчиняется определенному правилу — правилу фаз. Подробно со способами построения диаграмм состояния многокомпонентных систем и выводом правила фаз можно познакомиться в монографии А.Н. Заварицкого и В.С. Соболева [29].

Правило фаз Гиббса выражается формулой: $f = C - P + 2$, где f — число степеней свободы, C — число компонентов системы, P — число фаз. Если число степеней свободы (независимо меняющихся параметров) равно 2 (обычно температура и давление), то число фаз будет равно числу компонентов, а состояние системы на диаграмме (рис. 10) выразится точкой, перемещающейся в пределах дивариантного поля. Если независимо меняться будет только один параметр ($f = 1$), то число фаз будет больше на 1, чем число компонентов, точка на диаграмме упадет на моновариантную линию. Если оба параметра будут зафиксированы, то число фаз будет максимальным: $P = C + 2$, а точка положения системы на диаграмме состояния ляжет в инвариантную точку. Моновариантная линия соответствует фазовому переходу между двумя фазами, а инвариантная точка “содержит” в себе максимальное число фаз, что соответствует самому гомогенному состоянию системы, с самой большой энтропией при данных параметрах.

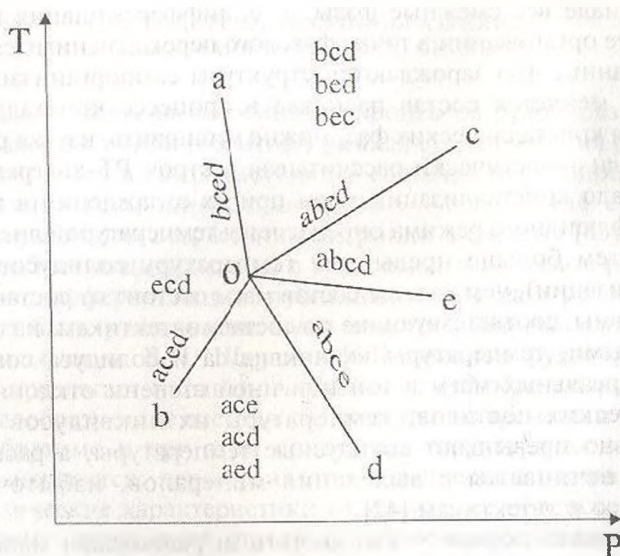


Рис. 10. Пример диаграммы состояния (PT-диаграммы) многокомпонентной системы [29]:

0 – инвариантная точка; a, b, c, d, e – моновариантные линии; bcd, bed, bec ... – дивариантные поля

“Применение правила фаз к природным явлениям, при которых происходит образование гетерогенных систем (горных пород), прежде всего имеет то важное значение, что оно отвечает на вопрос, каковы компоненты системы в рассматриваемом процессе, а следовательно, объясняет сущность происходящих изменений. Иссовершенное равновесие, не вполне замкнутая система, неопределенность в установлении компонентов системы и т. д. могут создать затруднения в приложении правила фаз к природным явлениям” [29. С. 18].

Важно отметить следующее. Геологу необходимо знать количество минеральных фаз или по числу минералов реставрировать генетическую информацию ретроспективной магматической или метаморфической системы. Для геоэкологии имеют большое значение сами фазовые переходы. Это переходы из одной подсистемы в другую. Важно знать, через какое состояние пройдет материя в момент межфазного перехода. Это состояние должно содержать

в потенциале все смежные фазы, т. е. дифференциация материи, уровень ее организации в точке фазового перехода снизится. Именно на границе фаз зарождаются структуры самоорганизации.

Как меняется состав расплава в процессе кристаллизации, отделения кристаллических фаз, можно установить, изучая реальную породу или теоретически рассчитывая и строя РТ-диаграммы.

Начало кристаллизации магм при их охлаждении в условиях данного флюидного режима определяется температурой ликвидусов, которая тем больше превышает температуру солидусов (конца кристаллизации), чем дальше состав магм отстоит от состава эвтектики. Магмы, соответствующие по составу эвтектикам, называются предельными, температуры их ликвидуса и солидуса совпадают. Составы реальных магм в той или иной степени отклоняются от эвтектических составов, температуры их ликвидусов обычно значительно превышают солидусные температуры, а раскристаллизация начинается с выделения минералов, избыточных по отношению к эвтектикам [42].

Застывшая порода — это достигшая равновесия магматическая система, в которой свободная энергия (градиент энергии) уменьшилась настолько, что прекратились внутренние процессы, остановилось системное время. Но подток тепловой энергии извне (именно этот вид энергии участвовал в диссипации) способен вернуть ее к жизни и в соответствии с кинетикой продлить процесс развития застывшей структуры в положительную или отрицательную сторону. Информация, записанная в структуре породы, при данном равновесном фазовом переходе не теряется, а управляет процессом: расплавление породы начинается с образования жидкой фазы на границе минералов-компонентов, входящих в эвтектику, или границе самого низкотемпературного минерала в системах без эвтектик, но сразу по всему прогретому объему породы. При нагревании, недостаточном для расплавления, развитие структуры идет в твердом состоянии. Это процессы упорядочения в кристаллах. Внедрение даек диоритовых порфиритов в относительно низкотемпературные граниты вызывает разупорядочение фаз пертитовых полевых шпатов, особенно их альбитовой составляющей, тогда как внедрение аплитов приводит к упорядочению этих минералов, как бы продлевая остывание гранитов [32].

3.2.4. ЭНДОГЕННЫЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ (РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ) СИСТЕМЫ

Фундаментальная особенность процессов рудообразования — их направленность или развитие в рамках существования рудообразующих систем. Она выражает общее свойство несамопроизвольно протекающих природных процессов — усложнение структуры материи при общем возрастании энтропии в системе [63].

Рудообразующие системы в зависимости от охвата различных процессов дифференциации глубинного вещества и рудообразования могут быть *рудно-магматическими*, *флюидно-магматическими*, *гидротермальными*. В.Н. Шарапов [63] сложные рудообразующие системы предлагает называть *эндогенными рудообразующими системами*. Рудообразующие системы развиваются во времени и пространстве необратимо и при этом привычная структура геологической среды усложняется: перестраивается химический состав, изменяются физические характеристики отдельных ее подсистем, происходит концентрирование отдельных химических элементов в одних подсистемах и обеднение ими или их рассеивание в других.

В системном анализе процессов эндогенного рудообразования ясно просматриваются два начальных этапа: 1) оконтуривание границ эндогенной рудообразующей системы (ЭРС), исследование их внутренней структуры, состава и последовательности событий; 2) построение качественной структурно-динамической схемы ЭРС, оценки закономерностей обмена ее теплом и массой с ОС после привлечения дополнительных сведений о возможных механизмах переноса тепла и массы в системе [63].

Необходимым условием выделения эндогенной флюидной рудообразующей системы (ЭФРС) является наличие информации об области ее существования и ее внутренней структуре. Если при геологических исследованиях не удалось получить эти сведения, система не может быть выделена, а следовательно, невозможно будет проводить какие-либо количественные оценки динамики ее развития.

В.Н. Шарапов предлагает новую классификацию структурно-динамических типов ЭРС, построенную исходя из учета пространственного расположения источников флюидов, тепловой энергии, а также соотношения зон генерации и рассеивания горячих флюидов (рис. 11).

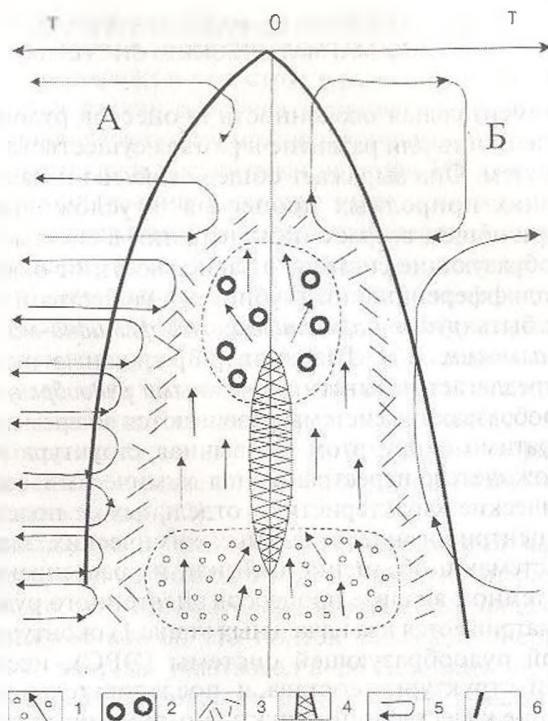


Рис. 11. Пример строения ЭРС [63]:

1 — зона генерации флюида, 2 — зона рассеивания эндогенного флюида, 3 — зона смешения эндогенного и порового флюида, 4 — зона дренирования флюида между зонами 1 и 2, 5 — направление токов свободной конвекции в толще литосферы, 6 — распределение температур, поле замедленной восходящей фильтрации эндогенного флюида; А — случай высоких градиентов температуры, Б — случай небольших градиентов температуры

К рудообразующим открытым системам относятся те эволюционирующие эндогенные системы (ЭС), в которых на геохимических барьерах идут сопряженные процессы рудообразования. В таком случае можно ввести понятие "КПД эндогенной рудообразующей термодинамической машины" как отношение энергии "полезных" сопряженных процессов к общим энергетическим затратам. Это и есть термодинамическая продуктивность ЭФРС [63].

Крупные возмущения системы могут быть внешними по отношению к данной ЭС или связанными с особенностями сопряженных процессов. К внешним можно отнести: 1) перестройку регионального плана деформации толщ пород, вмещающих ЭС, 2) внедрение глубинных магм, 3) воздействие глубинного потока флюидов и т. п. Внутренними причинами макрофлуктуации в ЭС могут быть явления обрушения, эксплозий, “самозатывание” путей фильтрации флюидов отложениями из растворов, формирование зон осолонения флюидов под горизонтом испарения воды и т. д. [63].

3.3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Биологические системы (все живые организмы) образованы живым веществом, главным отличительным свойством которого является его дисимметричность (киральность), т. е. обязательное присутствие молекул правой (аминокислоты) и левой (сахара) формы [25]. Открыто это свойство еще Пастером [9].

Биологические (живые) системы отличаются от всех остальных способностью к воспроизводству. Основу всего живого составляют генетические структуры (нуклеиновые кислоты у вирусов, гены, хромосомы у высших организмов). Возникновение биологических систем — очень сложный процесс, но жизнь любой клетки, любого организма начинается, как и в других обособленных системах, с образования оболочки, разделяющей старую и новую системы. Зародыш человека уже в предплацентарную стадию развивается как совершенно обособленная система [38].

Элементами биологических систем макроуровня являются живые клетки, защитными оболочками — оболочки организмов. На микроуровне клетка уже представляет собой систему, отделенную от внешней среды тонкой оболочкой — двухслойной мембраной из молекул белков и жиров, с биохимическими компонентами в качестве ее элементов. Все биологические системы являются диссипативными. Развитие каждой из них строго канализовано генетической информацией, заложенной в организм предыдущими

поколениями, т. е. извне. В этом смысле развитие (саморазвитие) биологических систем идет линейно, однонаправленно, однако само существование живых систем — процесс нелинейный, “диссипативный”.

Структура, защитные оболочки, способы внутренней защиты и передача информации в биологических системах несравнимо сложнее, чем в геохимических. Интересно, что вирус, который содержит лишь одну миллионную долю генетической информации клетки, чаще побеждает, губит ее. Видимо, в этом случае происходит такой же глубокий процесс разрушения “фундамента” клетки, как и при воздействии ядерной энергии на вещество. Живые клетки имеют обычно небольшие размеры. Вырастая, они вынуждены делиться [12]. Если форму клетки принять за шарообразную, обозначив ее радиус (r), то:

$dS = 4/3\pi r^3$ пропорционально объему клетки.

$dS = 4\pi r^2$ пропорционально поверхности клетки,

$dS = A4/3\pi r^3 - B4\pi r^2$, где A и B — размерные множители.

При росте клетки r увеличивается, при $r = 3B/A$ достигается “текущее” равновесие $dS = 0$, при $r > 3B/A$ $dS > 0$ клетка перегревается, поэтому при $r = 3B/A$ деление становится необходимым.

Способы приспособления организмов к ОС очень разнообразны. Они определяются генетической информацией и условиями индивидуальной жизни. Особенно ярко это видно на примере реликтовых форм [40], генетическая информация которых сформирована в прошлые эпохи. Критические точки развития биологических систем проходят сложнее, чем геохимических. Здесь возможны не только бифуркации, но и синтез новых форм из представителей разных направлений эволюции [20].

3.4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Экологические системы — это сообщества организмов, или *биоценозы*. Границы систем — это границы геохимической среды обитания сообщества. Защитные оболочки бывают разные: структуры рельефа, геохимические барьеры. Элементами экологических

систем являются организмы, которые взаимодействуют между собой так же тесно, как и индивиды при друзовой кристаллизации в минералообразующих системах. Экологическое взаимодействие не является чем-то особым наряду с физическим, химическим, биологическим взаимодействием. Оно включает в себя все виды взаимодействия, которое разыгрывается на всех уровнях организации материи, включая и межуровневые [55]. В экологических системах идет та же, что и в геохимических, борьба за ресурсы, но она намного сложнее и разнообразнее, аналогично сравнению контактных матриц объектов косной и живой материи. Экологические системы являются предметом изучения биологов.

3.5. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Геоэкологические системы, или *биогеоценозы*, — это естественные обособленные системы, в которых экологическая система рассматривается неотделимо от ее защитной оболочки, образуемой горными породами, рельефом, геологическими структурами. Как уже говорилось, элементами геоэкологических систем будут не организмы, а геохимические компоненты, переходящие из живой подсистемы в косную и обратно. На микроуровне аналогом геоэкологической системы является биокосная система [66]. Биосфера тоже является геоэкологической системой, только на глобальном уровне. Она состоит из живого и косного вещества, взаимодействующих между собой. Внутренние геосферы Земли, образованные только косным веществом, относятся к геохимическим системам.

Геоэкологические системы также подвержены дифференциации, которая выражается в появлении горизонтальной и вертикальной мозаичности структуры биоценозов [37], упорядочению видов, или ординации [11].

Развитие геоэкологических систем регионального уровня зависит от их положения на планете и поступления эндогенной и экзогенной энергии. Особенно специфичны системы, расположен-

ные в критических, переходных зонах, отличающихся высокой информативностью, изменчивостью. В таких нестабильных зонах, примером которой может быть зона перехода океан—континент, геоэкологические системы обладают большой мозаичностью, высоким биоразнообразием, отличаются частым обновлением [41, 37] в результате природных катастроф.

3.6. ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Особняком среди естественных систем стоят социальные (общественные) системы. Специфичность социальных систем заключается в том, что их элементом является человек, способный генерировать, изменять информацию системы по своей воле. Информационная составляющая социальной системы — это право, действующее в ее пределах. Право определяет способ распределения энергетического запаса и защиту человека от любой агрессии, идет ли она со стороны окружающей среды или от какой-нибудь внутренней подсистемы. При нарушении (изменении) правового поля происходит перестройка структуры общества, приводящая его к социальному хаосу. Агрессия, не сдерживаемая правом, ведет к непрерывному перераспределению энергии и природно-пространственных ее источников между людьми или отдельными группами (подсистемы возникают и распадаются как в любом другом информационном вакууме). Все это ослабляет систему, в том числе ее защитную оболочку, и ведет к гибели (внутренний взрыв, ассимиляция сильной системой).

В отличие от организма социальные системы — это системы с внутренним самоуправлением, т. е. с нелинейным многовариантным развитием и катастрофическими переходами. Среди возможных путей развития социальной системы всегда существует и криминальный, заключающийся в агрессии между элементами системы, поглощениями одними элементами энергии других, в том числе и общей системной энергии [34]. Актуализация криминального пути развития происходит при нарушении внутреннего информационного

(правового) поля. В 1992 г. правительство реформаторов в России поставило своей первой задачей на пути перехода к рыночной экономике “создать класс богатых”. Результатом искусственного расслоения общества стало массовое образование криминальных структур. Это яркий пример искусственно нарушенной самоорганизации в социальной системе [34]. Дальше между криминальными структурами началась конкуренция, подобная геометрическому отбору при друзовом росте кристаллов. В итоге этого процесса осталось несколько мощных “черных дыр”, через которые, как по туннельным переходам в кристаллическом веществе, энергия из России перекачивается в окружающую экономическую среду, ассимилируется в зарубежных системах и частично возвращается в виде кредитов Международного валютного фонда для поддержания функционирования нашей диссипативной криминальной системы.

В социальных мегасистемах взаимоотношения между системами определяются терминами: агрессия, благотворительность и нейтралитет. Агрессия – уничтожение другой системы с целью овладения ее энергией (природные ресурсы, технологические продукты, рабочие ресурсы). Благотворительность – энергетическая поддержка другой системы с целью овладения информацией (для совершенствования своей структуры) или снижения агрессии. Нейтралитет может выражаться как в полном отсутствии контактов, так и в свободном обмене энергией и информацией.

3.7. ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (ПТС)

ПТС – это, с одной стороны, подсистемы социальных систем, с другой – системы, существующие в пограничном пространстве между природными и искусственными (техническими, технологическими) системами. В них сохраняются естественные границы, элементы, добавляются только информация, созданная человеческим интеллектом, и/или энергия, добытая (сконцентрированная) человеком.

Если продуктивная естественная система переходит в состояние экологического неблагополучия или близка к кризису (особенно в

результате природопользования), то есть возможность восстановить ее искусственно. Для этого необходимо вместо нарушенных экологических связей и процессов создать новые. Примерами могут служить рыборазводное дело, марикультура. Вообще говоря, все сельское хозяйство состоит из ПТС. Сюда же относится и биотехнология, включающая разведение организмов (микроорганизмов), получение биопродукции и последующую ее технологическую обработку.

Другой вид природно-технических систем создается иначе, когда к основному процессу природной системы искусственно подстраивается сопряженный технический (технологический) процесс. К этой группе ПТС относятся гидротехнические сооружения, ветряки, геотермальные теплоцентрали и т. д.

В отличие от технических ПТС не теряют качества обособленных развивающихся систем, продолжая поставлять для природопользования свою продукцию или избыточную энергию. Не все так называемые “природно-технические комплексы” можно отнести к одноименным системам. К примеру, различные добывающие предприятия не входят так органически в природные процессы, как описанные выше ПТС. Для них природа является только окружающей средой, из которой берется сырье, т. е. биопродукция, материалы, вещество уже разрушенных природных систем, и создаются, по сути, искусственные (технические, технологические) системы, которые тоже являются подсистемами социальных систем. У технических систем связь с природой односторонняя: они повышают энтропию окружающей среды. Искусственные системы могут развиваться только в результате волевого акта человека.

Выводы

На всех уровнях развития материи в земных условиях действуют общие для всех естественных систем законы. Разнообразными являются проявления этих законов в конкретных системах или группах систем. Среди бесчисленного числа таких законов существенно выделяются следующие:

1. Все естественные системы — системы обособленные, изменяющиеся. Они зарождаются, развиваются до предельного стацио-

нарного состояния и отмирают, т. е. достигают равновесного состояния, максимальной энтропии;

2. Для развития любой системы необходим градиент внутренней энергии относительно энергии окружающей среды. Любые изменения в системе — это процессы, сопряженные процессу распределения энергии;

3. Развитие в системах идет с уменьшением внутренней энтропии, т. е. с ростом внутренней информации, усложнением структуры;

4. Критическая (синергетическая) самоорганизация в системах, т. е. самопроизвольное возникновение новой структуры, возможно только при наличии внутренней гетерогенности и неравновесности. Оптимальным условием для возникновения структур самоорганизации является состояние динамического хаоса;

5. Чем выше организация системы, чем сложнее ее структура по сравнению со структурой окружающей среды, тем труднее и энергетически затратнее для нее противостоять всеобщему произвольному нарастанию энтропии, диссипации энергии, разрушению защитной оболочки.

ЗЕМЛЯ КАК ЕДИНАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА

4.1. ГЕОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Геосферы Земли — это ее оболочки (сплошные или прерывистые), выделяемые по совокупности каких-либо характерных признаков и/или процессов. Геосферы отражают гетерогенность планеты и отличаются по агрегатному состоянию, химическому составу и геофизическим параметрам.

Земля по агрегатному состоянию делится на три главные сферы: атмосферу, гидросферу и “твердую Землю”. “Твердая” часть планеты состоит из трех крупных сфер: коры, мантии и ядра, которые подразделяются на ряд слоев. По скорости распространения сейсмических волн выделяются 8 внутренних слоев: А, В, С, D', D'', E, F, G [19].

Земная кора (слой А) имеет мощность в среднем 18 км (континентальная до 33 км, океаническая около 6 км). Кора делится на осадочный чехол, гранитный и базальтовый слои и граничит с мантией по поверхности Мохоровичича, которая фиксируется по скачку сейсмических волн и интерпретируется как переход от базальтов к гипербазитам.

Мантия включает слой В, вместе с *астеносферой* (размягченный слой), верхнюю жесткую часть (“субстрат”), слой Голицина (С), нижнюю мантию (D', D''). “Субстрат” вместе с корой составляют *литосферу*. Слой В идет до глубины 400 км, а по геодинамическим моделям до 700 км (ниже отсутствуют очаги землетрясений). Легкоплавкая часть слоя составляет около 10% его массы и равна массе современной коры. Между слоем В и корой идет интенсивный обмен веществом. Слой Голицина (400–900 км) отличается резким ростом скоростей сейсмических волн и означает переход минералов в более твердые модификации. В слое D' (900–2700 км) скорость волн растет в основном за счет сжатия однородного вещества. Слой D'' (2700–2885 км) очень неоднороден

по составу, к тому же здесь высокие температуры, из-за чего наблюдается крайняя нерегулярность поведения сейсмических волн.

Слои E, F, G составляют ядро радиусом 3486 км. На границе ядра — поверхность Гутенберга — скорость продольных волн уменьшается на 30%, а поперечные волны исчезают, т. е. внешнее ядро E до глубины 4980 км жидкое. Затвердевающий переходный слой F на глубине 4980—5120 км, ниже его — твердое ядро (G), в котором распространяются поперечные волны.

Минеральная неоднородность Земли. Предполагается, что состав верхней мантии близок гипербазитам, нижней — каменным метеоритам (хондритам). В целом мантия — силикатно-окисная оболочка, состоящая в основном из O, Fe, Mg, Si. Кора силикатная, ядро приблизительно соответствует железным метеоритам и состоит из 80,7% Fe, 8,59% Ni, 0,63% Co с примесью легких элементов: O, Si, Al.

Криосфера — оболочка Земли, для которой характерны отрицательные температуры воздуха, воды и пород, а также наличие льда. Верхняя граница проходит по верхней границе атмосферы, нижняя в атмосфере, а к полюсам опускается в литосферу. Криолитозона — часть криосферы, представляющая собой верхний слой коры с отрицательными температурами почвы и горных пород, а также наличием или возможностью существования подземного льда.

Биосфера — глобальная саморегулируемая открытая система, охватывающая и преобразующая вещество значительной части литосферы, гидросферы и атмосферы благодаря былой и современной деятельности организмов [18]. Термин ввел Э. Зюсс, понимая под ним оболочку жизни на поверхности материков, а В.И. Вернадский [9] определил биосферу как область существования живого вещества и как область земной коры, занятой трансформацией космической энергии в земную. Эта особенность биосферы особенно важна для геоэкологии.

Биосфера — часть мегабиосферы, которая является сложной оболочкой Земли от озонового экрана до глубин литосферы. Собственно биосфера подстилается слоями, уже переработанными живым веществом — метабиосферой, или, по В.И. Вернадскому, “былыми биосферами”, а перекрывается парабиосферой — зоной залета и заноса воздушными потоками живых организмов — и апобиосферой, до верхней границы которой распространяются формы жизни в состоянии анабиоза.

Биосфера мозаична по структуре. Живое вещество распределено в ней неравномерно. Биомасса океанов составляет 300 млн т растительного вещества и 6 млрд т зоопланктона и бентоса (в сухом виде); биомасса лесов 300–500 т/га, биомасса наземных почвенных животных около 500 млн т (сух. в-ва), остальных животных на 1–2 порядка меньше. В биосфере около 500 тыс. видов растений и 1,5 млн видов животных. Обновление всего живого вещества биосферы происходит за 8–10 лет, фитомассы суши — за 15 лет, фитомассы океана — за 1 день, всей биомассы океана — за 33 дня [18].

Геологическая функция биосферы состоит главным образом в деструкции косного вещества, формировании биокосных систем (почва), переносе вещества против силы тяжести и горизонтально, избирательном концентрировании элементов, передаче энергии по пищевой цепи.

В биосфере иногда выделяют *географическую* оболочку Земли, в которую входят *сфера природного ландшафта* и *социосфера*, включающая человечество и освоенную им среду.

Ноосфера, или сфера разума. Термин ввели Е. Ле-Руа и Т. де Шарден, учение о ноосфере развито В.И. Вернадским [10]. Он называл ноосферу новым геологическим явлением на нашей планете, в котором “впервые человек становится крупнейшей геологической силой” [10. С. 149]. По мнению данного автора, ноосфера — последнее из многих состояний эволюции биосферы, ее образование “вне воли людей и не может быть остановлено человеческой историей: оно следствие неизбежного заселения всей планеты” [10. С. 230]. В.И. Вернадский не мог предвидеть, что в развитии человечества произойдет бифуркация и вместо ноосферы будет актуализирован процесс создания *техносферы* путем угнетения и разрушения биосферы.

Границы между геосферами довольно условны в том смысле, что наблюдается их взаимное проникновение и взаимодействие. Биосфера Земли — это не только ее поверхностный слой (зона аэрации). Сероводородные формы бактерий обнаружены в “черных курильщиках”, в вулканических гидротермах. Гидросфера, располагаясь в основном между литосферой и атмосферой, проникает в глубину планеты в виде подземных и ювенильных вод, а также в атмосферу в виде пара. Атмосфера, стратосфера и все газы, содержащиеся в литосфере, мантии, ядре составляют газовую оболочку Земли. Состав атмосферы и глубинных газов различны. Дегазация внутренних оболочек планеты изменяет состав атмосферы и создает

экологическую угрозу биосфере. Процессы глубинной дегазации, кроме того, являются индикаторами возрастания тектонической активности, в частности обязательными предвестниками землетрясений. Кроме газов в атмосфере и стратосфере содержатся аэрозоли — взвешенные, долго не оседающие твердые частицы размером 1—10 мкм, выброшенные вулканами с глубоких слоев литосферы или мантии. Так, при извержении вулкана Шивелуч в апреле 1993 г. эруптивные облака поднялись на высоту 16—18 км, а Ключевской вулкан извергает в год более 1 млн м³ вулканических газов, которые вместе с пеплом и аэрозолями попадают в стратосферу [56]. В гидросфере при высоком давлении и низкой температуре газы могут переходить в газогидраты.

Задачи геоэкологической науки в изучении взаимодействия косных и живых систем в биосфере, а также взаимодействия биосферы и литосферы. Пример — геоэкологические системы зоны перехода океан—континент. Значительная изменчивость глобальных процессов в этой зоне обеспечивает большое разнообразие биологических видов, т. е. геоэкологическая информация региона очень велика. Виды различаются по времени происхождения (много реликтовых форм), биогеохимическому составу (большое разнообразие биологически активных компонентов), но схожи по степени приспособленности к внешним воздействиям. Даже люди, проживающие на Дальнем Востоке, имеют специфику иммунной защиты.

4.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗЕМЛИ

Энергия Земли проявляется в основном в виде полей трех видов: тепловых, гравитационных и ротационных. П.С. Воронов [13] считает, что расслоение планеты на геосферы произошло в результате противодействия гравитационных и ротационных сил с силами тепловой и гравитационной конвекции.

В ядре Земли вещество находится под таким большим давлением, что его агрегатное состояние должно быть особенным, “глубинно-планетным”, по В.И. Вернадскому [9]. Это состояние как бы соответствует недифференцированной фазе в точке 4-фазного пере-

хода, объединяющей кроме этой фазы еще и три привычных агрегатных состояния: газообразное, жидкое, твердое. А.Н. Дмитриевский с соавторами [22] считают, что подобные фазовые переходы присущи и энергии: все виды энергетических полей дифференцируются из первичного поля инерции и все преобразования одного вида энергии в другой идут через поле инерции. Эта идея дала им возможность разработать единую модель энергоструктуры Земли как “вакуумного излучающего источника”. На основании математических расчетов авторы приходят к интересным физическим заключениям:

1) гравитационные волны увязают внутри Земли, как электромагнитные в диэлектрике;

2) гравитационное взаимодействие между элементами среды может усиливаться за счет активности самой среды, происходит изменение константы гравитационного взаимодействия;

3) виртуальное поле инерции делает виртуальной массу Земли и порождает излучение различной природы [22].

Границы раздела между блоками и геосферами Земли являются фазовыми границами в структуре горных пород. Как и во всех нелинейных зонах фазовых переходов, здесь возможно возникновение структур самоорганизации. Например, в зонах разломов низкочастотное сейсмическое поле одного блока преобразуется в высокочастотное микросейсмическое поле другого блока. А на границе между ядром и мантией в результате конвективных потоков энергии и вещества образуются мантийные плюмы — многочисленные равномерно распределенные энергетические сгустки, приводящие к плавлению вещества мантии. Если бы не жесткая верхняя мантия, магматизм проявлялся бы равномерно на поверхности Земли, но он управляется тектоносферой, оттого и протекает в виде катастроф.

Расчеты модели Земли как гравитационного источника позволили [22] выделить сферу “квазистационарной” Земли, отделяющую устойчивые движения от неустойчивых. Эта сфера попадает по глубине на астеносферу. Именно эта оболочка является источником гравитационного излучения Земли.

Рассматривая Землю как вращающийся солитон, ученые получили [22] глубину размещения еще одной замечательной сферы — *эргосферы*, ни одна из частиц которой не может оставаться в покое, они непрерывно вращаются вокруг оси симметрии поля. Эргосфера

представляет собой слой 1,5 км на поверхности ядра, слой активного массопереноса между ядром и мантией.

Расчеты модели Земли как вращающегося солитона с жесткой оболочкой [22] дали следующую картину излучения энергии планетой. Если литосфера вращается очень медленно, то излучаемая энергия мала, но извлечение энергии из ядра значительно и она идет на ускорение вращения. Когда скорость вращения литосферы близка скорости вращения ядра, т. е. когда сейсмическое поле астеносферы образует стоячие волны, происходит значительное излучение энергии за счет замедления вращения, но почти нет извлечения энергии из ядра. Должна быть и некая равновесная скорость вращения, при которой литосфера будет существовать довольно долго, выполняя роль катализатора в преобразовании энергии вращения в гравитационное излучение.

4.3. ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ

Существует мнение, что геологические процессы не изменились с дофанерозойских времен. В.И. Вернадский считал, что эволюция идет только в живом веществе: "Те же самые минералы и горные породы образовывались в криптозойской эре, какие образуются и теперь" [10. С. 146]. С этим трудно согласиться. Даже если не меняться состав мантии и в точках генерации магмы выплавляются все те же расплавы, то в результате контаминации изменяющейся коры по ходу движения магматических очагов магма усложняется, удаляется от равновесности и магматическая система получает больше потенциальных вариантов развития, что ведет к увеличению разнообразия пород. Кроме того, эволюция часто проявляется в концентрации рассеянных элементов. Отдельные виды месторождений приурочены к определенным этапам развития Земли [50]. Современными исследованиями во всех направлениях геологии отмечаются признаки эволюции Земли.

Направленно менялись в истории Земли *геологические обстановки*. Родившись холодной 4,5 млрд лет назад, Земля быстро разогрелась и расплавилась с поверхности. С 4 млрд лет началась

собственно геологическая эволюция (рис. 12). На рубеже 3,5 млрд лет образовалось жидкое ядро, возникло магнитное поле, которое создало защитный экран для планеты и способствовало появлению жизни на Земле.

Возникновение протоконтинентов и протогеосинклиналей в процессе наращивания континентальной коры сменилось рождением суперконтинента, который впоследствии распался, и с этого момента начинает действовать плитная тектоника. Общая *конфигурация материков и океанов* неоднократно менялась, происходили инверсии магнитного поля Земли, менялся климат.

Развитие *магматизма* в истории Земли характеризуется следующими особенностями [5]:

1) расширяется спектр состава магматических пород, углубляется их дифференцированность;

2) некоторые виды магматических пород появляются в определенные интервалы геологической истории, затем исчезают;

3) в эндогенном рудообразовании произошли качественные изменения: к интервалу 2,5–1,5 млрд лет приурочен максимум месторождений Fe, Cr, Mn, Ti, V, Pt, а для более позднего периода (около 1,5 млрд лет) характерны месторождения W, Mo, Sn, Be, TR, Hg, Ag;

4) эндогенная активность постоянно снижалась, а площадные ареалы магматизма сменились линейными;

5) намечается четкая корреляция эволюции магматизма с эволюцией метаморфизма и тектонических структур;

6) важнейшие возрастные рубежи в эволюции магматизма и его стадии: лунная – более 3,8 млрд лет; нуклеарная – 2,5–3,8 млрд лет; кратонная – 1,5–2,5 млрд лет, континентально-океанская – моложе 1,5 млрд лет.

Н.Л. Добрецов [23] считает, что “спусковым крючком” для периодичных процессов эволюции Земли эндогенного характера могли быть процессы взаимодействия ядра и мантии Земли. Отражением этого взаимодействия являются периодические изменения частоты *магнитных инверсий* поля Земли, вызываемые периодическим изменением структуры течений во внешнем жидком ядре.

Влияние эндогенных процессов, обусловленных мантийными плюмами [67, 68], на периодические климатические изменения выражается через периодические всплески катастрофического вулканизма как в океанах, так и на островных дугах, периодические изменения ансамбля литосферных плит и рельефа в океане и

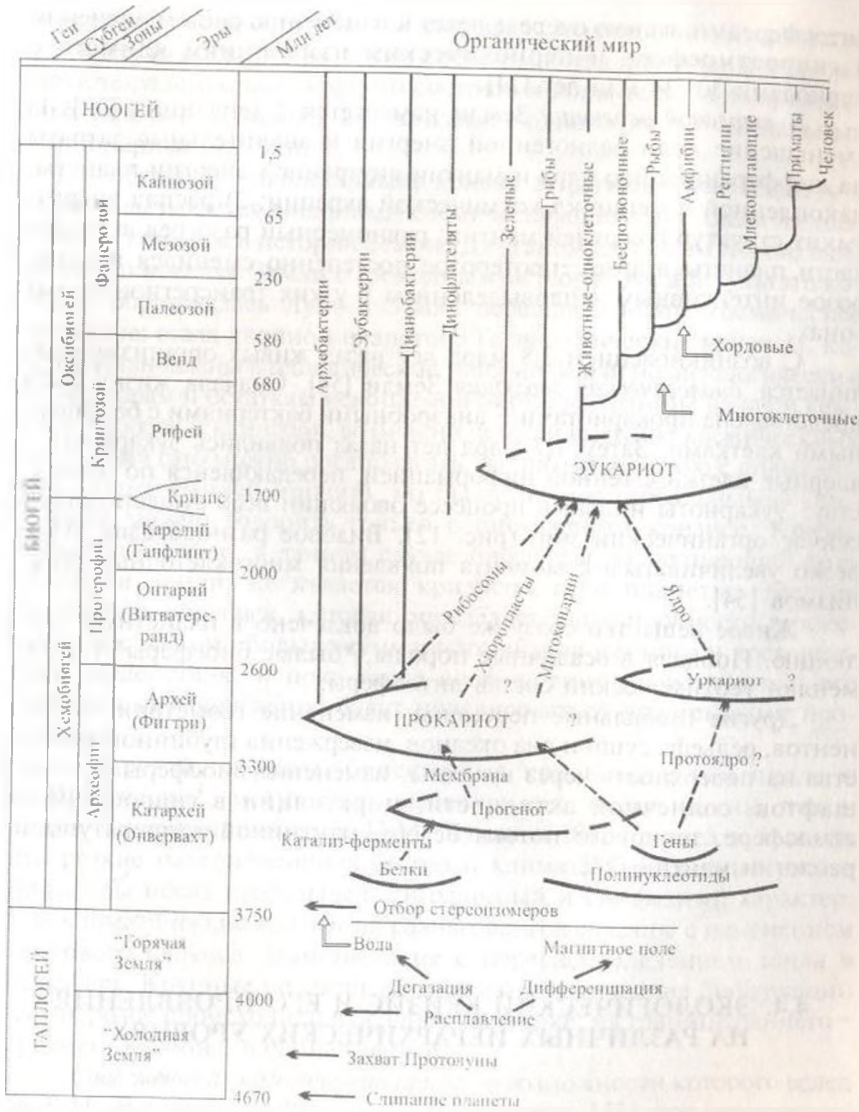


Рис. 12. Схема канализированной эволюции природы [31]

литосфере, что в свою очередь ведет к изменению системы течений в гидроатмосфере и периодическим изменениям климата с периодами 30–34 млн лет [24].

В *тепловой эволюции* Земли намечается 2 тенденции [52]: 1) уменьшение доли радиогенной энергии и значительные затраты на дифференциацию ядра и мантии внутренней энергии планеты, накопленной в мегацикл космической акреции; 2) распад энергосмких структур в верхней мантии; равномерный разогрев внешней части планеты в архее–протерозое постепенно сменился в фанерозое интенсивным тепловыделением в узких трансрегиональных зонах.

С возникновением 3,8 млрд лет назад живых организмов начинается *биологическая эволюция* Земли [54]. Сначала жизнь была представлена прокариотами – анаэробными бактериями с безъядерными клетками. Затем 1,7 млрд лет назад появились эукариоты – ядерные клетки с генной информацией, передающейся по наследству. Эукариоты и дали в процессе эволюции весь существующий сейчас органический мир (рис. 12). Видовое разнообразие стало резко увеличиваться с момента появления многоклеточных организмов [54].

Живое вещество сразу же было вовлечено в планетную эволюцию. Попадая в осадочные породы, “былые биосферы” [9] изменяют геохимический состав литосферы.

Другие глобальные перемены: изменение геометрии континентов, рельефа суши и дна океанов, извержения глубинного вещества на поверхность через вулканы, изменение биосферы и ландшафтов, солнечной активности, циркуляции в гидросфере и атмосфере, теплового потока Земли, мантийной температуры и реологии мантии [24].

4.4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЯХ

Экологический кризис обособленной системы, т. е. любой природной системы, происходит тогда, когда внешнее воздействие

на нее выше ее энергетической емкости. Эволюционный кризис — критическая область в развитии системы, когда исчерпаны возможности текущего стационарного состояния и для выхода из предельного цикла необходима актуализация одного из потенциальных стационарных состояний.

Глобальный (планетарный) кризис затрагивает всю планету в целом и вызывается внешними космическими силами. Были ли глобальные кризисы в истории Земли? Да. Таким кризисом можно считать столкновение Земли с громадным метеоритом, в результате которого образовалась Луна и Земля перешла в новое космическое состояние: стала двойной планетой. Те экологические кризисы, которые установлены в геологической истории Земли по литологическим индикаторам и остаткам ископаемой биоты на границе венда и кембрия, мезозоя и кайнозоя, возможно, и были вызваны космическими причинами (это можно предполагать, например, по слою с повышенной концентрацией иридия), но были ли они глобальными? Достоверно можно говорить только о биосферном кризисе. Кризис одной из геосфер, в данном случае биосферы, выполняющей роль оболочки Земли, не является кризисом всей планеты. Энергия внутренних оболочек, которая определяет запас прочности геосистемы, несравнимо больше суммарного антропогенного и космического воздействия, и пока такое соотношение не изменится, все биосферные напряжения будут нивелироваться эндогенными процессами.

С другой стороны, биосферные кризисы, в том числе и климатические, могут быть вызваны как эндогенными, так и космическими причинами. Н.М. Чумаков [61] пришел к выводу, что резкие палеоизменения биоты и климата в различных частях биосферы носят глобальный, синхронный и синфазный характер, т. е. климатические колебания разных рангов связаны с изменением теплового баланса планеты, а не с перераспределением тепла в биосфере. Крупные по масштабу климатобиотические бифуркации в фанерозое происходили в позднем ордовике, на границе раннего — среднего карбона, в ранней перми.

Современный экологический кризис, о возможности которого вслед за В.И. Вернадским [9] и А.Е. Ферсманом [57] предостерегают общество многие ученые XX в., тоже является кризисом биосферы. Эта самая сложная, самая информационная (а значит и самая

неустойчивая) геосфера может катастрофически измениться в результате космических, эндогенных или антропогенных факторов. Надвигающийся экологический кризис представляет опасность для современной биоты и в основном для вида *Homo sapiens*. Каковы особенности современного экологического кризиса? Прежде всего, наличие техносферного воздействия. Хотя изучение глобальных климатических изменений показывает, что причинный вклад в них эндогенной энергии (вулканизм, тектоника) несравненно мощнее, чем антропогенное воздействие, тем не менее техногенные факторы действуют очень быстро и концентрированно.

Один из признаков современного кризиса — истощение природных ресурсов. По данным В.Г. Горшкова и К.Я. Кондратьева [20], вся биота Земли переводит энергию на уровень крупных животных, работая с КПД не более 1%, а человечество погребляет около 10% продукции биосферы. Это истощает биосферу, и до полного уничтожения наземной биоты достаточно 150 лет. По прогнозу В.А. Зубакова [31], полная деструкция биосферы (рис. 13) может произойти к концу XXI в., если человечество не использует оставшуюся временную возможность установить экологический гомеостазис между природой и обществом.

Еще один признак кризиса — изменения климата, которые среди глобальных изменений природной среды наиболее заметны. Коротковолновые климатические колебания связываются большинством исследователей с циклами Миланковича, т. е. с периодами изменения орбитальных параметров Земли [62].

Велико влияние эндогенного вещества на состав и свойства атмосферы и гидросферы, в том числе поступление глубинных термоактивных газов. Главное поступление эндогенного вещества сосредоточено в зонах спрединга срединно-океанических хребтов, дополнительно в областях задугового спрединга и “горячих точек” и в несколько (5–10) раз превышает поступление эндогенного вещества на суше [24]. Значительное разнообразие отмечается в составе поступающего эндогенного вещества. Важнейшим эффектом является удаление из морской воды иона магния и сульфат-иона и соосаждение железа, цинка, меди, реже свинца. При разгрузке гидротерм на дне часть эндогенного вещества выпадает немедленно после выхода на дно, образуя прослойки сульфидов, сульфатов, окислов, но главная часть рассеивается в воде, осадках, организмах, т. е. в экзосфере.

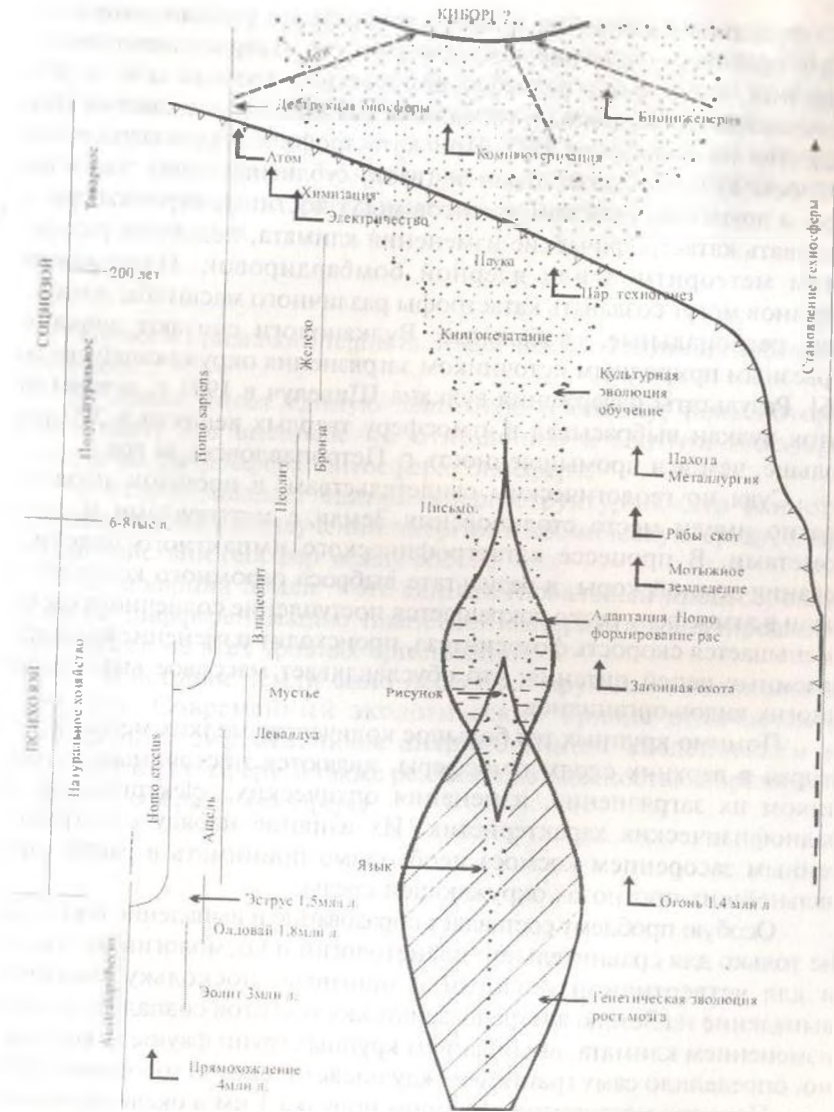


Рис. 13. Схема канализированной эволюции общества и его взаимодействия с природой [31]

Вулканизм влияет на природную среду по разным направлениям: прямое воздействие лавы, связанное с извержениями землетрясения, изменения рельефа, образование цунами и т. д. Но особенно долговременны и глобальны воздействия вулканического вещества на атмосферу [24]. При катастрофических извержениях выбросы вулканических пыли и газов, сублимирующих частичек серы и других летучих компонентов могут достигать стратосферы и вызывать катастрофические изменения климата, подобные результатам метеоритной или ядерной бомбардировок. Извержения вулканов могут создавать катастрофы различного масштаба: локальные, региональные, глобальные. Вулканологи считают вулканы серьезным природным источником загрязнения окружающей среды [56]. Результаты извержения вулкана Шивелуч в 1993 г.: в течение суток вулкан выбрасывал в атмосферу твердых веществ в 320 раз больше, чем вся промышленность г. Петропавловска за год.

Судя по геологическим свидетельствам, в прошлом неоднократно имели место столкновения Земли с метеоритами и даже кометами. В процессе катастрофического импактного преобразования земной коры, в результате выброса огромного количества пыли в атмосферу резко сокращается поступление солнечного света, уменьшается скорость фотосинтеза, происходит изменение климата, наземных цепей питания, что обуславливает массовое вымирание многих видов организмов.

Помимо крупных тел большое количество мелких метеоритов, сгорая в верхних слоях атмосферы, являются постоянным источником их загрязнения, изменения оптических, электрических и радиофизических характеристик. Их влияние наряду с антропогенным засорением космоса необходимо принимать в расчет при дальнейших прогнозах окружающей среды.

Особую проблему составляет образование и выпадение тектитов, не только для сравнительной планетологии и космологии, но также и для четвертичной геологии и прогноза, поскольку массовое выпадение на Землю австрало-азиатских тектитов совпало с резким изменением климата, вымиранием крупных групп фауны и, возможно, определило саму границу между плейстоценом и голоценом [24].

Падение метеоритов размером порядка 1 км в океан приводит к возникновению вблизи места удара волны высотой до 1 км, которая может распространяться на огромные расстояния. На расстоянии

200 км высота волны составляет 10 м, что соответствует высоте наиболее разрушительных цунами на Камчатке за последние 100 лет. Удар таких тел может оказывать существенное влияние на прибрежные районы всего океана. Именно такие цунами обрушились на Курилы после землетрясений осенью 1994 г. и принесли катастрофические разрушения. Воздействие космогенных факторов может оказаться мгновенно фатальным для человечества [24].

Выводы

По всем признакам планета Земля является единой глобальной системой:

1. Земля имеет единую защитную оболочку, роль которой выполняют все внешние по отношению к мантии геосферы: атмосфера, гидросфера, литосфера, биосфера;

2. Земля обладает единой энергоструктурой. Это единство проявляется и при излучении энергии в космическую среду, и при взаимодействии геосфер между собой;

3. Эволюция Земли — это единый глобальный процесс, включающий дифференциацию планетной материи и каналированное развитие ее на всех уровнях организации;

4. В истории Земли было несколько крупных эволюционных кризисов. Современный экологический кризис отличается от предыдущих существенным антропогенным воздействием на биосферу и литосферу, а также реальной возможностью образования новой геосферы — ноосферы.

**ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВЫВОДОВ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ
АНТРОПОГЕННОГО ПЕРИОДА
И РАЗВИТИЯ НООСФЕРЫ**

Продление антропогенного периода означает, что человечество будет эволюционировать к ноосфере, а не катастрофически сменится другим биологическим видом или техногенными киборгами. Человечество как глобальная социальная система должно использовать свою исключительную системную степень свободы — разум — для осмысления запрограммированного эволюцией экологического кризиса и выхода из него.

В.А. Зубаков [31] прогнозирует вытеснение биосферы техносферой, создание киборгов с использованием людей в качестве доноров мозга. В.Г. Горшков и К.Я. Кондратьев [20] показывают 2 возможных пути продления развития цивилизации:

1) сокращение доли потребления продукции биосферы, населения и промышленной продукции до такого уровня, когда энергопотребление будет полностью покрываться за счет возобновления ресурсов биосферы и ОС;

2) создание безотходных технологий и искусственных сообществ биоты, способных замыкать круговорот веществ, что, по их мнению, и будет ноосферой.

Рассмотрим некоторые возможности человечества в этом плане подробнее.

5.1. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Человек как обособленная развивающаяся система обладает самой многообразной в земных условиях защитной оболочкой и

самой сложной контактной матрицей, которая включает не только анализаторы физического, химического воздействия ОС, но и подсознательную оценку вступающего в контакт биополя, а также вторую сигнальную систему, оценивающую вербальную информацию. Человек, как известно, берет из ОС практически все, кроме своей внутренней генетической информации. Природная ОС является источником энергии и информации для индивидуального развития человека и для развития социальных систем. Эволюция обеспечила человека генетической информацией для развития у него анализаторов, соответствующих природной ОС. Антропогенные изменения ОС (химическое загрязнение, жесткая радиация, техногенные магнитные поля и др.) эволюцией не проработаны. Приспособление к распознаванию этих факторов и защите против них происходит в течение индивидуальной жизни путем накопления структурной информации в контактной матрице и совершенствования внутренних защитных механизмов. Эти процессы создания новой биологической информации требуют энергии и времени. Именно из-за длительности периода адаптации (если она возможна в принципе) возникает необходимость экологической защиты населения, особенно детского. В отличие от взрослого человека ребенок слабее защищен от агрессивной ОС, он стоит только в начале процесса приспособления, к тому же расходует много энергии на свое биологическое развитие.

Специалисты отмечают воздействие вредных факторов ОС уже на утробной стадии развития человека [38]. Материнский организм является мощной защитной мегасистемой для плода, но плацента выполняет барьерные функции только в физиологическом, но не экологическом плане. Мало того, материнский организм передаст плоду не только энергию, но и информацию, записанную в питательных веществах, в наборе поступающих элементов, в биоритмах. Ни в этой ли информации об ОС причина развития у будущего ребенка гипертрофированной реакции на следы вредных воздействий, т. е. аллергии? Техногенные вещества, в том числе и синтетические лекарственные или пищевые препараты, всегда более чистые (однородные) по составу. В них нет тех компенсирующих добавок, которые всегда присутствуют в природных веществах, а сильное узконаправленное воздействие вызывает в организме микронарушения равновесия (побочные действия). С другой стороны, необходимые

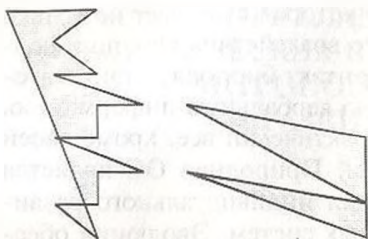


Рис. 14. Несовпадение воздействующего техногенного фактора с контактной матрицей организма. Воздействие целенаправленное, но лишено буферной информации. При большой силе может разрушить тонкие элементы контактной матрицы, т. е. ослабить естественную защиту

человеку элементы, поступающие в организм в некогерентной форме, просто не будут усваиваться (рис. 14).

Существует два неразрывных направления экологической защиты человека от агрессивной ОС:

1) предотвращение вредных воздействий на организм, для чего необходимо снизить агрессивность ОС в местах проживания (технологическими методами изолировать вредные вещества таким образом, чтобы вывести их из биохимического цикла, вынести за пределы зон проживания источники мощных электромагнитных полей, вести по-

стоянный мониторинг ОС и др.);

2) восстановление индивидуальной защиты организма (нарушений в иммунной системе и защитной оболочке), для чего необходимо хотя бы временно прекращение воздействия вредных факторов: частые профилактические выезды из агрессивной ОС в зоны рекреации и более длительная реабилитация в этих зонах по необходимости — без этих мероприятий лекарственное лечение только создает дополнительную нагрузку на иммунную систему.

Сложность решения проблем экологической защиты населения заключается кроме других причин еще и в том, что анализаторы у большинства людей не способны определить вредность воздействия на них загрязненной ОС [33]. С другой стороны, одни и те же вредные факторы вызывают неодинаковые у всех заболевания. Отношение людей к загрязнениям среды всегда было неоднозначным, зависело от грамотности и личных ощущений. Сейчас это становится опасным: нет общего мнения — нет общих усилий. Пока у нас еще есть возможность сохранить территории под зоны рекреации. К сожалению, таких зон остается все меньше и меньше, а правовая основа экологической безопасности требует конкретных уточнений на всех уровнях.

При экологическом неблагополучии первыми нарушаются наиболее структурно сложные подсистемы организма: разум и репродуктивная. В отличие от других органов, работающих на

обеспечение защиты внутренней информации и энергии, обе выделенные подсистемы продуцируют информацию как во внутреннюю, так и во внешнюю среду. Именно поэтому в районах экологического бедствия появляется много людей с физическими и психическими отклонениями.

5.2. ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Природопользование в самом общем понятии — это использование человеком и социальными системами энергии и информации, заключенной в материи окружающей природной среды. Природные объекты, используемые человеком, можно по-разному систематизировать. На схеме (рис. 15) показан один из возможных вариантов. Уточним некоторые термины.



Рис. 15. Схема природопользования

Биопродукция — это те природные вещества, которые постоянно вырабатываются (воспроизводятся) биологическими системами. *Материалы*, в том числе и *биоматериалы*, — вещества и части структур (обломки систем), которые образуются после окончания жизни, развития естественных систем, в период их разрушения. *Природные ресурсы* объединяют запасы энергии, биопродукции, природных материалов, которые в потенциале могут быть использованы человеком. *Биотехнология* — получение биопродукции интенсивным (искусственным), а не экстенсивным (природным) образом.

В природопользование вовлечена материя разного уровня организации. Чтобы разобраться в этом, рассмотрим концептуальную схему рождения и эволюции природных систем из вакуума [21, 22], или схему системного движения материи (СДМ), включающую 7 ступеней:

- 1) “абсолютный” вакуум, самопроявление вакуума, “праматерия”;
- 2) первично-упорядоченный вакуум, рождение пространства — времени;
- 3) появление первичного движения — вращение, переходящее в вихревое движение, физические параметры (масса, заряд и др.) равны 0;
- 4) полное расслоение пространства, состояние возбужденного вакуума, появление поля инерции;
- 5) рождение материи: массы и энергии, впервые появляется действие, но это внутреннее действие материи сама с собой — самодействие, дифференциация поля инерции на физические поля;
- 6) потенциальная энергия самодействия разворачивается в потенциальную энергию взаимодействия, структурная организация вещества находится в виртуальном (потенциальном) состоянии, что соответствует двойной точке фазовых переходов;
- 7) полная актуализация (реализация) элементов материи (частицы, тела и др.), возникновение материальных систем и различных форм движения материи.

Основные принципы, заложенные в СДМ, следующие:

- 1) законы, описывающие материальные среды различных ступеней различны;
- 2) степень однородности материальной среды определяется номером ее ступени;

3) каждый природный объект, явление существуют на всех ступенях сразу.

Кроме прямого эволюционного движения материи возможно и обратное (инволюционное) движение по ступеням СДМ, соответствующее процессу самоорганизации материи.

Энергию можно извлекать со всех уровней организации материи, но чем ниже ступень СДМ, тем затратнее и опаснее такое извлечение. Энергия, востребованная с ядерного уровня, по своей природе ассимилируется на ядерном уровне. Она хороша для разрушения всех более организованных структур в самом их фундаменте. Ядерная энергия была введена в употребление тогда, когда человечество ставило своей задачей уничтожение всего и всех. Чтобы использовать ее не для разрушения, а для создания информации, требуется соответствующее структурирование добываемой энергии, чтобы она безопасно воспринималась контактной матрицей систем с высокой организацией. Еще более проблематичной может оказаться идея извлечения энергии торсионных полей, т. е. полей вращения, с 3-й ступени СДМ.

Рациональнее использовать энергию, активизированную с более высоких уровней организации материи (энергию связи системы), и по возможности без разрушения структурной информации более низкого уровня. Не связанная информацией энергия требует немедленного использования, иначе она рассеивается. В любом случае, нарушая экологическую связь, мы должны для безопасности и возможности управления процессом создать новую. Сделать это легче, если не проникать в материю глубоко.

Задача технологии в том, чтобы задать процессу определенную информацию, которая в результате этого процесса запишется потом в структуре продукта. Например, направленное бурение: изменяем процесс, маскируя управляющую им петрофизическую информацию цементированием скважины, или исправляем результат действия этой информации, меняя клином направление бурового агрегата. Энергетическая задача технологии: перевести тепловую энергию в работу или работу макроуровня в тепловую энергию микроуровня, но не допускать превращения энергии в мегатеплоту биосферы! Последнее увеличит энтропию и ускорит самопроизвольную гибель биосферы.

Приоритет должен быть отдан тем технологиям, которые используют природные материалы с наименьшим их разрушением.

Пример: в технологии переработки древесины на щепу использовались не только отходы лесозаготовок (ветки, сучья, корни), но и деловая древесина. Природопользование в этом случае включало измельчение стволов на щепу, затем склеивание ее экологически вредными синтетическими смолами и производство ДСП для мебели. Энергия тратится на выработку смолы и щепы, теряются готовые полезные свойства дерева, создается экологически нездоровая среда в помещении.

Число используемых биологических видов интенсивно растет. Многие продуктивные виды истощаются в процессе природопользования и даже исчезают, замещаясь непродуктивными видами. Увеличение длительности существования продуктивных экосистем и сокращение непродуктивных – в этом смысл *управления природными ресурсами*. С другой стороны, культурные агроценозы, рассчитанные на чрезмерно высокую продуктивность, обладают, по мнению В.Г. Горшкова и К.Я. Кондратьева [20], сильно нарушенной замкнутостью и неустойчивостью. Для их сохранения необходимо затрачивать значительную энергию на защиту от ОС (вредители, сорняки) и доставку питания (удобрения).

В процессе природопользования усиливается необходимость сохранять реликтовые виды для современников и все существующие сейчас виды для потомков, потому что условия окружающей среды изменятся и не известно, какую роль в будущем будут играть современные виды, какая биоинформация будет затребована для сохранения жизни на Земле.

Действительные потребности социальных систем не могут быть бесконечны, потому что на их реализацию не хватит энергии и времени. Энергетическая емкость любой системы ограничена. Стремление к удовлетворению мнимых потребностей, превышающих возможности освоения, ведет только к росту энтропии в природной среде, именно в этом смысл экономного расходования природных ресурсов.

Существует необходимость сохранения реликтовых форм цивилизации (малые народности, натуральное хозяйство в гасящих селах). Каждая примитивная форма природопользования может быть актуализирована в будущем и оказаться базовой для выживания и развития, если основное направление цивилизации исчерпает свои возможности.

Цель работы геоэколога-практика — дать экспертное заключение о способах относительно безопасного и рационального использования данной территории, оценить степень потенциальной экологической опасности от всех видов антропогенной нагрузки на геозкосистему с учетом ее природных особенностей. Необходимо рассчитать и сопоставить скорости загрязнения и восстановления природной системы, скорость нейтрализации техногенных загрязнителей, методы и скорости восстановления возобновляемых ресурсов, КПД использования биоресурса.

Выводы

Природопользование должно идти по пути:

- 1) минимального разрушения природных веществ и структур;
- 2) создания новых экологических связей вместо нарушенных;
- 3) экономного использования природных ресурсов;
- 4) всестороннего изучения новых самопроизвольно возникающих экологических связей технологических продуктов с ОС и корректировки их при необходимости.

5.3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ПОТРЕБНОСТИ И ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Природные ресурсы биосферы конечны, а это требует их оптимального расходования. Энергетическая емкость любой системы ограничена, в том числе не бесконечны действительные потребности человека и социальных систем, потому что на их реализацию не хватает энергии и времени. Но у человека в отличие от животных нет инстинкта, ограничивающего потребление. Стремление к удовлетворению мнимых потребностей, превышающих возможности освоения, ведет к росту энтропии в природной среде.

Индивидуальные потребности человека по степени важности делятся на 5 ступеней [61]: 1) физиологические потребности, 2) самосохранение, 3) общение, 4) престиж, статус, 5) осмысление цели

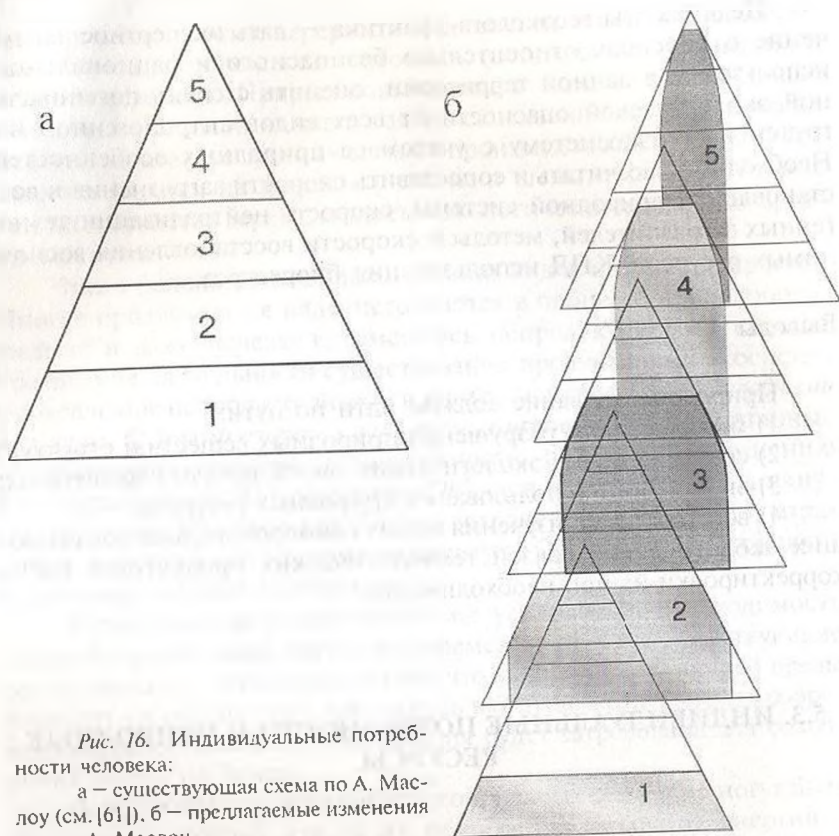


Рис. 16. Индивидуальные потребности человека:
 а — существующая схема по А. Маслоу (см. [61]). б — предлагаемые изменения схемы А. Маслоу

жизни, самовыражение (рис. 16,а). Форма треугольника (или треугольной пирамиды) для схемы индивидуальных потребностей человека выбрана правильно, если рассматривать интегрально все человечество. Духовные потребности в отличие от физиологических возникают далеко не у всех. Что же касается отдельных индивидуумов, то для каждого схема потребностей будет своя. Голодный человек вряд ли задумается о своей космической роли. С другой стороны, если всю энергию употребить на максимальное удовлетворение физиологических потребностей, то не останется ни сил, ни времени на интеллектуальные, духовные. Введя в схему коли-

чественный фактор (обозначив условно энергоёмкость системы “человек” площадью на графике), получим несколько иную схему индивидуальных потребностей (рис. 16,б) и вывод: актуализация духовных (информационных, ментальных) потребностей возможна только при ограничении потребностей чисто энергетических (физиологических, защитных). То же относится и к действительным потребностям социальных систем — они не могут быть бесконечны.

В социальных системах возникает противоречие между потребностями общественными и личными. Правовая основа должна давать энергетическую возможность для развития общества как системы в целом, что невозможно без рационального ограничения потребностей индивидуальных (налогообложение). У социальной системы несколько иные потребности: 1) выживание населения — поддержание определенного энергетического уровня, 2) защита системы, 3) повышение ментального уровня общества.

5.4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА. МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД НА ВОЗМОЖНОСТИ СВЯЗИ С КОСМИЧЕСКИМ РАЗУМОМ

Эволюция человека возможна только путем развития мышления и, скорее всего, путем развития социальных систем. Человечество как глобальная социальная система должно использовать свою исключительную системную степень свободы — разум — для осмысления запрограммированного эволюцией экологического кризиса и выхода из него.

Ноосфера — это единая система разума человечества. Развитие ноосферы не может идти, минуя стадию социальных систем. Только так она сможет превратиться в развитую геосферу и существенную часть космоса. Индивидуальные всплески интеллекта и “контакты” некоторого числа людей с космосом такую роль не смогут выполнить хотя бы потому, что требуют значительных энергетических затрат на защиту информации от нарастающей энтропии.

Есть ли признаки эволюции ноосферы? Да, качественные и количественные. К качественным можно отнести все культурные революции, в частности переход к логике ментального синтеза [60]. Количественные изменения в развитии ноосферы — это повышение уровня знаний человечества.

Ментальное поле творческой личности на фоне ментального поля общества подобно солитону. Чем выше его градиент, тем меньше устойчивость. Здесь очень важен уровень энергетического, информационного (ментального) состояния общества (рис. 17), потому что он определяет высоту отдельных ментально-информационных пиков, т. е. возможность устойчивого состояния и количества выдающихся творческих личностей, способных выйти на потребности духовные, не только использовать информацию, но и генерировать ее. Одной из возможностей продлить существование солитона, кроме постоянной энергетической подпитки, является уменьшение этого градиента за счет повышения локального окружающего ментального фона. Такую роль для своих лидеров выполняют творческие коллективы, на которых, кроме того, лежит задача повышения грамотности, духовности всех элементов социальной системы.

Космическое воздействие испытывает каждый организм на Земле. Человек имеет широкий диапазон восприятия внешней информации, в том числе и космической, но сознанием фиксируется только небольшой частотный интервал поступающих сигналов, важнейший в данной реальности. Работа одних рецепторов отключает или ослабляет активность других. Иногда отключение делается сознательно. Так, работая в шумном пространстве, приходится абстрагироваться от звуковых сигналов. А для того чтобы идентифицировать подсознательно воспринимаемые сигналы, необходимо “перестроиться” с обычных частот, владеющих сознанием в реальной обстановке, на другие. Именно из-за переключения сознания люди, обладающие паранормальными способностями, часто выглядят не вполне психически здоровыми. Телепатия ярко проявляется в редких, часто критических ситуациях и обязательно между духовно близкими людьми, т. е. между людьми с когерентным биополем. В обычной ситуации телепатические сигналы блокируются сознанием для защиты мозга от перегрузок и проявляются у людей с расстройством психики. С другой стороны, внешние сигналы могут поступать в мозг, но не восприниматься как контактные. Они идут

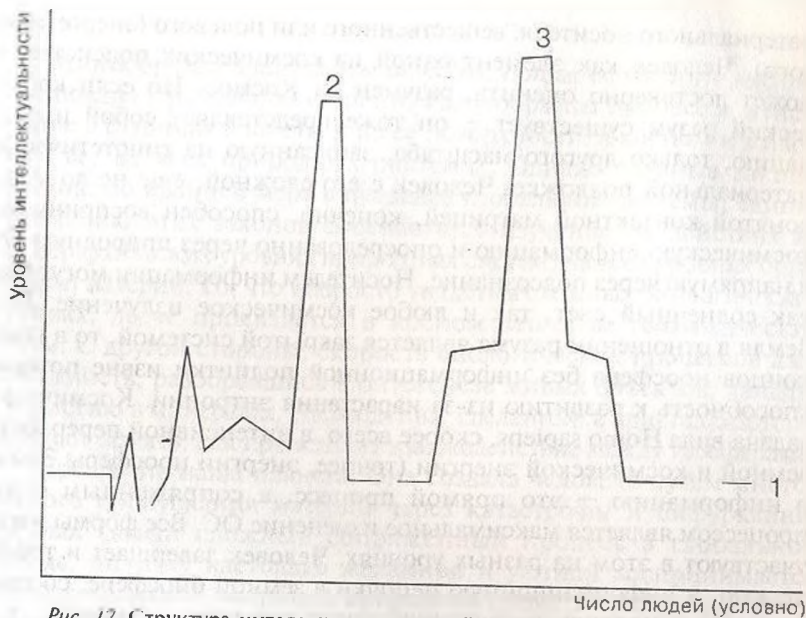


Рис. 17. Структура интеллекта социальной системы:

1 — средний интеллектуальный уровень общества; 2, 3 — интеллектуальные солитоны различной формы

через подсознание, “организуют мысль”, и даже вопрос об их источнике не возникает. Мысль — это информация, наложенная на материальный носитель (вещество или энергетическое поле), ее можно записать в мозг, воздействуя извне модулированным энергетическим полем, излучением. Источником мысли может быть мозг соседа, ноосфера Земли или космос. Человек в таком случае является приемником, роботом, но, видимо, для ментального развития этого недостаточно. Нужны сознательные действия, сознательная работа с полученной информацией. Только через развитие в социальных системах человечество сможет перейти к системам разума, которые и объединятся в новую геосферу — ноосферу, и тогда не только жизнь, но и разум станут механизмом контактной матрицы планеты Земля.

Духовность — это уровень познания мира, интерес к этому познанию, а не что-то противоположное материализму. Информация — категория абстрактная, нематериальная, но она всегда требует

материального носителя: вещественного или полевого (энергетического). Человек как элемент одной из космических подсистем не может достоверно оценить, разумен ли Космос. Но если космический разум существует — он тоже представляет собой информацию, только другого масштаба, записанную на гипотетической материальной подложке. Человек с его сложной, еще не до конца понятой контактной матрицей, конечно, способен воспринимать космическую информацию и опосредованно через природную ОС, и напрямую через подсознание. Носителем информации могут быть как солнечный свет, так и любое космическое излучение. Если Земля в отношении разума является закрытой системой, то в конце концов ноосфера без информационной подпитки извне потеряет способность к развитию из-за нарастания энтропии. Космическая задача вида *Homo sapiens*, скорее всего, в интенсивной переработке земной и космической энергии (точнее, энергии ноосферы Земли) в информацию — это прямой процесс, а сопряженным с ним процессом является максимальное изменение ОС. Все формы жизни участвуют в этом на разных уровнях. Человек завершает и трофическую, и информационную цепочки в земной биосфере, соответственно, и цепочку концентрирования вещества и энергии, т. е. уменьшения энтропии, повышения неустойчивости.

Структуры самоорганизации возникают в гетерогенных средах, вернее, на их границе, при передаче энергии от одной подсистемы к другой (кристаллогенез, мантийные плюмы). То же должно происходить и на границе биосферы с ноосферой: энергетический градиент биосферы в случае его достаточной величины способен вызвать появление ячеистой структуры из энергетических сгустков в ноосфере. Иначе говоря, центры разума должны возникнуть в определенных местах биосферы. С другой стороны, эта структура может быть не энергетической, а информационной, т. е. информация из биосферы создает информационные “плюмы” в ноосфере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многообразна планета Земля. Образующая ее материя дифференцирована в различной степени. Разнообразны процессы, действующие в глубинах планеты и на ее поверхности, в косном и живом веществе, во всех природных системах. Однако главные законы развития, по крайней мере в пределах глобальной системы, едины. Пониманию этих законов способствует изучение их действия на всех иерархических уровнях природных систем, на всех уровнях организации материи. То, что непросто увидеть в сложных биологических системах, легче проявляется в косном веществе геохимических систем. С другой стороны, скорость биологических процессов дает возможность, разобравшись в онтогенезе живых объектов, увидеть их аналогию в минералах. Наблюдения, сделанные в кристаллизаторе, помогают понять, как происходит взаимодействие между геосферами.

Прекрасна наша планета. Она создала человека путем многократного пропускания материи через катастрофы и бифуркации. Это был самый сложный сопряженный процесс в глобальной системе, поэтому настолько желанной и уютной воспринимается нашей контактной матрицей природная среда. В настоящее время в развитии биосферы наступил такой период, когда весь созданный планетой запас структурной информации может катастрофически исчезнуть, если человечество окажется не в состоянии направить свой разум на единение с природой.

Наука геоэкология рождается путем синтеза понятий и законов других наук, но, развиваясь, она должна и сможет открыть свои научные законы, обрести свою специфическую методологию. Появилась необходимость в этой науке, значит будет найдена возможность реализации. Геоэкология — это один из вкладов в образование ноосферы, без которой эволюция человечества, антропогенный период Земли могут завершиться слишком быстро.

Курс лекций подготовлен благодаря финансовой поддержке ФЦП "Интеграция", проект № 723.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Наука, 1990. 128 с.
2. Асхабов А.М. Процессы и механизмы кристаллогенеза. Л.: Наука, 1984. 166 с.
3. Асхабов А.М. Регенерация кристаллов. Л.: Наука, 1979. 176 с.
4. Асхабов А.М. Эндогенные факторы и диссипативные структуры в эволюции системы "кристалл—среда" // Теория минералогии. Л.: Наука, 1998. С. 86—90.
5. Богатиков О.А., Коваленко В.И.. Эволюция магматизма в истории литосферы // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 115—128.
6. Брехман И.И. Валеология — наука о здоровье. М.: Физкультура и спорт, 1990. 208 с.
7. Булах А.Г. Методы термодинамики в минералогии. Л.: Недра, 1974. 184 с.
8. Булкин Г.А. Введение в статистическую геохимию. Л.: Недра, 1972. 207 с.
9. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1987. 376 с.
10. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 260 с.
11. Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника. М.: Изд-во МГУ, 1988. 168 с.
12. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. М.: Наука, 1986. 191 с.
13. Воронов П.С. Роль ротационных сил Земли в истории становления структуры ее литосферы // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 104—114.
14. Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. Львов: Изд-во ЛГУ, 1961. 284 с.
15. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогенез минералов: индивиды. М.: Наука, 1975. 339 с.
16. Голубев В.С. Модель эволюции геосфер. М.: Наука, 1990. 95 с.
17. Голубев В.С. Эволюция от геохимических систем до ноосферы. М.: Наука, 1992. 109 с.
18. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1984. Т. 1. 560 с.
19. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. 576 с.
20. Гориков В.Г., Кондратьев К.Я. Концептуальные аспекты экологических исследований: роль энерго- и массообмена // Вестн. АН СССР. 1988. № 10. С. 62—70.
21. Дмитриевский А.Н., Володин И.А. Системная эволюция материи // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 210—216.
22. Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И. Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 154 с.
23. Добрецов Н.Л. Геологические факторы глобальных изменений: значение катастроф и периодичности процессов // Геол. и геофиз. 1994. Т. 35, № 3. С. 3—19.
24. Добрецов Н.Л., Коваленко В.И. Глобальные изменения природной среды // Геол. и геофиз. 1995. Т. 36, № 8. С. 7—29.
25. Ершов Ю.А., Плещнева Т.В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. М.: Медицина, 1989. 272 с.
26. Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. М.: Наука, 1979. 275 с.
27. Жабин А.Г. Потенциально-фундаментальный статус минералогии // Теория минералогии. Л.: Наука, 1988. С. 10—14.

28. *Жданов В.М., Еришов Ф.И., Новохатский А.С.* Тайны третьего царства. М.: Знание, 1975. 176 с.
29. *Заварицкий А.Н., Соболев В.С.* Физико-химические основы петрографии изверженных горных пород. М.: Госгеолтехиздат, 1961. 383 с.
30. *Зельдович Я.Б., Хлопов М.Ю.* Драма идей в познании природы. М.: Наука, 1988. 237 с.
31. *Зубаков В. А.* Эволюция и человечество // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 226–236.
32. *Иванова В.Л.* Структурное состояние многофазных полевых шпатов и его генетическое значение // Минералогические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1977. С. 4–23.
33. *Иванова В.Л.* Взаимодействие организма с окружающей средой и экологическая безопасность // Окружающая среда и здоровье ребенка: Тез. докл. междунар. симпози. Владивосток: Уссури, 1997. С. 63–64.
34. *Иванова В.Л.* Развиваться устойчиво, но куда? // Устойчивое развитие Востока России: проблемы и поиск решений. Хабаровск: ДВАГС, 1999. С. 85–87.
35. *Иванова В.Л., Кирюхина Н.И.* Границы зерен и межзерновой материал в лерцолитовых включениях // Ультраосновные магмы и их металлогения. Владивосток, 1987. С. 171–177.
36. *Иванова В.Л., Чубаров В.М.* Пресобразование мегакристов титанавгита в щелочных базальтах // Минералы – индикаторы петрогенезиса. Владивосток, 1978. С. 153–155.
37. *Комарова Т.А.* Послепожарные сукцессии в лесах Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 1922. 224 с.
38. *Корющенков А.П.* Влияние вредных факторов на плод. М.: Медицина, 1978. 214 с.
39. *Костюк В.Н.* Изменяющиеся системы. М.: Наука, 1993. 352 с.
40. *Куренцова Г.Э.* Реликтовые растения Приморья. Л.: Наука, 1968. 72 с.
41. *Куренцова Г.Э.* Естественные и антропогенные смены растительности Приморья и Южного Приамурья. Новосибирск: Наука, 1973. 230 с.
42. *Маракушев А.А.* Петрогенезис. М.: Недра, 1988. 293 с.
43. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
44. *Омельяновский М.Э.* Идеи диалектики в квантовой физике // Философские вопросы квантовой физики. М.: Наука, 1970. С. 19–46.
45. *Островский Л.А.* От нелинейных колебаний – к нелинейным волнам // Нелинейные волны. Динамика и эволюция. М.: Наука, 1989. С. 29–50.
46. *Попов В.А.* Практическая кристалломорфология минералов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 191 с.
47. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986. 427 с.
48. *Процессы реального кристаллообразования.* М.: Наука, 1977. 234 с.
49. *Рабинович М.И.* Нелинейная динамика и турбулентность // Нелинейные волны. Динамика и эволюция. М.: Наука, 1989. С. 50–83.
50. *Руджаист Д.В.* Накопление металлов и эволюция генетических видов месторождений в истории развития земной коры // XXIII сес. междунар. геол. конгр.: Докл. сов. геол. М.: Наука, 1968. С. 212–225.
51. *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем. М.: Наука, 1974. 279 с.
52. *Смыслов А.А.* Тепловая эволюция Земли // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 216–225.

Литература

53. Современная теория элементарных частиц. М.: Наука, 1984. 144 с.
54. Татаринов Л.П. Палеонтологические аспекты биосферы // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 198–208.
55. Трусов Ю.П. О предмете и основных идеях экологии // Философские проблемы глобальной экологии. М.: Наука, 1983. С. 79–105.
56. Федотов С.А., Хубуня С.А., Жаринов Н.А. и др. Извержения вулканов Шивелуч и Ключевской в 1993 г. и их влияние на окружающую среду // Геол. и геофиз. 1995. Т. 36, № 8. С. 117–131.
57. Ферсман А.Е. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 3. 795 с.
58. Филлипов А.Т. Многоликий солитон. М.: Наука, 1986. 224 с.
59. Фролов В.Т. Литология. М.: Изд-во МГУ, 1995. Кн. 3. 350 с.
60. Хмелева Л.Г. Реалии ноосферогенеза // Культура XXI века: человек и среда обитания. Владивосток: Центр культуры "Живая Этика", 1997. С. 10–20.
61. Хьелл Л., Зиглер. Теория личности (Основные положения, исследование и применение). СПб.: Питер Пресс, 1997. 608 с.
62. Чумаков Н.М. Климатические колебания и биотические события // Геол. и геофиз. 1995. Т. 36, № 8. С. 30–39.
63. Шаранов В.Н. Развитие эндогенных флюидных рудообразующих систем. Новосибирск: Наука, 1992. 143 с.
64. Юшкин Н.П. Теория микроблочного роста кристаллов в природных гетерогенных растворах. Сыктывкар, 1971. 52 с.
65. Яковленко С.И. Философия незамкнутости // Вопр. философии. 1996. № 2. С. 41–50.
66. Яхонтова Л.К., Грудев А.П., Зуев В.В. Проблемы изучения системы минеральный субстрат–микроорганизм // Вестн. МГУ. Сер. геол. 1994. № 5. С. 80–92.
67. Loper D.E., McCartney K. Mantle plumes and the periodicity of magnetic field reversals // Geophys. Res. Lett. 1986. V. 13. P. 1525–1528.
68. Olson P., Kincaid. Experiments of the interaction of thermal convection and compositional layering at the base of the mantle // Geophys. Res. 1991. V. 96. P. 4347–4354.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	6
1.1. Основные терминологические понятия системного подхода в экологии	6
1.2. Обособленная система: отличительные свойства, внутренняя и внешняя среда, энергия и информация системы	7
1.3. Защитные оболочки систем: строение, разновидности, функции	10
1.4. Контактная матрица системы. Способы распознавания внешней информации. Механизмы контакта: структурные, энергетические	12
1.5. Экологическое состояние системы. Защита контактная и внутренняя. Экологическая смкость, жизнеспособность систем	15
Глава 2. РАЗВИТИЕ ОБОСОБЛЕННЫХ СИСТЕМ	18
Глава 3. ЕСТЕСТВЕННЫЕ (ПРИРОДНЫЕ) СИСТЕМЫ	23
3.1. Классификация природных систем. Общие положения	23
3.2. Геохимические системы	24
3.2.1. Общие положения	24
3.2.2. Минералообразующие системы	25
3.2.3. Магматические системы	34
3.2.4. Эндогенные рудообразующие (рудно-магматические) системы	41
3.3. Биологические системы	43
3.4. Экологические системы	44
3.5. Геоэкологические системы	45
3.6. Особенности социальных систем	46
3.7. Природно-технические системы (ПТС)	47
Глава 4. ЗЕМЛЯ КАК ЕДИНАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА	50
4.1. Геосферы земли	50
4.2. Энергетическая структура Земли	53
4.3. Эволюция Земли	55
4.4. Экологический кризис и его проявления на различных иерархических уровнях	58
Глава 5. ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВЫВОДОВ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ПЕРИОДА И РАЗВИТИЯ НООСФЕРЫ	64

5.1. Индивидуальная безопасность человека.....	64
5.2. Основы рационального природопользования.....	67
5.3. Индивидуальные потребности и природные ресурсы.....	71
5.4. Интеллектуальное развитие общества. Материалистический взгляд на возможности связи с космическим разумом.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
ЛИТЕРАТУРА	78

CONTENTS

INTRODUCTION	5
Chapter 1. METODOLOGICAL BASE OF GEOLOGICAL INVESTIGATIONS	6
1.1. Main terminological ideas of a systematic approach in ecology	6
1.2. Isolated system: distinctive feature, inner and outer medium, energy and information of the system	7
1.3. Protection matles of systems: structure, varieties, functions	10
1.4. Contact matrix of the system. Ways of recognition of the outer information. Structural and energetic mechanism of the contact	12
1.5. Ecological state of the system. Contact and inner protection. Ecological capacity and viability of the systems	15
Chapter 2. DEVELOPMENT OF ISOLATED SYSTEMS	18
Chapter 3. NATURAL SYSTEMS	23
3.1. Classification of natural systems. General propositions	23
3.2. Geochemical systems	24
3.2.1. General propositions	24
3.2.2. Mineral-forming systems	25
3.2.3. Magmatic systems	34
3.2.4. Endogenous ore-forming (ore-magmatic) systems	41
3.3. Biological systems	43
3.4. Ecological systems	44
3.5. Geological systems	45
3.6. Specific features of social systems	46
3.7. Natural-technical systems	47
Chapter 4. THE EARTH IS A SINGLE GLOBAL SYSTEM	50
4.1. The Earth's geospheres	50
4.2. Energetic structure of the Earth	53
4.3. Evolution of the Earth	55
4.4. Ecological crisis and its manifestations at different hierarchical levels	58
Chapter 5. APPLIED IMPORTANCE OF THEORETICAL CONCLUSION FOR PROLONGATION OF THE ANTROPOGENIC PERIOD AND NOOSPHERE DEVELOPMENT	64
5.1. Individual safety of a man	64
5.2. Bases of rational nature use	67
5.3. Individual needs and natural resources	71
5.4. Intellectual development of society. Materialistic look at possible connection with cosmic mind	73
CONCLUSION	77
REFERENCES	78

Вера Леонидовна Иванова

**ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ
И
ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Научное издание

Редактор Н. Н. Дегтярь

Художник Г. П. Писарева

Технический редактор М. А. Холотова

Оператор набора С. Э. Кондратенко

Оператор верстки А. Н. Саранцев

Корректор Н. Л. Айздайчер

Изд. лиц. ЛР № 040118 от 15.10.96 г. Подписано к печати 15.03.2000.
Гарнитура "Ньютон". Бумага офсетная. Формат 60x84/16. Печать офсетная.
Усл.п.л. 5,25. Уч.-изд.л. 3,8. Тираж 300 экз. Заказ 81

Отпечатано в типографии и издательства "Дальнаука" ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

