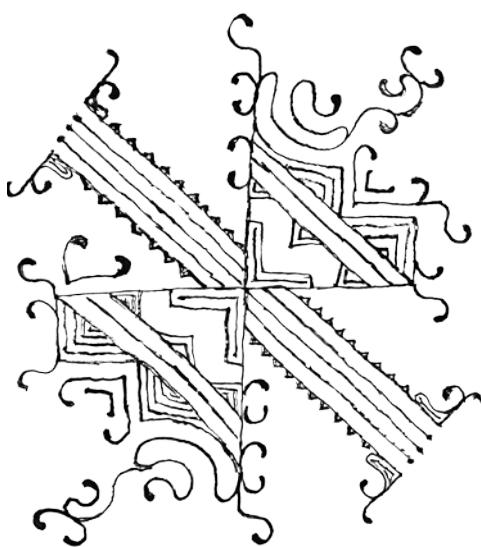


# BIOSFERA

Vladimir Vernadsky

ilustrado com grafismos Kadiweu



*Os grafismos Kadiwéu que ilustram este livro foram passados para o papel por Anoã para Darcy e Berta Ribeiro em 1948 na extinta aldeia Nalike, Terra Indígena Kadiwéu. Os originais encontram-se no acervo da Fundação Darcy Ribeiro, em Brasília.*

# Biosfera

VLADIMIR VERNADSKY

ilustrado com grafismos KADIWÉU



биосфера, Владимир Иванович Вернадский, 1926

Biosfera, Vladimir Vernadsky

primeira edição no Brasil © Dantes Editora, 2019

[www.dantes.com.br](http://www.dantes.com.br)

edição: Anna Dantes

ilustrações: desenhos dos Kadiwéu / coletados por Berta e Darcy Ribeiro

pasta 118 DR / foto

artista: Anoã, 1948

Fundação Darcy Ribeiro

tradução: Graziela Schneider Urso e Edelcio Rodiney Américo

revisão: Alyne Azuma

assistentes de edição: Camila Vaz e Isabelle Passos

colaboração: Fabio Scarano, Idjahure Kadiwel, Gilberto Pires Kadiwéu, Fundação

Darcy Ribeiro, Rodrigo Fiães e Heloisa Franco

digitalização de imagens: Margareth Barbosa Gonçalves

traduções adicionais: Madeleine Deschamps – *texto da orelha (inglês) e notas do autor (francês)*.

V529b

Vernadsky, Vladimir.

Biosfera /Vladimir Vernadsky; [tradução: Graziela Schneider Urso e Edelcio Rodiney Américo], ilustrado com grafismos Kadiwéu.– Rio de Janeiro: Dantes Ed., [2019].

240 p.; il.

ISBN 978-85-86488-61-0

Primeira edição russa, 1926

Inclui notas biográficas e glossário.

1. Biosfera. 2. Geoquímica. 3. Ecologia. 4. Biogeografia. 5. I. Título. II. Urso, Graziela Schneider (trad.). III. Américo, Edelcio Rodiney (trad.).

CDD 551



A publicação foi apoiada pela  
Fundação Mikhail Prokhorov  
Programa TRANSCRIPT  
de Apoio à Tradução da Literatura Russa.

## NOTA EDITORIAL

Seres transformadores de raios cósmicos, protistas verdes, plânctons, diatomáceas, elementos químicos, composições diversas, organismos, partículas, povos e pedras, aqui estamos. Habitantes ativos de uma fina camada radiante, a biosfera, que envolve um dos inúmeros planetas do cosmos.

A esfera da vida é mais que um lugar, é um acontecimento em atividade contínua. Nada aqui é inanimado.

Este livro é sobre a vida, ou seja, sobre tudo. Tudo é. Tudo está. Tudo foi e continuará em trocas constantes, em variações harmônicas, desde sempre, antes de nunca. Nada está desassociado.

*Biosfera* foi lançado na Rússia em 1926 e, até hoje, não tinha sido traduzido para o português.

Entre os muitos desafios que lidamos para realizar esta edição, o maior reside na complexidade da tradução da língua russa e dos termos científicos dos anos 1920. Para elucidar algumas dúvidas, cotejamos as edições francesa (Félix Alcan, 1929) e estadunidense (Copernicus, 1997). Amparamos, também, o processo editorial no estudo dos conceitos e dos cientistas mencionados na obra. Disso resultaram o glossário e as notas biográficas que constam ao final do livro. As notas de Vernadsky, reproduzidas a partir da página 214, foram traduzidas a partir da edição francesa.

As ilustrações Kadiwéu derivam de outro entendimento biosférico, proveniente dos grafismos corporais, escritas que revelam a ciência do invisível e as conexões entre as forças da natureza. As imagens deste livro criam uma narrativa paralela e consagram a edição brasileira, convidando o leitor a essa viagem cósmica e microscópica chamada vida.

## SOBRE O AUTOR

Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863-1945) nasceu em São Petersburgo, Rússia. Filho de Ivan Vernadsky, professor de economia política, e Hanna Konstantynovych, professora de música,

cresceu na cidade de Carcóvia, na Ucrânia, onde conviveu com o tio E. M. Korolenko, um enciclopedista autodidata e amante da natureza que muito o influenciou.

Em 1876, a família Vernadsky voltou para São Petersburgo. Na ocasião seu pai administrou uma livraria e uma casa de impressão.

Vernadsky formou-se na Faculdade de Física e Matemática, na seção de Ciências Naturais, da Universidade de São Petersburgo. Foi aluno de grandes cientistas de seu tempo.

Casou-se, em 1886, com Nataliya Yehorivna Starytska (1860-1943). No ano seguinte nasceu seu primeiro filho, George. Nina Toll, a filha do casal, nasceu em 1898, enquanto moravam em Moscou.

Trabalhou em diversas universidades e laboratórios na Rússia, Itália, Alemanha e França.

Enquanto lecionava na Sorbonne, Paris, em 1924, publicou o texto *La Géochimie*, que foi posteriormente traduzido para o russo, o alemão e o japonês. Trabalhou no laboratório de Marie Curie e desenvolveu o conceito da biosfera, resultando em seu livro seminal *Biosfera*, foi publicado em russo em 1926. Escreveu muitos artigos sobre geoquímica, mineralogia, águas naturais, circulação de fluidos e gases na crosta terrestre.

Vernadsky, considerado um dos fundadores da geoquímica, foi um dos primeiros cientistas a reconhecer que o oxigênio, o nitrogênio e o dióxido de carbono na atmosfera da Terra resultam de processos biológicos.

Sua esposa, Natalia, nos deixou um registro sobre os anseios de Vernadsky – quando o marido contraiu tifo, em 1920, e, mesmo delirante, ele foi capaz de continuar trabalhando:

"Começo a entender claramente que devo contar ao mundo esta teoria sobre a matéria viva... É minha missão, um dever que tenho de cumprir – como um profeta ouvindo dentro de mim uma voz que me chama à ação. Meu principal sonho é desenvolver minha vida na ciência, em particular, transmitindo a outros novas ideias e o necessário trabalho com a teoria da matéria viva. O objetivo principal da minha vida é organizar um novo instituto, de grande porte, para o estudo da matéria viva... Este instituto seria

internacional, em temáticas e equipe, deveria ser uma daquelas novas e poderosas instituições para a pesquisa científica que no futuro deveria mudar absolutamente todos os sistemas de vida humana e a estrutura da sociedade humana."

#### NOTA DE IDJAHURE KADIWEL

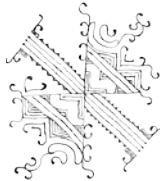
O povo Kadiwéu habita o Pantanal do Mato Grosso do Sul, entre a Serra da Bodoquena e o rio Paraguai. Seu território, a Terra Indígena Kadiwéu, situa-se no município de Porto Murtinho (MS). Chamam-se Ejiwajegi em sua própria língua, os únicos falantes da família linguística Guaikuru no Brasil.

Os povos Mbayá-Guaikuru – dos quais descendem os Kadiwéu – devotavam-se mais que tudo à guerra, razão pela qual, desde as primeiras incursões ibéricas que subiram o rio da Prata em direção ao Chaco, eram temidos pelos invasores. Além de bravos guerreiros e exímios cavaleiros, são também reconhecidos como virtuosos artistas, por sua destreza com a cerâmica e pela singular delicadeza de seus grafismos corporais. Durante a Guerra da Tríplice Aliança contra o Paraguai (1864-1870), conflito bélico que se abateu sobre seu território, combateram pela frente brasileira, sofrendo perdas inestimáveis em sua organização social e cultural.

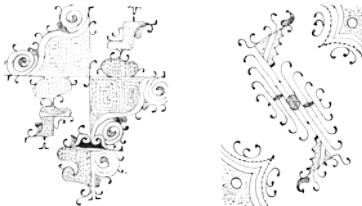
Darcy Ribeiro realizou seu trabalho de campo entre os Kadiwéu em duas partes, em novembro e dezembro de 1947 e de julho a outubro de 1948, totalizando seis meses, com o respaldo da Seção de Estudos do Serviço de Proteção aos Índios (SPI). Esteve nas aldeias Libatadi, Nalike e Tomázia. No segundo período foi acompanhado por Berta Ribeiro, com quem tinha acabado de se casar.

A maioria dos grafismos Kadiwéu que Darcy e Berta colearam é de autoria de Anoã, a mais virtuosa pintora Ejiwajegi do século XX, que estava "bem próxima dos sessenta anos". São de suas mãos os grafismos corporais registrados em papel e aqui reproduzidos.

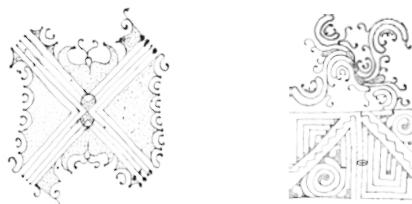
Entre a tradição e a modernidade vivem, hoje, cerca de mil e quinhentos Ejiwajegi.



**PRIMEIRO ENSAIO**  
**A Biosfera no Cosmos**  
**A BIOSFERA NO MEIO CÓSMICO 13**



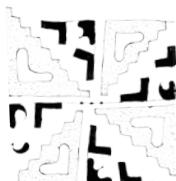
**A BIOSFERA COMO UMA REGIÃO  
DE TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA CÓSMICA 23**



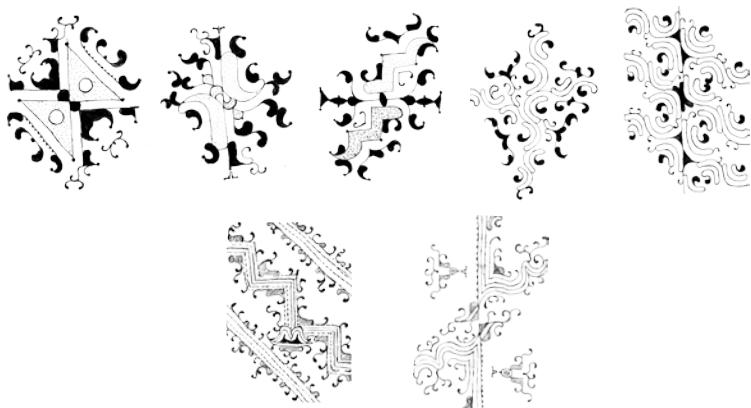
**A GENERALIZAÇÃO EMPÍRICA E A HIPÓTESE 29**



**A MATÉRIA VIVA NA BIOSFERA 37**



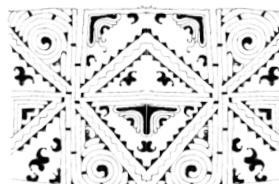
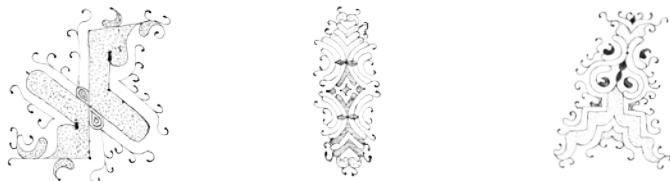
**A REPRODUÇÃO DE ORGANISMOS  
E A ENERGIA GEOQUÍMICA DA MATÉRIA VIVA 45**



**A MATÉRIA VIVA VERDE 72**

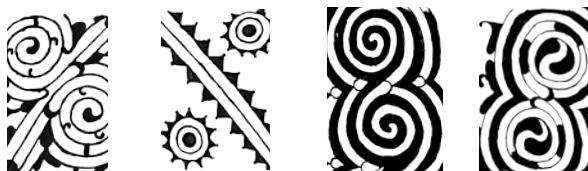


**ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE A MATÉRIA VIVA NO  
MECANISMO DA BIOSFERA 94**





**SEGUNDO ENSAIO**  
**O domínio da vida**  
**BIOSFERA – A CAMADA TERRESTRE 107**



**A MATÉRIA VIVA DE PRIMEIRA**  
**E SEGUNDA ORDEM NA BIOSFERA 130**



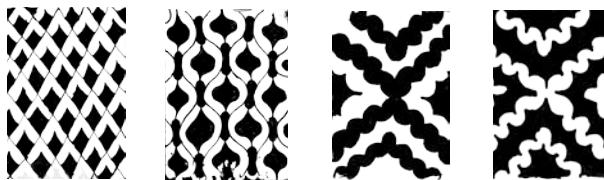
**OS LIMITES DA VIDA 146**



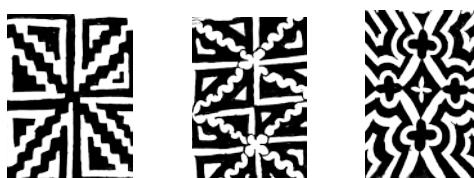
**OS LIMITES DA VIDA NA BIOSFERA 154**



A VIDA NA HIDROSFERA 168



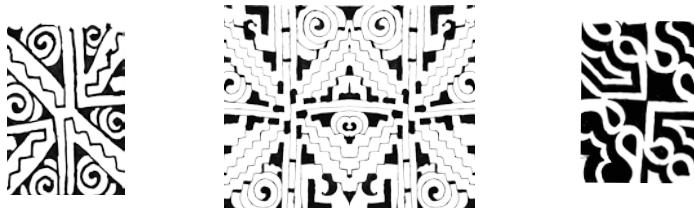
CICLOS GEOQUÍMICOS DAS CONCENTRAÇÕES  
E MEMBRANAS VITais DA HIDROSFERA 183



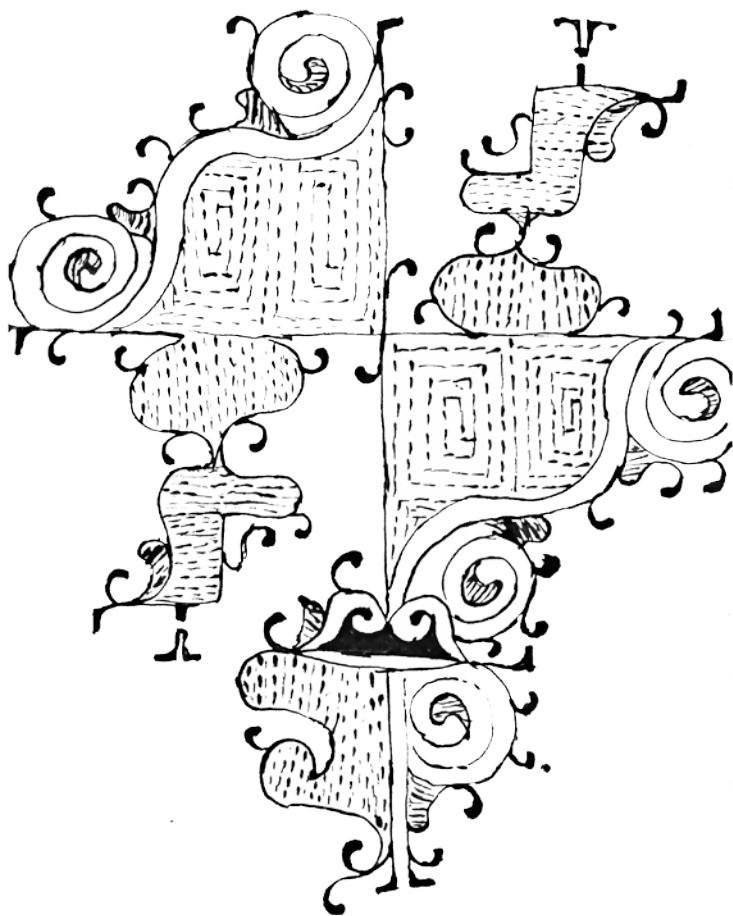
A MATÉRIA VIVA EM TERRA FIRME 198



A RELAÇÃO ENTRE AS MEMBRANAS E AS CONCENTRAÇÕES  
DE VIDA ENCONTRADAS NA HIDROSFERA COM  
AS ENCONTRADAS EM TERRA FIRME 208



NOTAS DO AUTOR 214 NOTAS BIOGRÁFICAS 218  
GLOSSÁRIO 224 BIBLIOGRAFIA 227



# PRIMEIRO ENSAIO

## A Biosfera no Cosmos

*Uma ordem imperturbável em tudo,  
A consonância plena da natureza.*

F. Tiútchev  
(1865)

### A BIOSFERA NO MEIO CÓSMICO

§ 1. A face da Terra sua representação no cosmos, delineada de fora, das laterais, de uma distância infinita de espaços celestes, para nós, parece singular, única, distinta e irreproduzível em outros corpos celestes.

Nela, é revelada a superfície do nosso planeta, sua *biosfera*, sua área exterior, delimitando-a do ambiente cósmico. A face da Terra torna-se visível graças a radiações luminosas de corpos celestes que nela penetram, principalmente do Sol. Ele acumula, de todos os lugares do espaço celeste, uma infinidade de diferentes radiações, das quais a luz visível é uma parte ínfima.

Ainda conhecemos poucas das radiações invisíveis. Estamos apenas começando a ter consciência de sua diversidade, a compreender a natureza fragmentada e incompleta de nossas noções sobre o mundo de radiações que nos rodeia e penetra na biosfera, seu significado essencial nos processos que nos rodeiam – os quais nossa mente, acostumada a outras imagens do universo, tem dificuldade de conceber.

As radiações do ambiente imaterial abrangem não apenas a biosfera, mas todo o espaço acessível e imaginável. Ao nosso redor, dentro de nós, por toda parte, sem interrupção, eternamente mudando, coincidindo e colidindo, passam radiações com ondas de variados comprimentos – de dez milionésimos de milímetro até quilômetros.

Todo o espaço está repleto de radiações. Para nós é difícil, talvez até impossível, imaginar, figurativamente, esse ambiente, *o ambiente cósmico do mundo*, onde vivemos e onde – em um mesmo lugar e em um mesmo tempo –, conforme nossos procedimentos de pesquisa melhoram, distinguimos e medimos cada vez mais novas radiações.

A eterna modificação das radiações e sua contínua presença no espaço distinguem, de maneira nítida, o meio cósmico desprovido de matéria do espaço ideal da geometria.

Trata-se de radiações de diferentes espécies. Elas revelam uma alteração no ambiente e nos corpos materiais que nele se encontram. Algumas se delineiam para nós em forma de energia – de mudança de estado. Mas, junto com elas, no mesmo espaço cósmico, muitas vezes com velocidade da mesma ordem, passa uma *radiação* diferente, de *partículas* separadas *muito pequenas*, rapidamente transportadas, das quais as mais estudadas, além das materiais, são os elétrons, os átomos de electricidade, as partes constituintes dos elementos da matéria – e dos átomos.

São dois lados de um mesmo fenômeno, e existem transições entre eles. A mudança de estados é uma manifestação do movimento de *conjuntos*, sejam quanta, elétrons, magnétons, cargas. O movimento de seus elementos separados está relacionado aos conjuntos; mas estes podem, eles mesmos, se manter no lugar.

A radiação de partículas é uma manifestação do transporte de elementos separados de conjuntos. Essas partículas, assim como as radiações, relacionadas à mudança de estado, podem atravessar os corpos materiais que constroem o mundo. Elas podem ser fontes tão nítidas de mudanças dos fenômenos observados no meio em que recaem, assim como são formas de energia.

§ 2. No momento estamos distantes de qualquer conhecimento satisfatório dessas partículas e, no campo dos fenômenos geoquímicos da biosfera, podemos ainda não estar dando importância à radiação das partículas.

Mas a cada passo devemos considerar, em todas as nossas concepções, as radiações de mudança de estado, que são formas

de energia para nós. Dependendo da forma de radiação, por exemplo, no comprimento das ondas, em particular, elas aparecerão para nós como luz, calor, eletricidade e, de várias maneiras, vão alterar o ambiente material, nosso planeta e os corpos que o constituem.

Com base no estudo do comprimento de ondas, pode-se discernir uma enorme área de radiações semelhantes. Agora, ela abrange cerca de quarenta oitavas. Podemos obter uma ideia clara desse número, lembrando que uma oitava é a parte visível do espectro solar.

Evidentemente, desta forma, não alcançamos a cobertura completa do mundo, o conhecimento de todas as oitavas. A área de radiação se amplia cada vez mais com o avanço do trabalho científico... Mas poucas dessas quarenta oitavas, cuja existência é irrefutável, estão incluídas em nossas noções científicas sobre o cosmos, em nossas costumeiras concepções do mundo.

As radiações cósmicas recebidas pelo nosso planeta, que formam, como veremos, a biosfera, encontram-se apenas nos limites de *quatro oitavas e meia* das quarenta que conhecemos. A ausência das demais oitavas no espaço universal nos parece inacreditável; consideramos essa ausência aparente e a explicamos pela absorção das oitavas no meio rarefeito material das camadas superiores da atmosfera terrestre.

Para as radiações cósmicas mais conhecidas – os raios do Sol – são conhecidas uma oitava de raios luminosos, três oitavas de raios térmicos e meia oitava de raios ultravioleta. Parece irrefutável que a última seja um pequeno fragmento que a estratosfera deixou passar (§ 114).

§ 3. As radiações cósmicas vertem sobre a face da Terra um poderoso fluxo de forças, de forma ininterrupta, eterna, o que confere um caráter completamente novo e particular às partes do planeta que fazem fronteira com o espaço cósmico.

Graças às radiações cósmicas, a biosfera obtém, em toda a sua estrutura, propriedades novas, incomuns e desconhecidas para a matéria terrestre, e, refletindo a biosfera no meio cósmico,

a face da Terra revela, nesse meio, uma nova imagem de sua superfície, alterada por forças cósmicas.

E, por causa dessas forças, a *substância da biosfera* está permeada de energia; ela *se torna ativa*, acumula e distribui pela biosfera a energia obtida em forma de radiação e, por fim, transforma-a em energia, livre e capaz de produzir movimento, no ambiente terrestre.

A camada superficial terrestre, formada por essas forças, não pode, portanto, ser considerada uma área somente de matéria; trata-se de uma área de energia, uma fonte de mudança do planeta por forças cósmicas externas.

Essas forças alteram a face da Terra, e, em grande medida, moldam-na. Ela não é apenas um reflexo do nosso planeta, uma manifestação de sua matéria e de sua energia – é também, ao mesmo tempo, uma criação de forças externas do cosmos.

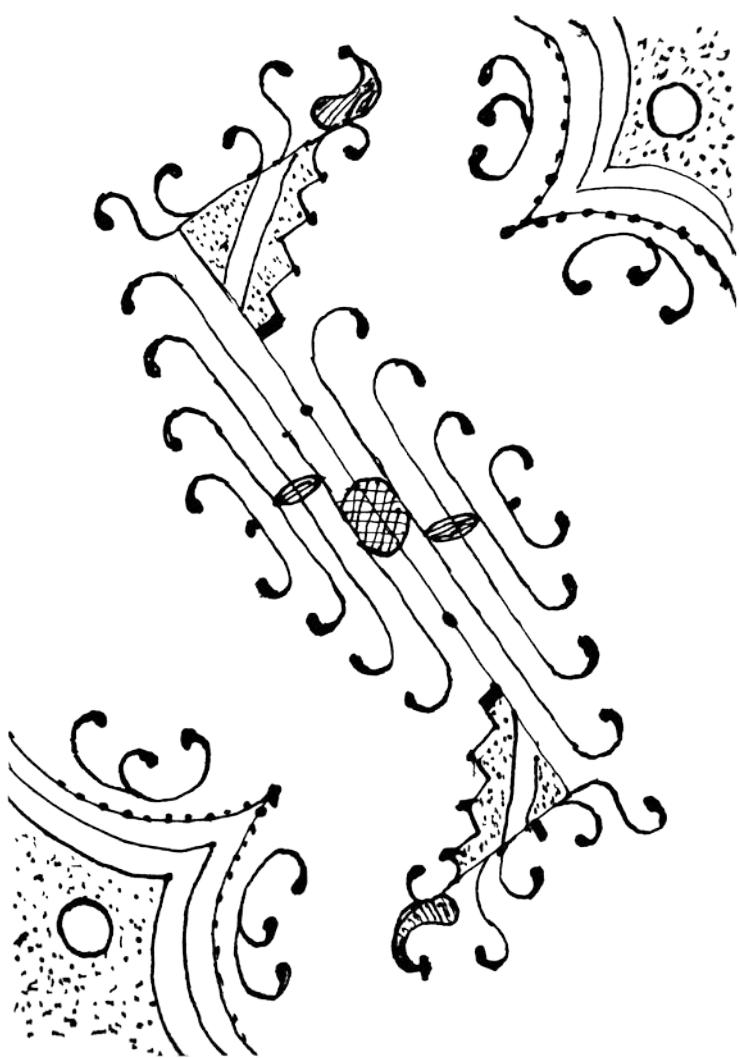
Graças a isso, a história da biosfera difere de forma nítida da história de outras partes do planeta, e seu significado no mecanismo planetário é absolutamente excepcional.

Essa história é tanto a criação do Sol, ou em até maior medida, quanto a revelação dos processos da Terra. As antigas intuições das grandes criações religiosas da humanidade sobre as criaturas terrestres, em particular sobre os seres humanos como *filhos do Sol*, estão muito mais próximas da verdade do que pensam aqueles que veem nessas criaturas da Terra apenas criações efêmeras de mudanças cegas e casuais da matéria terrestre, das forças do planeta.

Tais criaturas são a constituição de um processo cósmico complexo, uma parte necessária e regular de um mecanismo cósmico harmonioso, no qual, como sabemos, não há casualidade.

§ 4. Nossas noções sobre a *matéria* da qual a biosfera é concebida, que mudaram de maneira nítida nos últimos anos, levam à mesma conclusão.

Com base nelas, é inevitável vermos na substância da biosfera a manifestação do mecanismo cósmico.



Isso não é, de forma alguma, consequência do fato de que uma parte da substância da biosfera, talvez de origem grande e sobrenatural, recaia no nosso planeta a partir do exterior, dos espaços cósmicos, visto que essa matéria exterior – poeira cósmica e meteoritos – não se distingue, em sua estrutura interna, da matéria terrestre.

Para nós, ainda há muitos aspectos incompreensíveis e obscuros no caráter inusitado dessa estrutura, que está se revelando agora. Ainda não temos uma noção definida e completa dela; no entanto, as mudanças que ocorrem em nossas ideias são tão grandes e alteram a tal ponto toda a nossa compreensão dos fenômenos geológicos que, quando adentramos essa área de fenômenos terrestres pela primeira vez, é necessário, antes de tudo, concentrar-se nelas.

Sem dúvida, a similaridade da estrutura da matéria cósmica que chega para nós e da estrutura da matéria da Terra não se limita à biosfera – a fina membrana externa do planeta. O mesmo acontece em toda a crosta terrestre, na camada da litosfera, com uma espessura de 60-100 km, cuja parte superior se funde com a biosfera de forma inseparável e gradual (§ 90).

Não se pode duvidar que também a matéria das partes mais profundas do planeta tem o mesmo caráter, embora sua composição química seja diferente e, aparentemente, sempre estranha à crosta terrestre. Portanto, no estudo dos fenômenos observados na biosfera, pode-se não levar essa matéria em consideração. É pouco provável que a matéria das áreas terrestres que estão abaixo da crosta penetre a biosfera em quantidades significativas em curtos períodos de tempo.

**§ 5.** Durante muito tempo, a noção de que a composição química da crosta terrestre fosse determinada por razões puramente geológicas e fosse resultado da interação de numerosos fenômenos geológicos diferentes, pequenos e grandes, não suscitou dúvida alguma.

A explicação para isso foi buscada no conjunto de ações dos próprios fenômenos geológicos que ainda observamos no am-

biente que nos rodeia: nas ações químicas e dissolventes da água, da atmosfera, dos organismos, das erupções vulcânicas etc. A crosta terrestre parecia ter chegado à sua atual composição química – qualitativa e quantitativa – como resultado da interação dos mesmos processos geológicos ao longo de todo o tempo geológico e das propriedades de elementos químicos invariáveis durante esse período.

Essa explicação apresentou múltiplas dificuldades, e, com ela, surgiram noções ainda mais complexas sobre a mudança, ao longo do tempo, dos fenômenos geológicos que suscitaram essa composição química. Sobre isso, começamos a ver nessa composição um reflexo dos antigos períodos da história da Terra, que não se pareciam com os atuais; começamos a considerar a crosta terrestre uma escala de mudança da massa – que havia se fundido – do nosso planeta, formada na superfície da Terra em total acordo com as leis da distribuição de elementos químicos de massas fundidas que se solidificaram com a redução da temperatura. Para explicar a predominância de determinados elementos relativamente leves nela, nos voltamos para períodos ainda mais antigos da história terrestre, que precederam a formação da crosta – para períodos cósmicos –, e consideramos que, naquela época, com a formação de suas massas fundidas a partir de uma nebulosa, elementos químicos mais pesados se acumulavam mais perto do centro.

Em todas essas concepções, a composição da crosta terrestre estava relacionada a fenômenos geológicos. Os elementos participavam deles com suas propriedades químicas, quando podiam produzi-las, e compostos químicos, com seu peso atômico a altas temperaturas, quando todos os compostos pareciam instáveis.

**§ 6.** Sem dúvida, estão sendo evidenciadas leis na composição química da crosta terrestre que contradizem radicalmente essas explicações.

Ao mesmo tempo, o quadro geral da estrutura química de todos os outros corpos celestes revela diante de nós sua complexidade, originalidade e regularidade de que antes nem sequer se suspeitava.

Na composição do nosso planeta e da crosta terrestre, em particular, descerram-se indicações de fenômenos que vão muito além de seus limites. Não podemos compreendê-los se não nos afastarmos da área dos fenômenos terrestres ou até planetários, se não nos voltarmos para a estrutura de toda a matéria cósmica, para seus átomos, para sua mudança nos processos cósmicos.

Nessa área, diferentes indicações, que o pensamento teórico ainda abrange pouco, acumulam-se com rapidez. Seu significado está apenas começando a ser reconhecido. Elas nem sempre podem ser formuladas de forma clara e definida, e, em geral, não se chega a conclusões a partir delas.

No entanto, o enorme significado desses fenômenos não deve ser esquecido. Agora, esses novos fatos devem ser levados em consideração por suas consequências inusitadas. Três áreas de fenômenos já podem ser observadas: 1) a posição especial dos elementos da crosta terrestre no sistema periódico; 2) sua complexidade e 3) a irregularidade de sua difusão.

Assim, na massa da crosta terrestre, os elementos químicos que correspondem a números atômicos pares (Oddo, 1914) nitidamente predominam. Não podemos explicar esse fenômeno a partir das razões geológicas que conhecemos.

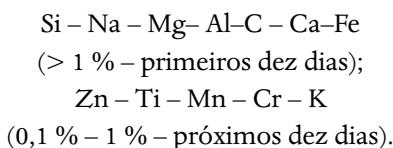
Além disso, evidenciou-se de imediato que o mesmo fenômeno se manifestava de forma ainda mais nítida para os únicos corpos cósmicos estranhos à Terra acessíveis para estudo científico direto – os meteoritos (Harkins, 1917).

Uma área de fatos diferentes talvez seja ainda mais incompreensível. Tentativas de explicá-los a partir de razões geológicas (D. Thompson, 1921) contradizem fenômenos conhecidos dessa área. Não entendemos a *invariável complexidade* dos elementos químicos terrestres nem determinadas correlações constantes entre os números de isótopos incluídos neles. Aqui o estudo dos isótopos nos elementos químicos dos meteoritos indicou uma similaridade nas fusões desses corpos, claramente diferentes em sua história e posição no cosmos.

Evidenciou-se também a impossibilidade de se explicar uma determinada composição da crosta terrestre – e do nosso planeta – a partir dos diferentes pesos atômicos dos elementos incluídos nela. Outras razões, que não geológicas, devem elucidar a diferença na composição da crosta terrestre e do núcleo terrestre; não pode ser casual a semelhança revelada entre a composição dos meteoritos e das camadas mais profundas de nosso planeta. A razão para a predominância, na crosta terrestre, de elementos relativamente leves, mas também do ferro, que é bastante pesado, deve ser buscada não em fenômenos geológicos ou geoquímicos, nem apenas na história da Terra.

Suas raízes são mais profundas – ela está relacionada com a história do cosmos e, talvez, com a estrutura dos elementos químicos.

Uma comprovação nova e inusitada dessa conclusão está sendo obtida agora pela semelhança elucidativa da composição das *partes externas* da Terra (isto é, da crosta terrestre), do Sol e das estrelas. Já em 1914, Russell apontou a semelhança da composição da crosta da Terra com a do Sol (isto é, de suas camadas externas, que estamos estudando). De forma ainda mais nítida, essas correlações aparecem em novos trabalhos sobre o espectro das estrelas. Assim, as pesquisas de C. Payne (1925) revelam a seguinte série – em ordem decrescente – da preponderância de elementos químicos:



Aqui se apresenta diante de nós uma analogia clara com a mesma ordem de sequência de elementos químicos da crosta terrestre:



Esses estudos são as primeiras conquistas em uma grande área nova de fenômenos. Sem dúvida, eles ainda requerem verificação e comprovação, mas, neste momento, não podemos fechar os olhos e não considerar que os primeiros resultados obtidos enfatizam de modo nítido a semelhança da composição das camadas externas dos corpos celestes – a Terra, o Sol, as estrelas.

As partes externas dos corpos celestes têm relação direta com o meio cósmico; elas interagem umas com as outras por meio da radiação. Talvez seja necessário buscar a explicação desse fenômeno na troca com a matéria, que, ao que tudo indica, ocorre entre esses corpos e tem lugar no espaço.

Uma imagem distinta, ao que tudo indica, são as partes mais profundas dos corpos do universo. Os meteoritos e as massas internas da Terra apresentam uma diferença nítida na composição das camadas externas que conhecemos.

§ 7. Nossa noção da composição do nosso planeta e, em particular, da composição da crosta terrestre e de sua camada externa – a biosfera – muda nitidamente. Começamos a ver nela não apenas um fenômeno planetário ou terrestre isolado, mas uma manifestação da estrutura dos átomos e de sua posição no cosmos, de suas mudanças na história cósmica.

Mesmo se não pudermos explicar esses fenômenos, encontramos um caminho, chegamos a uma área nova de fenômenos, distinta daquela com a qual tentamos há tanto tempo relacionar a química da Terra. Sabemos onde buscar soluções para a missão que está diante de nós e onde é inevitável fazer essa busca. Nossa compreensão do observado muda de forma radical.

Na membrana da superfície superior do nosso planeta, na biosfera, devemos procurar reflexões não apenas de fenômenos geológicos, isolados, casuais, mas também de manifestações da estrutura do cosmos, relacionadas à estrutura e à história dos átomos químicos.

A biosfera não pode ser entendida pelos fenômenos que ocorrem nela se essa relação com a estrutura de todo o mecanismo

cósmico, enfatizada de forma clara, for negligenciada. E podemos estabelecer essa relação em incontáveis fatos diferentes que conhecemos de sua história.

### A BIOSFERA COMO UMA REGIÃO DE TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA CÓSMICA

§ 8. Essencialmente, a biosfera pode ser vista como uma área da crosta terrestre ocupada por transformadores que convertem a radiação cósmica em energia terrestre efetiva – elétrica, química, mecânica, térmica etc.

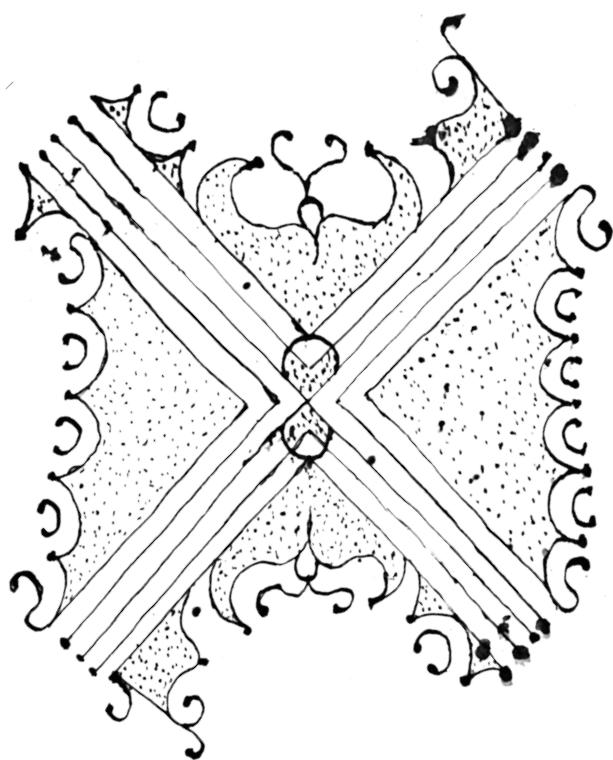
As radiações cósmicas, vindas de todos os corpos celestes, abrangem e permeiam a biosfera em sua totalidade e tudo o que nela estiver.

Captamos e reconhecemos apenas uma parte ínfima dessas radiações e, entre elas, estudamos quase exclusivamente as radiações do Sol.

Mas sabemos que ondas de outros caminhos, vindas de partes distintas do cosmos, existem e recaem na biosfera. Assim, estrelas e nebulosas enviam radiações luminosas ao nosso planeta ininterruptamente.

Tudo indica que as radiações penetrantes descobertas por V. Hess nos estratos superiores da atmosfera surgem fora dos limites do nosso Sistema Solar. Seu surgimento é buscado na Via Láctea, nas nebulosas, em estrelas do tipo da Mira Ceti. Talvez as misteriosas radiações, tão brilhantes, que penetram os estratos altos de nossa atmosfera sejam oriundas da Via Láctea (W. Nernst).

O cálculo e a compreensão dessas radiações são uma questão do futuro. Entretanto, sem dúvida, não são elas, mas os raios do Sol, que condicionam os principais traços do mecanismo da biosfera. O estudo do reflexo das radiações solares sobre os processos terrestres já é suficiente para termos uma primeira noção, precisa e profunda, *da biosfera como um mecanismo terrestre e cósmico*. O Sol reelaborou e mudou radicalmente a face da Terra, a biosfera – abrangida e atravessada. Em grande medida, a biosfera é uma



manifestação das radiações solares, ela constitui um mecanismo planetário que as transforma em novas formas diferentes de energia terrestre livre e altera radicalmente a história e o destino de nosso planeta.

Já está claro para nós, na biosfera, o enorme significado das ondas curtas ultravioleta da radiação solar, dos raios longos infravermelhos térmicos e dos intermediários de espectro de luz visível. Na estrutura da biosfera, já podemos distinguir as partes que desempenham o papel de transformadores para esses três sistemas distintos de oscilações solares.

O mecanismo de transformação da energia solar, na biosfera, em forças terrestres revela-se para nossa mente de forma lenta e difícil. Estamos acostumados a ver outros traços nos fenômenos que correspondem a ele. Esse mecanismo está escondido para nós, em uma diversidade infinita de cores, formas, movimentos da natureza – nós mesmos constituímos, com nossa vida, uma parte dele. Passaram-se séculos e milênios até que o pensamento humano pudesse reparar nos traços de um único mecanismo relacionado à imagem aparentemente caótica da natureza.

§ 9. A transformação dos três sistemas de radiação solar em energia terrestre ocorre, em parte, nos mesmos setores da biosfera, mas, em alguns pontos dela, distinguem-se áreas em que predominam claramente transformações de um único tipo. Os portadores de transformações são sempre corpos naturais e são nitidamente distintos para ondas solares ultravioleta, luminosas e térmicas.

Parte das *radiações ultravioleta* curtas é absorvida em sua totalidade, e parte é parcialmente absorvida – em grande medida, nas áreas rarefeitas superiores da camada terrestre gasosa – na estratosfera – e, talvez, na “atmosfera livre”, ainda mais alta e com maior escassez de átomos.

Essa “interrupção” ou “absorção” está relacionada à transformação da energia de ondas curtas. Nessas áreas, sob a influência de radiações ultravioleta, observam-se mudanças em campos

eletromagnéticos, a decomposição de moléculas, diferentes fenômenos de ionização, novas formações de moléculas gasosas de novos compostos químicos. A energia radiante é, em parte, transformada em várias formas de manifestações elétricas e magnéticas e, em parte – em processos químicos moleculares, atômicos, singulares de estados de matéria em forma de gases rarefeitos relacionados a ela.

Aos nossos olhos, essas áreas e esses corpos surgem na forma de auroras boreais, relâmpagos, luz zodiacal, o brilho do firmamento, que se torna visível apenas nas noites escuras, mas ainda assim constitui uma parte significativa da iluminação do céu noturno, em forma de nuvens luminosas e em outros reflexos diferentes da estratosfera, além de limites externos do planeta na imagem de nosso mundo terrestre. Esse misterioso mundo de fenômenos se expõe para nossos instrumentos em reflexos elétricos, magnéticos, radioativos, químicos, espectroscópicos, em seu movimento ininterrupto e no excesso de diversidade de pensamento.

Tais fenômenos não são consequência de mudanças do ambiente terrestre apenas devido aos raios ultravioleta do Sol. Devemos considerar aqui um processo complexo. Aqui eles “se interrompem”, isto é, transformam-se em novos fenômenos, já terrestres, em todas as formas de energia radiante do Sol além dos limites daqueles  $4 \frac{1}{2}$  de suas oitavas que recaem na biosfera (§2). Essas poderosas correntes de partículas – elétrons, que emanam do Sol de forma ininterrupta –, ou as partes materiais – poeira cósmica e corpos gasosos –, que da mesma forma ininterrupta são capturados pela gravidade terrestre e levam novas fontes de energia à Terra, dificilmente ultrapassam esses limites.

Pouco a pouco, o significado desses fenômenos na história do nosso planeta obtém reconhecimento geral. Assim, a relação deles com outra forma de transformação da energia cósmica, com a área da matéria viva, tornou-se irrefutável. Ondas luminosas curtas – de 180 a 200  $m\mu$  – destroem todos os organismos vivos; já ondas mais longas e mais curtas não os danificam. Interrompendo

ondas curtas por completo, a estratosfera protege delas os estratos inferiores da superfície da Terra – a área da vida.

É extremamente característico que a absorção principal desses raios esteja relacionada ao ozônio (tela de ozônio – § 115), cuja formação está condicionada à existência de oxigênio livre – um produto da vida.

**§ 10.** Se o significado da transformação dos raios ultravioleta está apenas começando a ser reconhecido, o papel do *calor solar*, em especial das radiações infravermelhas, foi entendido há muito tempo. Ele chama especial atenção para si no estudo da influência do Sol em processos geológicos e até geoquímicos. O papel do calor solar radiante é claro e indiscutível também para a existência da vida. E também é irrefutável a transformação da energia radiante térmica do Sol em energia mecânica, molecular (evaporação etc.), química.

Observamos manifestações dessas transformações a cada passo, e elas não demandam explicações; nós as vemos na vida dos organismos, no movimento e na ação dos ventos ou das correntes marinhas, na onda e na arrebentação do mar, na erosão de rochas, na ação de geleiras, no movimento e na formação de rios e no trabalho colossal das precipitações de neve e de chuva.

Em geral, um papel menos reconhecido das partes líquidas e gasosas da biosfera, que acumulam e distribuem calor, é sua re-elaboração pela trajetória da energia térmica radiante do Sol. A atmosfera, o oceano, os lagos e os rios, as precipitações de chuva e de neve são o aparato que produz esse trabalho. Graças a uma propriedade térmica muito particular da água, excepcional entre todos os compostos, o oceano universal pode ser relacionado ao caráter de suas moléculas e é um regulador de calor, cujo enorme papel afeta incontáveis fenômenos do tempo e do clima em cada etapa e processos de vida e meteorização relacionados a eles. Rapidamente aquecido devido à sua grande capacidade térmica, o oceano libera, devagar, o calor acumulado, graças ao caráter de sua condutividade térmica. Ele transforma o calor radiante absorvido

em energia molecular durante a evaporação, em energia química – por meio da matéria viva que o penetra, em energia mecânica – em suas correntes marinhas e sua arrebentação. A mesma força e talvez escala são atribuídas ao papel térmico de rios, precipitações, massas de ar em seus aquecimentos e resfriamentos.

§ 11. Os raios ultravioleta e infravermelho do Sol influenciam os processos químicos da biosfera apenas por uma trajetória indireta. Não são a principal fonte de energia dela. A energia química da biosfera em sua forma ativa se revela a partir da energia radiente do Sol por meio do conjunto de organismos vivos da Terra – *sua matéria viva*. Criando, por meio da fotossíntese – por um raio de sol –, um número infinito de novos compostos químicos na biosfera, muitos milhões de diferentes combinações de átomos, com uma velocidade incompreensível para a inteligência, ela a cobre, de modo ininterrupto, com uma espessura poderosa de sistemas moleculares. Esses sistemas produzem, com extrema facilidade, novos compostos, ricos em energia livre, instáveis no campo termodinâmico da biosfera, mas que se transformam constantemente em novas formas de equilíbrio estável.

Esse tipo de transformador é um mecanismo completamente particular em comparação com os corpos da Terra, pelos quais passam ondas curtas e longas de radiação solar transformadas em novas formas de energia. Explicamos a transformação dos raios ultravioleta por meio de sua interferência na matéria, em suas trajetórias independentes obtidas por sistemas atômicos; as próprias transformações de radiação térmica estão relacionadas a estruturas moleculares criadas além de sua influência imediata. Mas a fotossíntese, como é observada na biosfera, está conectada a mecanismos especiais extremamente complexos, *criados por eles mesmos* desde que haja uma manifestação e uma transformação simultâneas no ambiente circundante da radiação ultravioleta e infravermelha do Sol.

Os mecanismos de transformação de energia criados por essa trajetória – os organismos vivos – representam um tipo de for-

mação completamente particular, nitidamente diferente de todos os sistemas atômicos, iônicos ou moleculares que constroem a matéria da crosta terrestre fora da biosfera e parte da substância da biosfera.

Os organismos vivos são compostos de estruturas do mesmo tipo, aliás, mais complexas, assim como aquelas que formam a matéria inerte. Entretanto, de acordo com as mudanças que produzem nos processos químicos da biosfera, eles não podem ser considerados simples conjuntos dessas estruturas. Seu caráter energético, como manifestado em sua reprodução, não é comparável, do ponto de vista geoquímico, com estruturas inertes que constroem tanto a matéria inerte como a viva.

Não conhecemos o mecanismo de ação química da matéria viva. Entretanto, ao que tudo indica, começa a se tornar evidente que, do ponto de vista dos fenômenos energéticos da matéria viva, a fotossíntese ocorre não apenas em um ambiente químico particular, mas também em um campo termodinâmico particular, diferente do campo termodinâmico da biosfera. Depois da morte do organismo, quando recaem no campo termodinâmico da biosfera, os compostos estáveis do campo termodinâmico da matéria viva tornam-se instáveis na biosfera e uma fonte de energia livre<sup>1</sup>.

#### A GENERALIZAÇÃO EMPÍRICA E A HIPÓTESE

**§ 12.** Aparentemente, essa compreensão dos fenômenos energéticos da vida, como verificada nos processos geoquímicos, expressa de forma correta os fatos observados. Mas não podemos confirmar isso, uma vez que aqui encontramos uma condição singular de nossos conhecimentos na área das ciências biológicas em comparação com as ciências da matéria inerte.

Já vimos que, também nestas últimas, era necessário deixar de lado nossas noções sobre a biosfera e a composição da crosta terrestre, que, no decorrer de muitas gerações pareciam corretas, bem como rejeitar as explicações durante muito tempo dominantes sobre um caráter puramente geológico (§ 6). Aquilo que pa-

recia lógica e cientificamente inevitável era, no fim das contas, uma ilusão, e o fenômeno se apresenta para nós de formas tão diferentes que ninguém poderia imaginar.

A situação na área do estudo da vida é ainda mais complexa, já que dificilmente existe uma área das ciências naturais que, em suas compreensões mais fundamentais, seria tão permeada por construções filosóficas e religiosas, em sua gênese alheias à ciência. Em nossas noções sobre o organismo vivo, a cada passo são extremamente importantes as buscas e conquistas filosóficas e religiosas. Durante séculos, todos os julgamentos, mesmo os naturalistas exatos, foram sobrepostos nessa área por extensões do cosmos, muitas vezes, em sua essência, alheias à ciência, mas não menos preciosas e profundas para a consciência humana. E levaram a uma enorme dificuldade de manter, nessa área de fenômenos, a mesma concepção científica para seu estudo.

§ 13. Os reflexos de tais ideias filosóficas e religiosas, e não uma conclusão a partir de fatos científicos, são noções dominantes sobre a vida: vitalistas e mecanicistas.

Ambos exercem uma influência inibidora no estudo dos fenômenos da vida e emaranham as generalizações empíricas.

As vitalistas introduzem nos fenômenos da vida explicações que se situam fora desse mundo de modelos e suas formas, com as quais representamos o cosmos em generalizações científicas. Devido ao caráter dessas noções, elas estão em áreas científicas desprovidas de significado criativo e são infrutíferas. As noções de caráter mecanicista, que veem nos organismos vivos um jogo de forças físico-químicas, não são menos prejudiciais. Elas limitam a área da busca científica e predeterminam seu resultado de modo precipitado; introduzem a conjectura na área científica, turvam a compreensão científica. É claro que, se a conjectura tivesse êxito, a elaboração científica logo atenuaria toda a irregularidade. Mas ela revelou sua relação, de forma muito estreita, com construções filosóficas abstratas, alheias à realidade estudada de modo científico, levando a noções extremamente simplistas sobre a vida, e

destruindo o reconhecimento da complexidade dos fenômenos. Até o momento – durante séculos – essa conjectura não moveu nem um passo para a compreensão da vida.

Portanto, cada vez mais predominante na busca científica a aspiração de deixar de lado os dois tipos de explicações da vida, de se aproximar do estudo de seus fenômenos puramente empíricos, e de se considerar a impossibilidade de lhe dar uma “explicação”, ou seja, lhe dar um lugar no nosso cosmos abstrato, construído cientificamente a partir de modelos, é uma hipótese.

Agora é possível se aproximar dos fenômenos da vida com alguma garantia de êxito apenas de forma empírica, sem considerar as hipóteses. Somente essa concepção abrirá novos traços que ampliarão a área das forças físico-químicas que até o momento conhecemos cientificamente ou introduzirão na ciência um novo princípio ou axioma, uma nova compreensão não demonstrável e não inteiramente deduzível a partir de axiomas e princípios conhecidos, ao lado dos quais constroem nosso mundo científico de matéria e energia. Assim, será possível, quando hipóteses forem propostas, relacionar esses fenômenos às nossas construções do cosmos, assim como a descoberta dos fenômenos de radioatividade relacionou o mundo dos átomos a ela.

§ 14. O organismo vivo da biosfera deve agora ser estudado de forma empírica, como um corpo particular, integral, não reduzível aos sistemas físico-químicos conhecidos. Se em algum momento esse organismo poderá ser inteiramente reduzido a eles, a ciência não pode decidir agora. Sem dúvida, parece possível. Mas, em nosso estudo empírico dos fenômenos da natureza, não podemos nos esquecer também de outra possibilidade, o fato de que esse tema, em si, que foi levantado por muitos na ciência, pode se tornar tão ilusória quanto a questão da quadratura do círculo. Na área da biologia, diversas vezes enfocamos dúvidas análogas.

Ainda mais do que na biologia, é necessário se apoiar em uma base empírica – fora das noções mecanicistas e vitalistas – nas ciências geológicas.

Em uma delas, na geoquímica, é preciso confrontar os fenômenos da vida constantemente. Aqui, os organismos, na forma de seus conjuntos – as matérias vivas –, são um dos principais fatores ativos.

A matéria viva confere à biosfera um aspecto completamente extraordinário e, até agora, para nós, único no universo. Para além de nosso anseio, não podemos deixar de distinguir nela dois tipos de matérias – *inertes e vivas*, que influenciam umas às outras, mas estão separadas por um abismo intransponível em alguns traços fundamentais de sua história geológica. Nunca houve dúvida sobre o pertencimento desses dois tipos diferentes de matéria da biosfera a diferentes categorias não unidas de fenômenos.

Sua diferença fundamental, seja ela sobre o que for, não é apenas um fato empírico, mas uma das mais importantes generalizações empíricas das ciências naturais<sup>2</sup>.

O significado dessa generalização e, em geral, o significado das generalizações empíricas na ciência com frequência são perdidos de vista e, sob influência da rotina e de construções filosóficas, as generalizações empíricas se equiparam a hipóteses científicas.

Ao lidar com os fenômenos da vida, é especialmente necessário evitar esse hábito nocivo, já enraizado.

**§ 15.** Existem enormes diferenças entre generalizações empíricas e hipóteses científicas, e a precisão de suas conclusões está longe de ser a mesma.

Nos dois casos – tanto nas generalizações empíricas quanto nas hipóteses – utilizamos a dedução para chegar a conclusões relevantes, que são verificadas pela trajetória do estudo dos fenômenos reais. Em uma ciência de caráter histórico, como é a geologia, essa verificação é realizada por meio da observação científica.

Mas a diferença consiste no fato de que a generalização empírica se apoia em fatos, coletados por meio do caminho indutivo, *sem sair de seus limites e sem se preocupar com a concordância ou discordância da conclusão obtida com outras noções existentes sobre a natureza*. Em relação a isso, a generalização empírica não difere

do fato determinado cientificamente: a coincidência deles com nossas noções científicas sobre a natureza não nos interessa, sua contradição em relação a eles constitui uma *descoberta científica*.

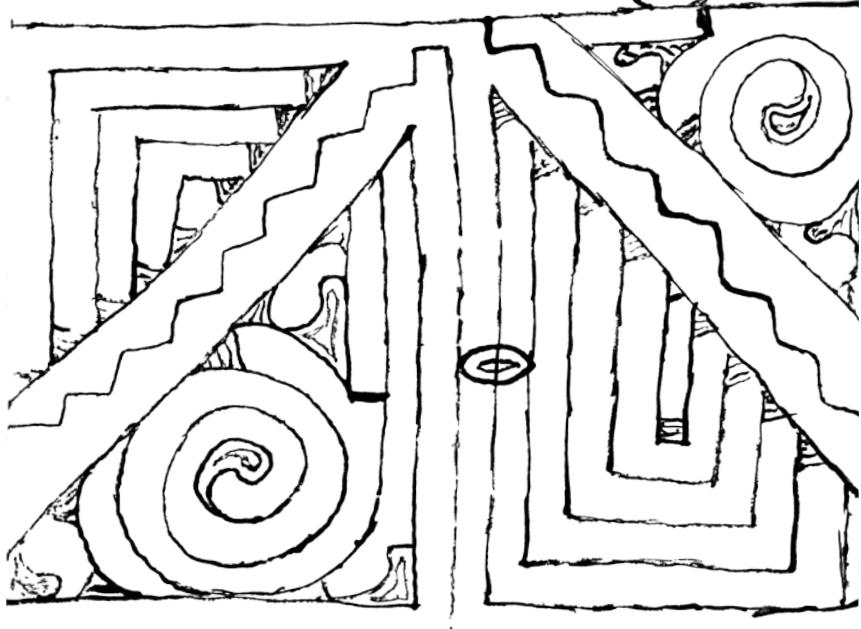
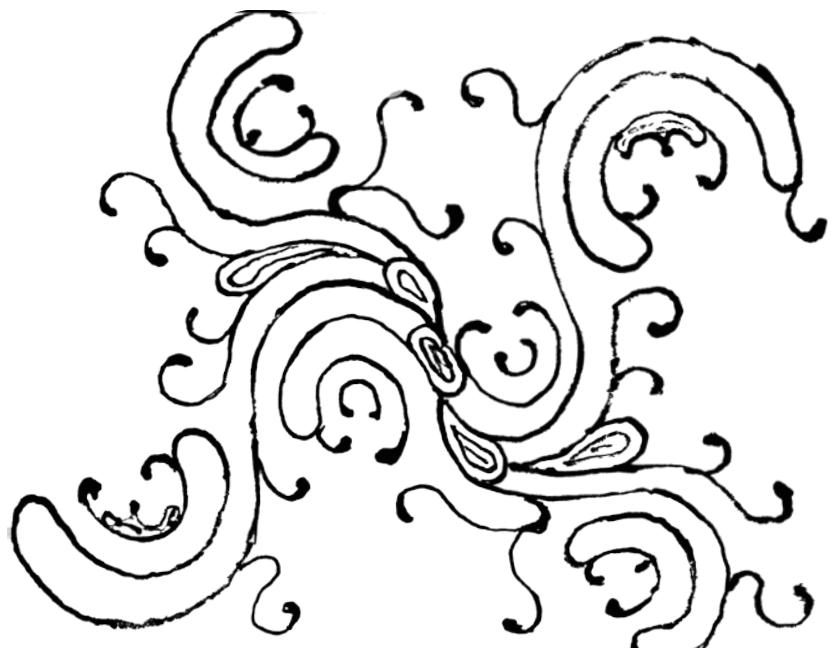
Na generalização empírica, embora determinados sinais do fenômeno sejam apresentados em primeiro lugar, em geral, a influência também afeta todos os outros sinais levados em consideração quando se estabelece um fato científico – e todo o fenômeno, por inteiro.

Uma generalização empírica pode existir por muito tempo, sem ceder a nenhuma explicação hipotética, pode ser incompreensível e, ainda assim, exercer uma enorme influência benéfica na compreensão dos fenômenos naturais.

Mas então costuma chegar o momento em que, de repente, ela começa a ganhar uma luz nova, torna-se área de criação de hipóteses, começa a mudar nossos esquemas do universo e mudar a si mesma. Assim, com muita frequência, ocorria de não termos, na generalização empírica, o que pensávamos ou, na realidade, de termos muito mais do que pensávamos.

Uma das maiores generalizações empíricas pode servir de exemplo típico dessa história – o sistema periódico de elementos químicos de D. I. Mendeleev, que, após a descoberta de D. Moseley, feita em 1915, tornou-se um amplo campo para hipóteses científicas.

**§ 16.** Uma hipótese ou construção teórica é elaborada de forma completamente diferente. Na hipótese, um ou vários sinais importantes do fenômeno são levados em consideração e, com base apenas neles, a noção sobre o fenômeno é elaborada, sem que se considerem os outros lados. Uma hipótese científica sempre vai além dos limites dos fatos que serviram de base para sua construção e, portanto – para a necessária solidez –, é imprescindível que ela esteja relacionada, o máximo possível, a todas as construções teóricas dominantes sobre a natureza, e não as contradizer.



§ 17. Uma vez que é deduzida precisamente de fatos, a generalização empírica não requer verificação. Assim, uma vez que deriva precisamente de fatos, a generalização empírica não requer verificação.

Elá pode existir e ser colocada na base do trabalho científico, mesmo que seja incompreensível e contradiga as teorias e noções dominantes.

Coloco na base da exposição abaixo apenas as generalizações empíricas baseadas no conjunto de fatos conhecidos, e não em hipóteses e teorias. As colocações são as seguintes:

1) Durante todos os períodos geológicos, não houve e continua não havendo quaisquer sinais de abiogênese (isto é, a criação espontânea de um organismo vivo a partir de matéria morta, inerte).

2) Durante todo o tempo geológico, nunca foram observadas eras geológicas azoicas (isto é, desprovidas de vida).

3) Desse ponto, conclui-se que, em primeiro lugar, a matéria viva atual está geneticamente relacionada à matéria viva de todas as eras geológicas passadas e que, em segundo lugar, durante todo esse tempo, as condições do ambiente terrestre permitiram sua existência, isto é, eram semelhantes às atuais, ininterruptamente.

4) Durante todo esse tempo geológico, não houve nenhuma mudança nítida em qualquer direção na influência química da matéria viva no ambiente que a rodeia; o tempo todo, os mesmos processos de meteorização ocorreram na superfície terrestre, isto é, em geral, observou-se a mesma composição química média da matéria viva e da crosta terrestre, que também agora observamos.

5) Da imutabilidade dos processos de meteorização deriva também a imutabilidade da quantidade de átomos capturados pela vida, isto é, não houve grandes mudanças na quantidade de matéria viva<sup>3</sup>.

6) Sejam quais forem os fenômenos da vida, a energia despendida pelos organismos é, em sua maior parte, ou talvez mesmo por inteiro, a radiação do Sol. Por meio dos organismos, ela regula as manifestações químicas da crosta terrestre.

**§ 18** Da aceitação dessas generalizações empíricas na base de nossos julgamentos surge, inevitavelmente, a colocação de que diversos problemas levantados na ciência, em especial em suas elaborações filosóficas, desaparecem do círculo do nosso escrutínio, já que não derivam de generalizações empíricas e não podem ser construídos sem suposições hipotéticas. Assim, devem continuar sem consideração questões sobre a origem da vida na Terra, se é que tiveram início, todas as noções cosmogônicas sobre a condição da Terra no passado, sem vida, sobre a existência de abiogênese em hipotéticos períodos cósmicos da história terrestre.

Essas questões – a origem da vida, a abiogênese, a existência de períodos sem vida na história da crosta terrestre – estão relacionadas às construções científico-filosóficas dominantes de forma tão estreita e tão profundamente permeadas de hipóteses cosmogônicas que, para muitos, parecem logicamente inevitáveis.

Entretanto, o estudo da história da ciência mostra que essas questões entraram na ciência de fora, originaram-se fora dela – na busca religiosa ou filosófica da humanidade. E é evidente que isso pode ser determinado quando são comparadas à área empírica que constrói a ciência de fatos científicos precisamente determinados.

Sabemos bem que fatos precisamente determinados não mudarão nem um pouco, mesmo que todos esses problemas recebam uma solução negativa, isto é, se admitirmos que a vida sempre existiu e não teve uma origem, que o vivo – um organismo vivo – nunca e em lugar algum se originou da matéria inerte e que, na história da Terra, em geral não houve eras geológicas desprovistas de vida.

É preciso somente construir novas hipóteses, em vez das cosmogônicas dominantes, empregar outra elaboração matemática ou científica, diferente da que está em curso, para algumas das construções filosóficas ou religiosas que foram deixadas de lado pelo pensamento científico, como também foi feito para outras criações filosóficas e religiosas na produção das atuais cosmogônias científicas.

## A MATÉRIA VIVA NA BIOSFERA

§ 19. A biosfera é a única área da crosta terrestre ocupada por vida. Somente nela, no fino estrato externo de nosso planeta, está concentrada a vida; ali se encontram todos os organismos, sempre separados da matéria inerte que os rodeia por uma borda nítida e intransponível. Um organismo vivo nunca tem origem nela. Quando vive, morre e se deteriora, ele dá seus átomos à biosfera e os retira dela, ininterruptamente, mas a matéria viva abarcada pela vida sempre tem sua origem no que é vivo.

A vida captura uma parte significativa dos átomos que compõem a matéria da superfície terrestre. Sob sua influência, esses átomos se encontram em movimento ininterrupto e intenso. Milhões de conexões diferentes são criadas o tempo todo. E esse processo dura dezenas de milhões de anos, sem interrupção, desde as eras arqueozoicas mais antigas até o nosso tempo, permanecendo invariável nas características fundamentais.

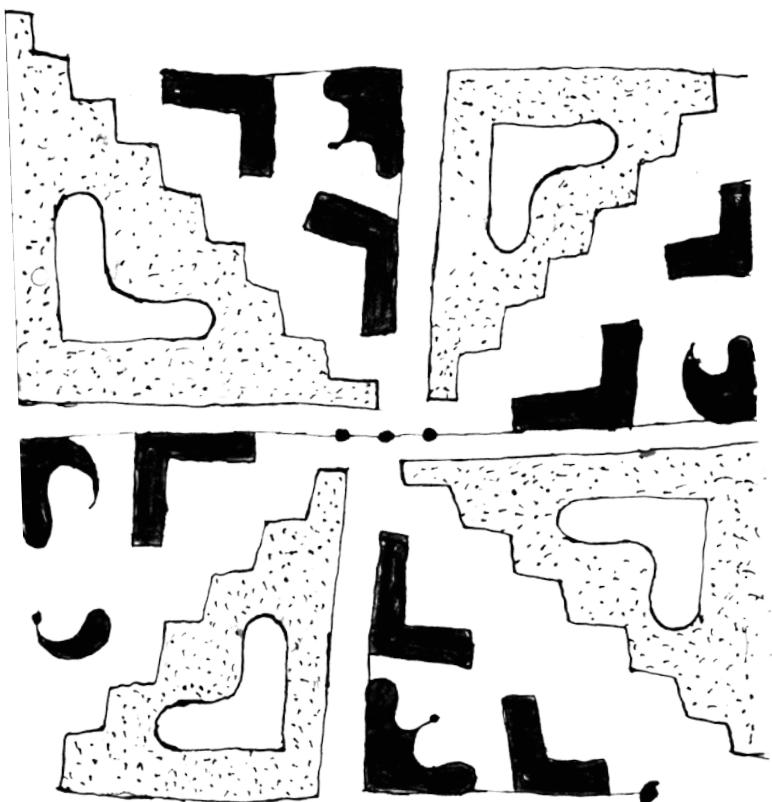
Na superfície terrestre não há força química que atue de forma mais permanente e, portanto, mais poderosa em seus efeitos finais do que os organismos vivos como um todo. E quanto mais estudamos os fenômenos químicos da biosfera, mais nos convençemos de que nela não há casos em que eles sejam independentes da vida. Isso durou toda a história geológica. Os estratos arqueanos mais antigos dão sinais indiretos da existência da vida; as antigas rochas algonquinas, talvez também as arqueozoicas (J. Pompeckj, 1927), conservavam traços diretos e sinais evidentes de organismos. Cientistas (como Schuchert, 1924) têm razão quando distinguem, ao lado do Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico, ricos em vida, também o Arqueano. A ele pertencem as partes da crosta terrestre mais antigas, que melhor conhecemos e que são mais acessíveis para nós. Esses estratos são testemunhas da vida mais antiga, que, sem dúvida, dura pelo menos de 2 a  $10^9$  anos. Durante esse tempo, a energia do Sol não podia mudar de forma perceptível, e isso coincide totalmente com as possibilidades astronômicas (Shapley, 1925).

**§ 20.** E mais – torna-se claro que a interrupção da vida estaria inevitavelmente relacionada à interrupção de mudanças químicas, se não da crosta terrestre inteira, pelo menos, de sua superfície – a face da Terra, a biosfera. Todos os minerais das partes superiores da crosta terrestre – ácidos alumínico silícicos (argilas) livres, carbonatos (calcários e dolomitas), hidratos de óxido de ferro e alumínio (minérios de ferro e bauxitas) e muitas centenas de outros – são criados nela de forma ininterrupta e somente sob a influência da vida. Se a vida tivesse sido interrompida, seus elementos logo receberiam novos agrupamentos químicos que satisfariam as novas condições, enquanto os antigos corpos conhecidos por nós desapareceriam de modo irrevogável. Com o desaparecimento da vida, não haveria, na superfície da Terra, uma força que pudesse dar origem a novos compostos químicos de maneira ininterrupta.

Nela se estabeleceria, inevitavelmente, um equilíbrio químico, uma serenidade química, que de tempos em tempos e em alguns lugares seria perturbada pela introdução de substâncias das profundezas da Terra: jatos de gás, termas ou erupções vulcânicas. Mas as substâncias recém-inseridas por esse caminho assumiriam mais ou menos rápido as formas estáveis dos sistemas moleculares inerentes às condições da crosta terrestre sem vida e não mudariam mais.

Embora o número de pontos a partir dos quais a substância das partes profundas da crosta terrestre emerge seja estimado em milhares, espalhados por toda a superfície do planeta, eles se perdem na vastidão da crosta; repetindo-se de tempos em tempos, como, por exemplo, as erupções vulcânicas, que se mantêm invisíveis na imensidão do tempo terrestre.

Com o desaparecimento da vida na superfície terrestre, ocorreriam apenas mudanças lentas, ocultas para nós, relacionadas à tectônica terrestre. Elas se manifestariam não em nossos anos e séculos, mas nos anos e séculos do tempo geológico. Só então, no ciclo cósmico, tornar-se-iam perceptíveis, assim que surgissem mudanças radioativas nos sistemas atômicos.



As forças constantes e efetivas da biosfera – o aquecimento do Sol e a atividade química da água – mudariam um pouco o quadro de fenômenos, já que, com a interrupção da vida, logo o oxigênio livre desapareceria, a quantidade de dióxido de carbono diminuiria a níveis extremos, e desapareceriam os principais elementos dos processos de meteorização, constantemente capturados pela matéria inerte e constantemente restaurados na mesma quantidade inalterada de processos da vida. Nas condições termodinâmicas da biosfera, a água é um poderoso agente químico, mas essa é a água “natural”, a chamada *zona vadosa* (§ 89), rica em centros de vida quimicamente ativos – organismos, em especial invisíveis ao olho, modificados pelo oxigênio e dióxido de carbono dissolvidos nela. A água privada de vida, oxigênio, dióxido de carbono, na temperatura e sob a pressão da superfície terrestre em meio gasoso inerte, será um corpo quimicamente pouco ativo, indiferente.

A face da Terra também se tornaria tão inalterada e quimicamente inerte quanto a face da Lua, fragmentos de corpos celestes inertes, capturados pela atração da Terra, meteoritos ricos em metais e a poeira cósmica que penetra em espaços celestes.

**§ 21.** Assim, a vida é uma grande transgressora, constante e ininterrupta, da imobilidade química da superfície do nosso planeta. Ele determina, na realidade, não apenas a imagem da natureza ao nosso redor, criada por cores, formas, comunidades de organismos vegetais e animais, o trabalho e a criação da humanidade cultivada, mas também tem uma influência mais profunda, penetrando processos químicos mais grandiosos da crosta terrestre.

Não há um único grande equilíbrio químico na crosta terrestre em que não se manifeste, de modo fundamental, a influência da vida, que impõe um selo indelével a toda a sua química. *A vida não é, portanto, um fenômeno casual, externo, na superfície terrestre.* Ela está estreitamente relacionada à estrutura da crosta terrestre, entra em seu mecanismo e, nesse mecanismo, desempenha funções de extrema importância, sem as quais ele não poderia existir.

**§22.** É possível falar sobre toda a vida, sobre a toda matéria viva como todo um conjunto no mecanismo da biosfera, embora apenas parte dele – verde, com vegetação de clorofila – utilize diretamente o raio solar luminoso e crie, por meio dele, compostos químicos de fotossíntese, instáveis no campo termodinâmico da biosfera quando o organismo morre ou quando sai dele.

O restante do mundo vivo está direta e inextricavelmente relacionado a essa parte verde. A transformação adicional dos compostos químicos criados por ela parece toda a substância de animais e de plantas livres de clorofila. Talvez apenas as bactérias autotróficas não sejam um apêndice da vegetação verde, mas, também estas, de uma forma ou de outra, estão geneticamente relacionadas a ela em seu passado (§ 100).

É possível considerar toda essa parte da natureza viva um desenvolvimento adicional do mesmo processo de transformação da energia luminosa solar em energia efetiva da Terra. Animais e fungos reúnem as formas de corpos ricos em nitrogênio, que são agentes de mudança ainda mais poderosos, centros de energia química livre, quando – na morte e na destruição de organismos ou quando saem deles – deixam o campo termodinâmico, em que estão estáveis, e recaem na biosfera, em um campo termodinâmico diferente, em que, com a eliminação de energia, se decompõem.

Como consequência, é possível tomar a *matéria viva* como um todo, isto é, o conjunto de todos os organismos vivos, sem exceção (§ 160), como uma área particular, única, de acumulação de energia química livre na biosfera, e de transformação da radiação luminosa do Sol nela.

**§ 23.** O estudo da morfologia e ecologia de organismos verdes mostrou há muito tempo que todo o organismo verde, tanto em suas comunidades quanto em seu movimento, é primeiramente adaptado para o cumprimento de sua função cósmica – a captura e a transformação do raio de sol. Como um dos principais naturalistas, o botânico austríaco J. Wiesner, que se debruçou intensamente sobre a questão, notou há muito tempo, a luz afeta

muito mais a forma das plantas verdes do que o calor: “parece esculpir suas formas como material plástico”.

Uma generalização empírica que tem importância de igual grandeza é apresentada aqui de pontos de vista diversos e opositos, entre os quais não é possível escolher agora. De um lado, esses pontos de vista buscam a causa do fenômeno no interior, dentro de um organismo vivo autônomo, que se adapta para captar toda a energia luminosa de um raio solar; de outro, buscam a causa fora do organismo, em um raio solar, que trata como massa inerte o organismo verde que ele ilumina.

É muito possível que seja mais correto procurar a causa do fenômeno em ambos os objetos, mas isso é uma questão para o futuro. Agora precisamos contar com a própria observação empírica, que me parece oferecer muito mais do que aquela expressa nas representações citadas.

A observação empírica nos diz que um *elo indissolúvel* é visível na biosfera, entre a radiação luminosa solar que a ilumina e o mundo verde e vivo dos seres organizados que se encontra nela.

Na biosfera sempre há condições para que um feixe de luz em seu caminho encontre uma planta verde – um transformador da energia que ele carrega.

Pode-se argumentar que essa conversão de energia ocorrerá *normalmente* com cada raio solar, e que ela pode ser vista como uma *propriedade* da matéria viva, como sua *função* na biosfera.

Nos casos em que essa transformação não ocorre, e a planta verde não pode realizar sua função inerente no mecanismo da crosta terrestre, é preciso buscar uma explicação para a anormalidade do fenômeno.

A principal conclusão da observação é o automatismo extremo do processo: sua perturbação é restaurada sem qualquer participação de outros objetos, exceto por um raio solar luminoso e uma planta verde formada de uma determinada maneira e que vive de uma determinada maneira. Esse reequilíbrio não acontecerá apenas se as forças que o impedem forem suficientemente grandes. O reequilíbrio está relacionado ao tempo.

**§ 24.** A cada passo, a observação do meio natural nos dá indícios da existência desse mecanismo na biosfera. A reflexão leva facilmente à consciência de sua grandeza e seu significado.

Em geral, toda a terra firme é coberta de vegetação verde. Lugares despidos de vida verde são exceções e se perdem no quadro geral. Na face da Terra, quando vista do espaço cósmico, a terra firme deveria parecer verde.

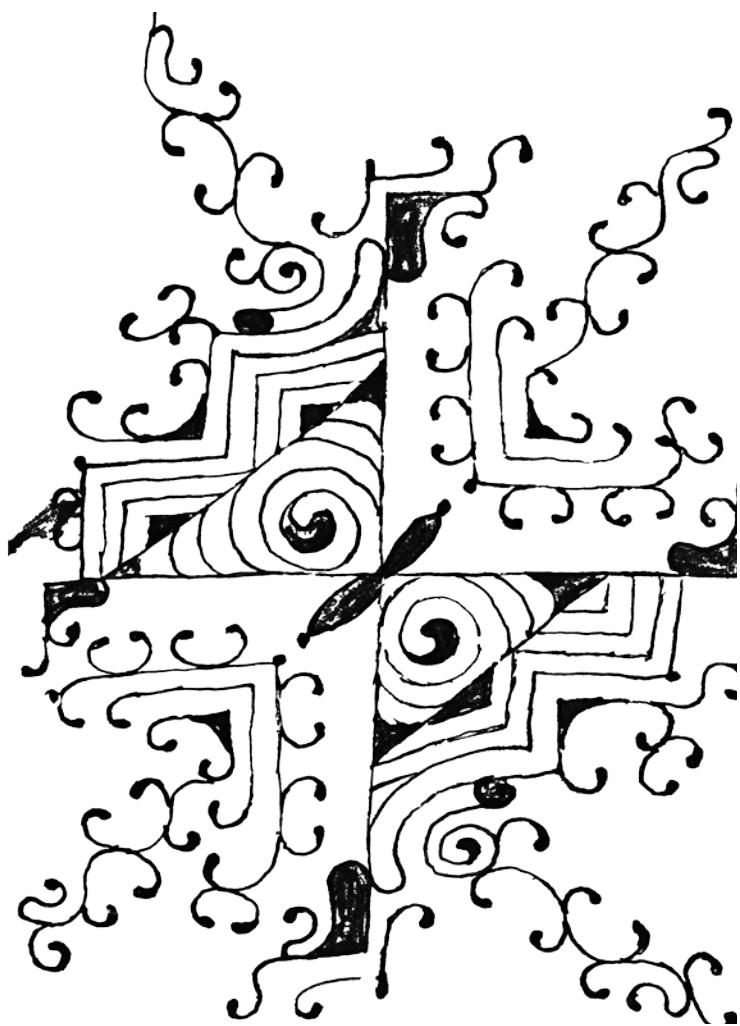
Assim como a corrente da luz solar recai continuamente sobre a face da Terra, ela também se espalha continuamente sobre toda a superfície da Terra – terra firme e mar – o aparato verde para sua captura e transformação.

A matéria viva – um conjunto de organismos – espalha-se pela superfície da Terra como uma massa de gás, exerce uma certa pressão sobre o meio, contorna os obstáculos que impedem seu movimento, ou os domina, recobrindo-os.

Com o tempo, ela inevitavelmente cobre todo o globo terrestre com seu manto e só pode estar ausente de forma temporária, quando seu movimento, seu alcance, é destruído e contido por uma força externa. Essa inevitabilidade de sua ubiquidade está relacionada à iluminação contínua da face da Terra pela radiação solar, cuja criação é o mundo vivo verde que nos rodeia.

Esse movimento é obtido pela *reprodução de organismos*, ou seja, um aumento automático no número de seus organismos indivisíveis. Ela, em geral, nunca é interrompida e ocorre com um determinado ritmo no tempo, análogo a quando o raio de sol recai sobre a face da Terra.

Apesar da extrema variabilidade da vida, não há dúvida de que nos complexos dos organismos – na matéria viva e nos organismos individuais – a reprodução, o crescimento, ou seja, o trabalho de transformar a energia solar em energia química terrestre – tudo está sujeito às mesmas leis matemáticas. Tudo é levado em conta, e tudo é adaptado com a mesma precisão, com a mesma mecanicidade e com a mesma submissão à medida e harmonia que vemos nos movimentos equilibrados dos corpos celestes



e começamos a ver nos sistemas de átomos de matéria e átomos de energia.

#### A REPRODUÇÃO DE ORGANISMOS E A ENERGIA GEOQUÍMICA DA MATÉRIA VIVA

§ 25. A disseminação da matéria viva verde na biosfera por reprodução é uma das manifestações mais características e importantes do mecanismo da crosta terrestre. Ela é comum a todas as matérias vivas desprovidas ou não de clorofila, e é a manifestação mais característica e mais importante de toda a vida na biosfera, a diferença fundamental entre os vivos e os mortos, uma forma de cobertura de energia da vida de todo o espaço da biosfera. Ela nos é expressa na natureza circundante pela ubiquidade da vida, e por apreender, se não for impedida por obstáculos intransponíveis, qualquer espaço livre da biosfera. A área da vida é toda a superfície do planeta. Se alguma parte dela estiver sem vida, será inevitavelmente capturada pelos organismos vivos, em um prazo maior ou menor. A medida do tempo geológico na história do planeta é um pequeno intervalo, e vemos como, nesse tempo, são produzidos organismos adaptados à vida em condições que anteriormente faziam com que ela fosse impossível. A área da vida parece estar se expandindo no tempo geológico (§ 119 e § 122), e, em todo caso, não restam dúvidas de que ela sempre cobre ou busca cobrir até o fim todo o espaço disponível provavelmente ao longo de toda a história geológica. É claro que essa busca é uma característica distintiva da matéria viva, e não uma manifestação de uma força estranha, como se vê, por exemplo, em uma pilha de areia ou uma geleira que se dissemina sob a influência da força da gravidade.

A disseminação da vida – um movimento que se expressa ao longo da existência – é uma manifestação de sua *energia interna*, do trabalho químico que ela produz. É semelhante à disseminação do gás, que não é uma consequência da gravidade, mas uma manifestação de movimentos individuais de partículas, cuja to-

talidade é um gás. Da mesma forma, a disseminação de matéria viva na superfície do planeta é uma manifestação de sua energia, de seu movimento inevitável, da ocupação de um novo lugar na biosfera por novos organismos criados pela reprodução. É, principalmente, uma manifestação da energia autônoma da vida na biosfera. Essa energia se manifesta no trabalho produzido pela vida, na transferência de elementos químicos e na criação de novos corpos a partir deles. Eu a chamarei de energia geoquímica da vida na biosfera.

§ 26. Esse movimento de organismos vivos por meio da reprodução, que ocorre com uma exatidão matemática surpreendente e imutável, é contínuo na biosfera, e é o traço mais característico e mais importante de seu mecanismo devido a seus efeitos. Ele percorre a superfície da Terra – a terra firme – penetra todos os depósitos de água, incluindo a hidrosfera, pode ser visto a cada passo da troposfera; na forma de parasitas, abrange todos os outros seres vivos, e tem lugar no interior das próprias matérias vivas.

Ele dura uma miríade de anos, firme e invariável, sem interrupção e sem desacelerar, o tempo todo realizando um trabalho geoquímico colossal, como uma forma de penetração da energia do raio solar em nosso planeta e sua distribuição sobre a superfície terrestre.

Precisamos ver nele não apenas a transferência de corpos materiais, mas também a transferência de energia. A esse respeito, a transferência de corpos materiais por reprodução é um processo especial.

Não se trata de um movimento mecânico simples de corpos na superfície terrestre, independente, não relacionado ao ambiente em que eles se movimentam. O ambiente em que eles se movimentam não causa apenas sua resistência ao atrito, como é o caso do movimento de corpos sob a influência da gravidade. Nele, a relação com o ambiente é mais profunda – só pode acontecer sob a influência da troca gasosa de corpos em movimento e do ambiente em que o movimento ocorre. Quanto mais rápido,

mais forte é a troca de gases, e ele cessa quando a troca de gás não pode ocorrer. A troca de gás é a respiração dos organismos; como veremos, ela muda profundamente, dirigindo a reprodução. No movimento de reprodução, vemos uma manifestação de seu significado geoquímico, sua expressão como parte do mecanismo da biosfera, assim como esse próprio movimento é um reflexo do raio solar. A manifestação da energia do mesmo raio é a própria respiração – a troca gasosa da vida com o ambiente.

§ 27. Embora esse movimento nos rodeie o tempo todo, não o percebemos, porque com os nossos olhos cobrimos apenas o resultado geral – a beleza, a variedade de formas e cores, os movimentos e as proporções que a natureza viva selvagem nos proporciona. Vemos apenas campos e florestas com suas plantas e vida animal, lagos cheios de vida e o mar, permeado apenas por um solo aparentemente morto. Vemos um resultado estático, um equilíbrio dinâmico desses movimentos; raramente conseguimos enxergá-los como eles são de fato.

Vamos nos debruçar sobre alguns exemplos em que essa natureza viva e criativa se revela, um movimento singular, fundamental, que não é visível para nós, mas sim para a natureza viva.

De tempos em tempos, em espaços relativamente pequenos, vemos a interrupção da vida da vegetação superior. Incêndios florestais, estepes queimadas, campos arados e negligenciados, ilhas recém-formadas, fluxos de lava congelados, terrenos cobertos de cinzas vulcânicas ou criados por geleiras ou bacias hidrográficas, novos solos formados em rochas sem vida por líquens e musgos, bem como outras formas de infinitas manifestações da vida em nosso planeta, há algum tempo, formam manchas desprovidas de grama e árvores na superfície verde da Terra. Elas as formam por um curto período de tempo. A vida rapidamente se revela. E as ervas verdes e a vegetação lenhosa ocupam lugares perdidos ou novos. Em parte, são ocupados pela penetração externa, a entrega de sementes por organismos em movimento ou pelo vento e, em parte, surgem de todos os lugares no solo de suas reservas,

encontrando-se em estado latente e permanecendo dessa forma no mínimo por séculos.

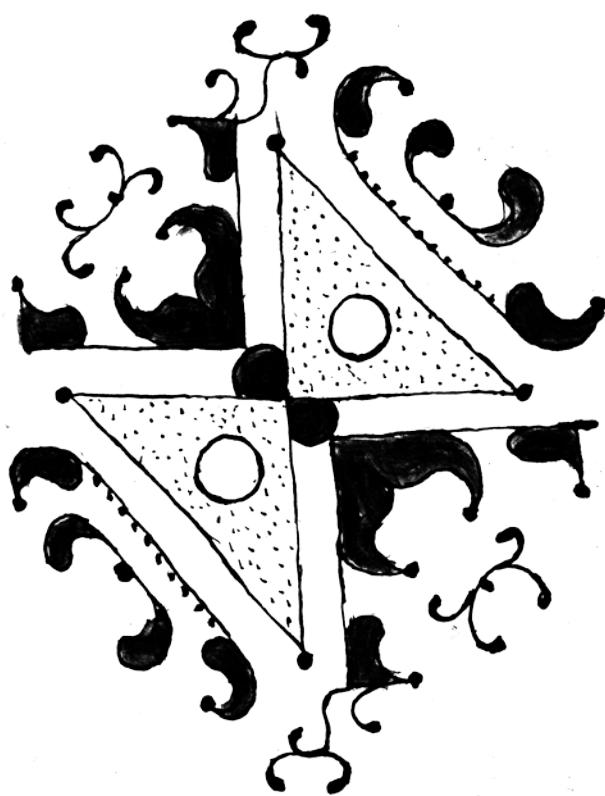
Entretanto, essa penetração de sementes do exterior é uma condição necessária para essa ocupação, mas não a produz. A ocupação se realiza devido à reprodução de organismos e depende de energia geoquímica específica para sua reprodução; ela continua por anos, até que o equilíbrio que fora perturbado seja restaurado. Como veremos, isso está em plena conformidade com a velocidade de transmissão da vida na biosfera, a transferência da energia geoquímica dessas matérias vivas – as plantas verdes superiores. Nesse caso, observando atentamente a ocupação de espaços vazios, uma pessoa pode ver o movimento de ocupação da vida sobre o qual estou falando, sentir sua pressão; quando se debruça sobre ele, pode contemplar o movimento da energia solar em nosso planeta, transformada em terrestre – em química.

A pessoa percebe isso também nos casos em que precisa proteger da ocupação alheia os campos ou espaços vazios que serão utilizados, gastando energia para superar a pressão da vida.

E também vê isso quando observa a natureza que a rodeia, na luta monótona, silenciosa e impiedosa pela existência que as plantas verdes conduzem ao redor dela. E, de fato, realmente vê e sente que uma floresta está se aproximando da estepe ou como uma tundra de líquen a suprime em seu movimento.

**§ 28.** Insetos artrópodes, ácaros, aranhas compõem a principal massa de matéria de animais vivos da terra firme. Nos países tropicais e subtropicais, o papel dominante é desempenhado pelos *Orthopera*, pelas formigas e pelos cupins. Sua reprodução ocorre de maneira singular. Embora a energia geoquímica que lhes corresponde (§37) seja da mesma ordem das plantas verdes superiores, ainda é um pouco menor.

No reino de cupins, de dezenas de milhares, às vezes centenas de milhares de seres assexuados indivisíveis, apenas um organismo reproduz-se diretamente. Trata-se da rainha-mãe. Ela coloca seus ovos sem parar, a vida toda – às vezes durante dez anos ou



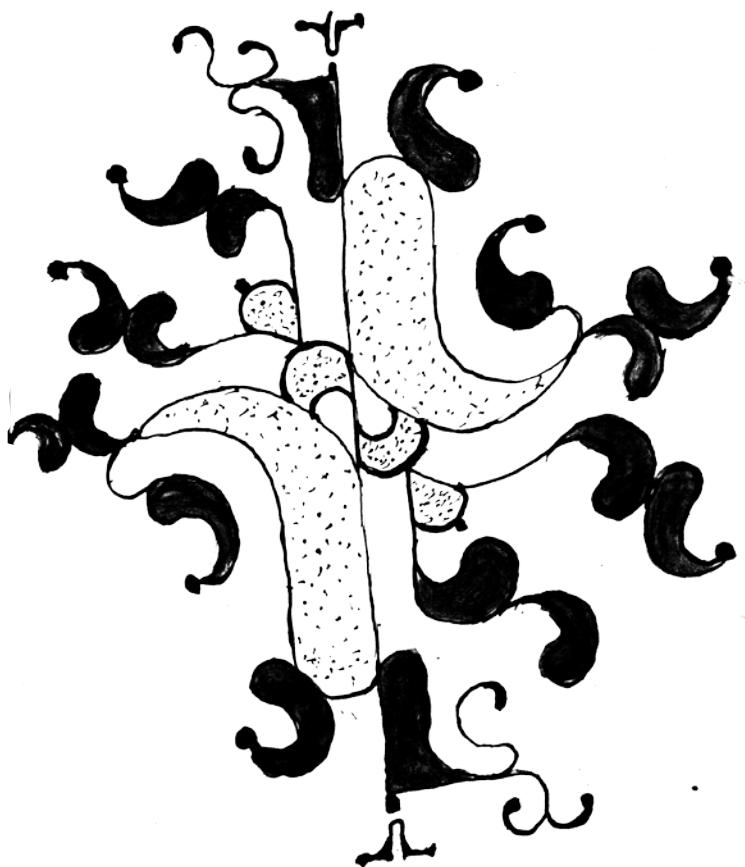
mais. Estima-se a quantidade de ovos, de novos indivíduos, que ela pode colocar, em bilhões. Em um ano ela coloca centenas de milhares. Descrevem-se casos em que a rainha-mãe coloca 60 ovos por minuto, ou seja, 86.400 ovos por dia, de forma tão regular quanto as batidas dos segundos de um relógio, cuja quantidade diária é igual aos mesmos 86.400.

A reprodução ocorre em enxames. Parte da descendência da nova rainha-mãe voa para longe e capture um novo espaço, fora do *habitat* natural necessário para a vida de um primeiro reino inicial. Em todos os lugares o instinto opera com precisão matemática: tanto na preservação dos ovos, imediatamente levados por cupins-operários, como na partida de enxames, e na substituição – no caso de acontecimentos inesperados – do velho útero por um novo. Em todos os lugares, isso ocorre com a mesma precisão e o mesmo número. Tudo está sujeito a uma medida de regularidade numérica: o número de ovos, o número de enxames anuais, indivisíveis deles, o número da população dos reinos, o tamanho e peso dos organismos, a taxa de reprodução e a transferência de energia geoquímica de cupins sobre a superfície terrestre causada por essa reprodução.

Podemos exprimir com precisão a quantidade de tensão do movimento de cupins na superfície terrestre devido à sua reprodução, sabendo a quantidade anual de enxames, o número de indivíduos neles, os tamanhos, a quantidade de ovos depositados por ano pela rainha; por meio do número correspondente a esse movimento, podemos alcançar seu reflexo no meio ambiente, sua pressão.

Essa pressão é muito alta. Uma pessoa que vive na área de seu *habitat* sabe disso pelo trabalho que deve executar para proteger deles os produtos de sua existência, sua comida.

Se não houvesse obstáculos no ambiente externo, principalmente na vida em torno dos cupins, em poucos anos, eles poderiam capturar e cobrir toda a superfície da biosfera com seus reinos –  $5.10065 \times 10^8 \text{ km}^2$ .



**§ 29.** Entre os organismos, as bactérias ocupam um lugar especial. São corpos organizados dos menores tamanhos conhecidos ( $10^4$  a  $10^5$  cm de comprimento). Ao mesmo tempo, são organismos com a maior força de reprodução. Eles se reproduzem por divisão celular. Diariamente, cada célula se duplica várias vezes. A bactéria que se reproduz mais rápido executa esse trabalho de 63 a 64 vezes por dia, em média, a cada 22 a 23 minutos, com a mesma regularidade que a fêmea dos cupins deposita ovos ou o que planeta no qual essa bactéria vive gira ao redor do Sol.

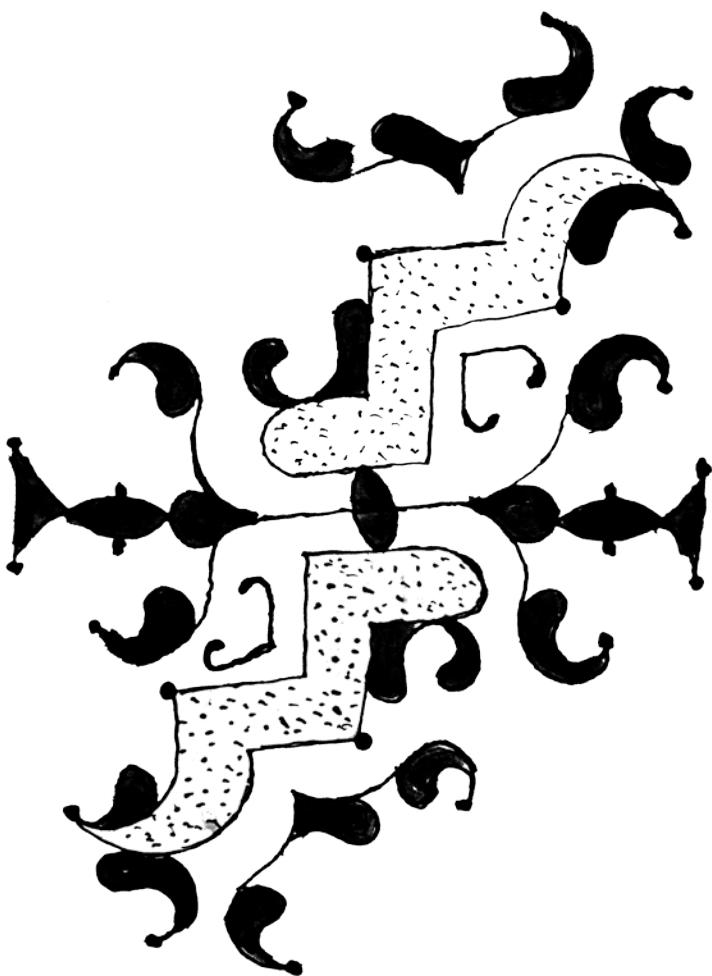
Bactérias vivem em um ambiente líquido ou semilíquido. Suas principais massas são observadas na hidrosfera; quantidades significativas delas se concentram no solo e penetram em outros organismos.

Se não houvesse obstáculos no ambiente externo, elas poderiam criar, com uma velocidade inconcebível para nós, quantidades incríveis dos compostos químicos mais complexos, que são um reservatório de enorme energia química.

Essa enorme energia corresponde à enorme velocidade de sua reprodução. Desta forma, por um dia e meio ou menos, as bactérias poderiam cobrir a superfície do globo terrestre com um único manto fino de apenas um estrato, e, como resultado dessa reprodução, as ervas verdes ou os insetos poderiam dominar o globo no decorrer de vários anos ou, em alguns casos, centenas de dias.

No ambiente marinho há bactérias quase esféricas, cujo volume, segundo M. Fischer, atinge 1 micron<sup>3</sup>, isto é,  $10^{-12}$  cm<sup>3</sup>. Um cm<sup>3</sup> pode conter  $10^{12}$  de indivíduos, e, com a velocidade da sua reprodução – aproximadamente 63 divisões de cada célula por dia – um cm<sup>3</sup> poderia ser preenchido por eles no decorrer de algumas horas – de 11 a 13. De fato, as bactérias não vivem isoladas, mas formam colônias e, sob condições favoráveis, podem preencher 1 cm<sup>3</sup> ainda mais rápido.

O processo de divisão ocorre inevitavelmente em um determinado andamento, se a bactéria viver em condições de vida favoráveis, e, acima de tudo, se a temperatura do meio permitir.



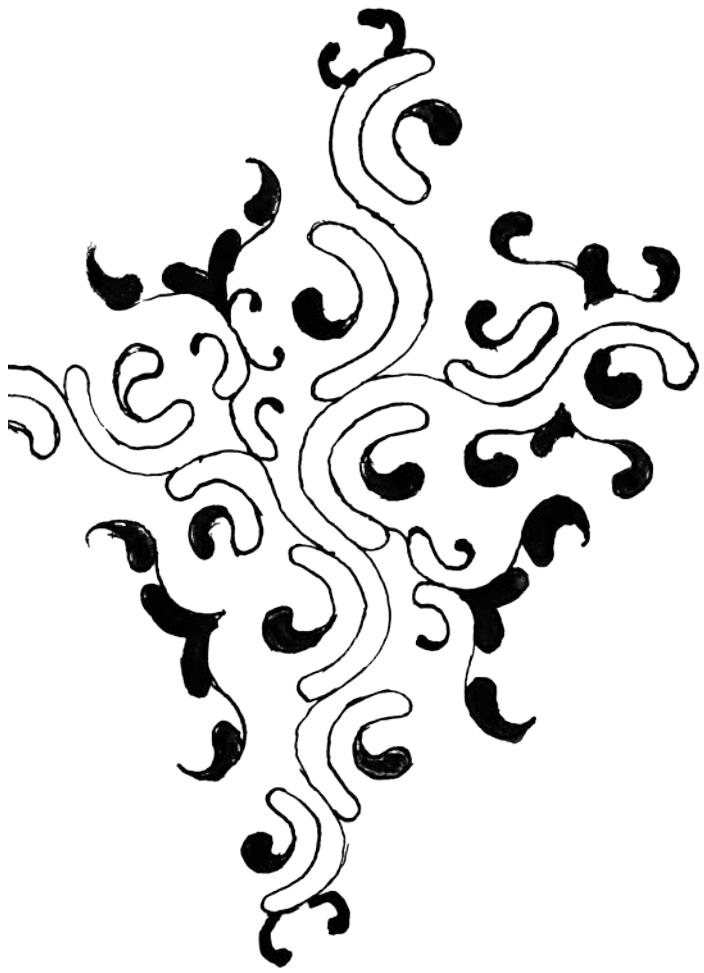
Se a temperatura cai, a velocidade de alternância de gerações diminui, e essa mudança pode ser expressa em uma fórmula numérica exata. O tempo todo a bactéria respira, isto é, tem uma estreita relação com os gases dissolvidos na água. É claro que a quantidade de bactérias, por meio da reprodução, nunca consegue atingir em  $1\text{ cm}^3$  o valor que determina nela a quantidade de moléculas de gás que ocupa o mesmo volume, isto é,  $2,706 \times 10^{19}$  (número de Loschmidt). Moléculas de gás em  $1\text{ cm}^3$  cheias de água serão muitas vezes menores. Vemos aqui o limite de reprodução colocado pelos fenômenos da respiração, as propriedades do estado gasoso da matéria.

**§ 30.** O exemplo das bactérias permite expressar o movimento observado na biosfera devido à reprodução de uma forma diferente da que fizemos até agora.

Vamos imaginar um período na história da Terra, que os geólogos supõem ser, hipoteticamente de forma incorreta, como veremos, a época em que o oceano não cobria três quartos da superfície terrestre, mas o planeta inteiro. E. Suess atribuiu esse “mar universal” (em grego “Pan-thalassa”) à era do Arqueozoico. Naquele tempo, sem dúvida, as bactérias existiam. Seus traços são encontrados nas camadas do Paleozoico mais antigo. A natureza dos minerais dos estratos arqueozoicos e, em especial, o caráter de suas associações, com não menos certeza, comprovam a presença de bactérias em todo o Arqueozoico – nas camadas mais antigas de nosso planeta disponíveis para estudo geológico. Se nesse “mar universal” a temperatura fosse favorável à sua vida, e se não houvesse obstáculos à sua reprodução, a bactéria esférica,  $10\text{-}12\text{ cm}^3$  em volume, em 1,47 dias – menos de um dia e meio – formaria uma membrana ininterrupta de  $5.10065 \times 10^8\text{ km}^2$ .

As membranas formadas pela reprodução bacteriana, embora menores, ocupam assim mesmo áreas muito significativas na biosfera.

Nos anos 1890, o prof. M. A. Egúnov apontou a existência de uma membrana fina de bactérias sulfurosas em toda a área do



mar Negro. Nesse caso, essa membrana seria igual à superfície do mar Negro, isto é,  $411.540\text{ km}^2$ , e ficaria no limite da superfície de oxigênio, ou seja, a uma profundidade de 200 m. No entanto, os estudos realizados pelo prof. B. L. Isachenko, membro da expedição N. M. Knipkovitch (1926), não confirmam esses dados. O mesmo fenômeno tem dimensões menos grandiosas, mas é claramente expresso nos equilíbrios dinâmicos de organismos vivos, por exemplo, na fronteira entre água doce e salgada no lago Morto das ilhas Kilda, que está sempre coberto com uma membrana contínua de bactérias púrpuras em toda a sua superfície (K. Deryugin, 1926).

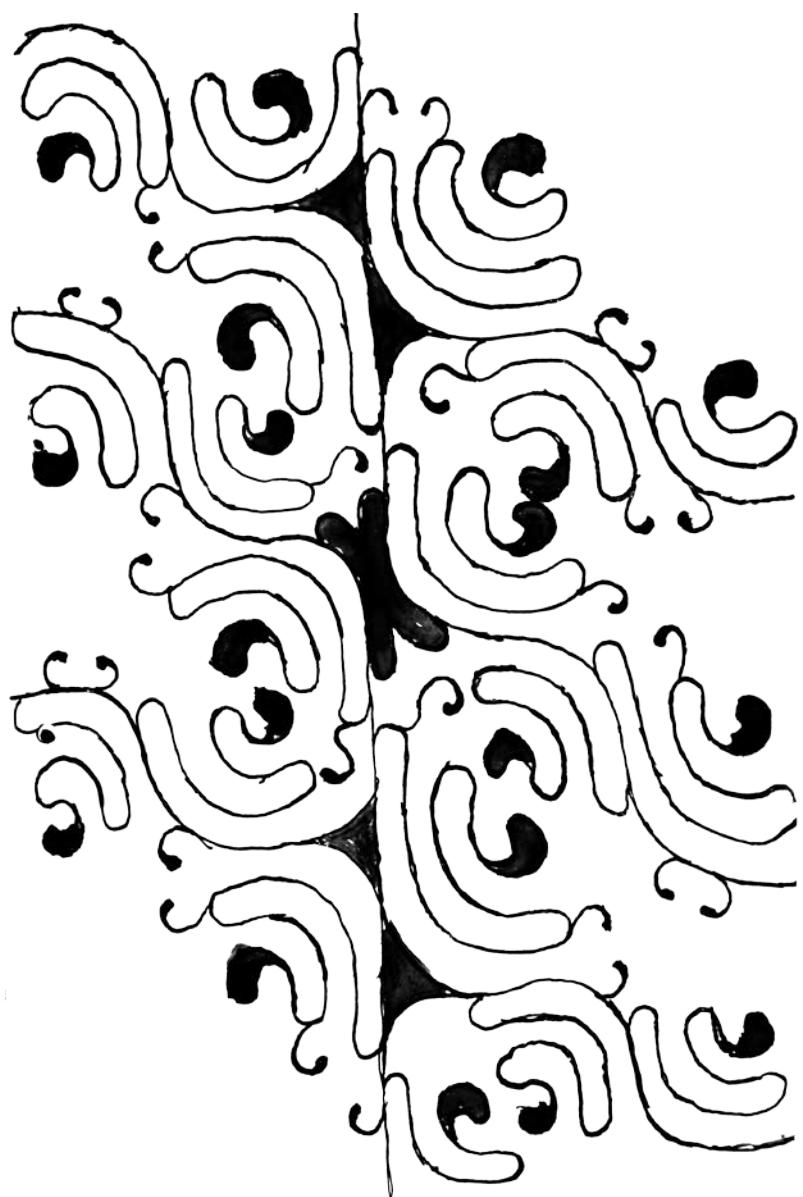
Outros organismos microscópicos, mas ainda maiores, constantemente dão exemplos de tais fenômenos. De tempos em tempos, a membrana formada por esses organismos de plâncton oceânico cobre um espaço de milhares de quilômetros quadrados. Essas membranas são formadas rapidamente.

Em todos esses casos, é possível retratar a energia geoquímica desses processos da mesma forma, ou seja, na forma do movimento dessa energia na superfície terrestre, e sua velocidade de transmissão é proporcional à taxa de reprodução das espécies; no nosso caso a bactéria de Fischer.

No seu desenvolvimento máximo, quando essa espécie ocupa toda a superfície da Terra ( $5.10065 \times 10^8\text{ km}^2$ ), durante um certo tempo, diferente para cada espécie, essa energia também percorrerá a distância máxima igual à linha do Equador da Terra, ou seja, 40.075.721 m.

Se a bactéria de Fischer, com  $10^{-12}\text{ cm}^3$  de tamanho, formasse uma membrana no “mar universal”, o oceano Pantalássico de E. Suess, a velocidade de transmissão de energia ao longo do diâmetro da Terra seria de 33.100 cm/s.

Esse fenômeno pode ser expresso de uma forma diferente. A velocidade V, igual a 33.100 cm/s, pode ser considerada a taxa de transmissão da vida, a energia geoquímica ao redor do mundo: ela é igual à velocidade média de rotação do globo resultante da



multiplicação de uma bactéria. Em 1,47 dia, a bactéria poderia, por reprodução, dar uma volta completa ao redor da Terra, atra- vessando o “mar universal”...

A taxa de transmissão da vida, ao longo da maior distância disponível, o valor de V, será aquela característica constante de cada matéria viva homogênea, que usaremos para expressar a energia geoquímica da vida.

§ 31. A base desse valor, que é sempre diferente para qualquer espécie ou raça, afeta, por um lado, a natureza do mecanismo de reprodução e, por outro, os limites para a reprodução possível, que são determinados pelo tamanho e pelas propriedades do planeta.

A taxa de transferência de vida não é uma expressão simples das propriedades de organismos autônomos ou seus agregados – matérias vivas; ela expressa sua reprodução de acordo com a biosfera como fenômeno planetário. Sua expressão inclui inevitavelmente os elementos do planeta – as magnitudes de sua superfície e seu equador. Temos aqui uma analogia com algumas outras propriedades do organismo, por exemplo, seu peso. O peso de um organismo na Terra e do mesmo organismo em outro planeta será diferente, embora o organismo não possa se modificar. Da mesma forma, a velocidade de transmissão de sua vida, por exemplo, na Terra ou em Júpiter, numa superfície e num diâmetro que não sejam idênticos aos da Terra, será diferente, mesmo que o organismo permaneça inalterado.

Esse caráter especificamente terrestre da velocidade de transferência da vida é determinado pela limitação das propriedades e das característicos da Terra como planeta, da biosfera como um fenômeno cósmico, contribuindo para a manifestação do mecanismo de reprodução inerente aos organismos como nas criaturas autónomas.

§ 32. O campo dos fenômenos de reprodução prestou pouca atenção aos biólogos. Mas nele – parcialmente imperceptível para os próprios naturalistas – várias generalizações empíricas foram

estabelecidas, que em parte nos parecem comprehensíveis em si, então nos acostumamos a elas.

Entre essas generalizações, deve-se observar o seguinte:

1) A reprodução de todos os organismos é expressa por progressões geométricas. Você pode expressá-la em uma fórmula uniforme:  $2^{n\Delta} = N_n$ , onde  $n$  é o número de dias desde o início da reprodução;  $\Delta$  é um indicador de progressão, que para os organismos unicelulares que se reproduzem por divisão corresponde ao número de gerações por dia;  $N_n$  é o número de indivisíveis que existem devido à reprodução em  $n$  dias.

A característica de cada matéria viva é  $\Delta$ . Nessa fórmula, não há limites nem restrições para  $n$ , nem para  $\Delta$ , nem para  $N$ .

O processo é considerado infinito, já que a progressão é infinita.

2) Essa infinitude da possibilidade da manifestação da reprodução de um organismo se reflete na subordinação dessa manifestação na biosfera, isto é, na disseminação da matéria viva, a regra da inércia. Pode-se considerar empiricamente estabelecido que o processo de reprodução é retardado em sua manifestação apenas por forças externas; congela a uma temperatura baixa, para ou enfraquece quando há falta de comida ou respiração, na ausência de *habitat* para organismos recém-criados. Já em 1858, C. Darwin e A. Wallace expressaram essa ideia em uma forma que há muito tempo estava clara para os naturalistas que haviam pensado sobre esses fenômenos, como é o caso de C. Linnaeus, J. Buffon, A. Humboldt, C. Ehrenberg, K. E. von Baer: se não houver obstáculos externos, todo organismo em diferentes épocas, mas determinado para isso, pode cobrir todo o globo com reprodução, produzir descendentes em volume igual à massa do oceano ou à crosta terrestre.

3) A taxa de reprodução que afeta esse efeito é diferente para cada organismo e depende muito do tamanho dele. Organismos pequenos, isto é, também conhecidos como organismos leves, multiplicam-se muito mais rápido que organismos maiores, ou seja, organismos de maior peso.

**§33.** Nesses três princípios empíricos, os fenômenos de reprodução dos organismos são expressos fora do tempo e do espaço ou, mais precisamente, no tempo e no espaço homogêneos, geométricos e mecânicos.

Na realidade, a vida na forma em que a estudamos é um fenômeno puramente terrestre – planetário que não pode ser separado da biosfera, criado e adaptado às suas condições.

A vida transferida para o tempo abstrato e o espaço abstrato da matemática é uma ficção, uma criação da nossa mente, diferente do fenômeno real.

Se quisermos ter ideias científicas precisas em nossas afirmações sobre suas propriedades, devemos corrigir as noções abstratas de tempo e espaço; essas alterações podem fundamentalmente, como vemos neste caso, mudar nossas descobertas nas quais propriedades do tempo e do espaço terrestre não foram previstas.

**§34.** Na Terra, os organismos vivem em um espaço confinado do mesmo tamanho para todos. Eles vivem no espaço de uma certa estrutura em meio gasoso ou líquido infundido com gás. E embora o tempo nos pareça infinito, o tempo de qualquer processo num espaço limitado, que é a reprodução de organismos, não pode ser infinito. Também ele terá um limite diferente para cada organismo, dependendo da natureza de seu processo de reprodução.

Uma consequência inevitável dessa situação é a restrição de todas as quantidades que determinam os fenômenos de reprodução de organismos na biosfera. Deve haver os maiores números indivisíveis que diferentes matérias vivas podem produzir. Esses números –  $N_{\max}$  – devem ser finitos e característicos de cada espécie e raça. A velocidade de transmissão da vida deve estar em limites definidos e exatos, que nunca podem ser excedidos. Finalmente, os valores da progressão geométrica D da reprodução também têm certos limites.

Esses limites são definidos por duas manifestações do planeta: 1) suas dimensões e 2) preenchimento físico do espaço em que

a vida flui com líquidos e gases – principalmente com as propriedades dos gases e a natureza das trocas gasosas.

§ 35. Vamos nos debruçar sobre a restrição imposta pelo tamanho do planeta. Vemos a influência desses tamanhos a cada passo. Pequenos reservatórios são muitas vezes completamente cobertos com vegetação verde flutuando sobre eles. Nas nossas latitudes, muitas vezes é a lentilha d'água – diferentes espécies de *Lemna*. A superfície da água se torna uma cobertura verde contínua sem lacunas. As mudas se aproximam umas das outras, as placas verdes se juntam; o processo de reprodução funciona, mas é retardado por um obstáculo externo – em primeiro lugar, pela falta de espaço. O fenômeno só é se manifesta quando, na cobertura verde, ocorrem várias causas externas – a morte das lentilhas d'água ou o seu desvio –, e os espaços vazios da superfície de água se formam. Eles são imediatamente substituídos por reprodução. É óbvio que o número de lentilhas d'água individuais que pode caber em uma determinada área depende definitivamente do tamanho e das condições de sua existência. Quando atingido, o processo de reprodução para, é retardado por um obstáculo intransponível externo. Cada lagoa cria um tipo de equilíbrio dinâmico, semelhante ao que é observado quando a água evapora de sua superfície. A pressão de vapor e a elasticidade da vida são mecanicamente semelhantes.

Outro exemplo bem conhecido é a vida de uma alga verde no quadro da natureza – diferentes espécies de *Protococcus*, que têm energia geoquímica muito maior do que a lentilha d'água. Em condições favoráveis, essa alga cobre completamente e sem lacunas (§ 50) troncos de árvores. Ela não tem para onde ir; seu processo de criação está atrasado, e recomeça assim que a possibilidade de colocar novos indivíduos *Protococcus* se anuncia. O número de algas individuais que podem caber na área de uma árvore é estritamente certo e não pode ser superado.

§ 36. Essas considerações podem ser totalmente transferidas para toda a vida selvagem e para a área acessível ao *habitat* –

à superfície do nosso planeta. A maior manifestação possível da força de reprodução da matéria viva é determinada pelo tamanho do planeta e é expressa no número de indivíduos, que podem ser colocados em uma área de  $5.10065 \times 10^8 \text{ km}^2$ . Esse número é uma função da densidade da população de organismos e não pode ser ultrapassado.

Essa densidade é muito diferente; para lentilha d'água ou o *Protococcus* unicelular é determinada apenas pelo tamanho; outros organismos requerem uma área muito maior (ou volume) para a vida. Um elefante na Índia requer até  $30 \text{ km}^2$ , uma ovelha nas pastagens montanhosas da Escócia, cerca de  $105 \text{ m}^2$ ; uma colmeia média de abelhas, pelo menos  $10\text{-}15 \text{ km}^2$  (uma abelha, pelo menos  $2 \cdot 10\text{-}4 \text{ km}^2$ , ou seja,  $200 \text{ m}^2$ ) de uma floresta vermelha média Ucrânia, de 3.000 a 15.000 plânctons crescem bem em  $1000 \text{ cm}^3$  de água do mar,  $25\text{-}30 \text{ cm}^2$  são suficientes para cereais comuns, alguns (às vezes dezenas) metros quadrados – para os indivíduos da nossa floresta.

Obviamente, a taxa de transmissão da vida depende da densidade possível de um agregado indivisível, bem-vivido e indivisível, da densidade da matéria viva.

Não vou me demorar aqui nessa importante constante da vida na biosfera tão pouco estudada. É claro que a maior densidade de cobertura contínua (como lentilha d'água ou *Protococcus*) ou do preenchimento completo de  $1 \text{ cm}^5$  com a menor bactéria (§ 29) nos dará a quantidade máxima permitida para os indivíduos dessa espécie na biosfera, se aceitarmos a possibilidade para todos os organismos. Para chegar a esse número, é necessário levar a densidade igual ao quadrado da mudança máxima do organismo, isto é, seu comprimento e largura (coeficiente  $k_j$ ).

§ 37. A restrição da reprodução ao tamanho do planeta, a paralisação inevitável do processo por esse caminho, além da influência mais profunda exercida, como veremos, pelo ambiente verde (§ 123), dá a esse processo características muito peculiares e importantes.

Em primeiro lugar, obviamente, há um limite, o mesmo para todos os organismos, a maior distância sobre a qual a transmissão da vida pode se espalhar. É igual ao equador da Terra, ou seja, 40.075.721 m.

Em segundo lugar, para cada espécie ou raça, existe um número máximo de indivíduos que nunca pode ser superado. Esse número máximo é obtido com o preenchimento completo desse tipo de superfície terrestre com a máxima densidade possível de seu *habitat*. O número, que designarei como N e considerarei o número estacionário de uma matéria viva homogênea, é de grande importância para avaliar o efeito geoquímico da vida. Correspondem à máxima manifestação possível da energia de uma determinada matéria viva homogênea na biosfera, seu trabalho geoquímico máximo; a velocidade de sua realização, que é diferente para cada organismo, é expressa pela taxa de transmissão de vida.

Essa velocidade, V, está relacionada a um número estacionário pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{139633.3 \Delta}{\log N_{\max}}$$

Obviamente, se a taxa de transmissão da vida permanece constante,  $-$ , caracterizando a força de reprodução (§32), deve diminuir, a reprodução dos organismos deve, em um dado volume ou em uma determinada área, ir cada vez mais devagar, mas conforme aumenta o número de indivíduos.

**§ 38.** Vemos esse fenômeno na natureza. Foi notado há muito tempo por antigos naturalistas e enfatizado vividamente há cerca de quarenta anos por C. Semper (1888), um observador categórico da vida selvagem. Semper notou que em corpos pequenos de água, em condições iguais, a reprodução de organismos diminui à medida que o número de indivíduos aumenta. O número estacionário não é alcançado, ou sua realização diminui à medida que o número de organismos criados se aproxima; há alguma razão,

talvez nem sempre externa (§ 43), regulando o processo. Os experimentos de Pearl e seus colaboradores sobre a mosca *Drosophila* e sobre galinhas (1911-1912) confirmam essa generalização de Semper em um ambiente diferente.

§ 39. A taxa de transmissão da vida pode nos dar uma ideia clara da energia geoquímica da vida de diferentes organismos. Varia muito e depende muito do tamanho do corpo. Para os microrganismos mais pequenos, para bactérias, é, como vimos, próximo da velocidade do som, isto é, para um valor de 33.100 cm/s. Para os maiores, para grandes mamíferos, é igual a frações de um centímetro – para um elefante indiano, por exemplo,  $K = 0,09$  cm/s.

Esses são limites extremos. Entre eles está a taxa de transmissão da vida para todos os outros organismos. São explicitamente dependentes do tamanho do organismo e, em casos mais simples (por exemplo, para organismos cuja forma se aproxima à da bola), da relação do tamanho do organismo com sua velocidade  $V$  já pode ser expressa matematicamente.

Mas a existência de uma dependência matemática definida, sempre e em toda parte nesse campo, corresponde, sem dúvida, à velha e sólida generalização empírica (§32).

§ 40. A velocidade de transmissão da vida dá uma noção clara de sua energia na biosfera, do seu trabalho nela, mas não é suficiente para defini-la. Para fazer isso, precisamos levar em conta a massa do organismo, a energia de propagação dos agregados dos quais na biosfera é determinada pela velocidade  $V$ .

Na fórmula  $pV^2/2$ , em que  $p$  é o peso corporal médio do organismo<sup>4</sup>, a taxa de dispersão da energia geoquímica, que é  $V$ , nos dará a expressão da energia cinética geoquímica da matéria viva. Em relação a uma determinada área ou um volume da biosfera, ela pode nos dar uma expressão do trabalho químico que, nos processos geoquímicos dessa área ou desse volume, pode ser produzido por uma dada espécie ou raça de organismos.

Por muito tempo, tivemos tentativas para determinar parte da energia geoquímica da matéria viva em relação a uma

determinada área da biosfera – um hectare. Isso é feito para determinar os rendimentos – o número de uma determinada área de organismos benéficos para os seres humanos ou seus produtos.

De forma mais completa, é expresso na quantidade de matéria orgânica que pode ser criada pela reprodução e crescimento de organismos por hectare.

Embora sejam muito incompletos e não suficientemente cobertos pela teoria, esses dados já levaram a importantes generalizações empíricas.

Sem dúvida, a quantidade de matéria orgânica gerada por hectare é limitada e está intimamente relacionada à energia solar radiante que a planta verde capta. A energia geoquímica recolhida por essa via – a multiplicação de organismos – é alterada energia solar.

Em segundo lugar, está ficando cada vez mais claro que, em casos de produtividade máxima, as quantidades de matéria orgânica por hectare de solo e por hectare de oceano são números da mesma ordem, que se aproximam do mesmo valor. Um hectare de terra cobre uma camada insignificante que não excede metros, um hectare de oceano corresponde a uma camada de água capturada pela vida, medida em quilômetros. A identidade da energia da vida criada neles obviamente indica a iluminação de cima como sua fonte.

Veremos que isso se provavelmente deve à propriedade característica do solo terrestre, que acumula em si uma concentração de organismos com enorme energia geoquímica (§ 55). Devido a essa concentração da energia da matéria viva, uma fina camada de solo em seu efeito geoquímico pode ser comparada com a vasta espessura do mar, na qual os centros da vida são liquefeitos por uma massa inerte de água.

§ 41. Energia geoquímica cinética do corpo  $pV^2/2$ , em relação a um hectare, isto é, para  $10^8 \text{ cm}^2$ , é expressa pela seguinte fórmula, em que  $10^8/k$  é o número de organismos por hectare quando atingem um número estacionário (§ 37), e é o coeficiente de densidade de vida (§ 36):

$$A_1 = \left( \frac{PV^2}{2} \right) \times \left( \frac{10^8}{K} \right) = \frac{(PV^2) \cdot (N_{\max})}{2(5.10065 \times 10^{18})}$$

É extremamente característico que, para os protozoários, esse valor pareça uma constante. Para todos eles, a expressão  $A_1$  assume a forma:

$$A_1 = \left( \frac{PV^2}{2} \right) \times \left( \frac{10^8}{K} \right) = a \times 3.51 \cdot 10^{12} \text{ C.G.S.}$$

Em que o coeficiente  $a$  se aproxima de um<sup>5</sup>.

Dessa fórmula fica claro que a energia geoquímica cinética dos protozoários é determinada pela velocidade  $K$  relacionada ao peso, tamanho do organismo e taxa de reprodução  $D$ . Referido em  $\Delta$ ,  $V$  é expresso pela seguinte fórmula simples:

$$V = \frac{46.66637 \cdot ig2 \cdot \Delta}{18.70762 - \log K}$$

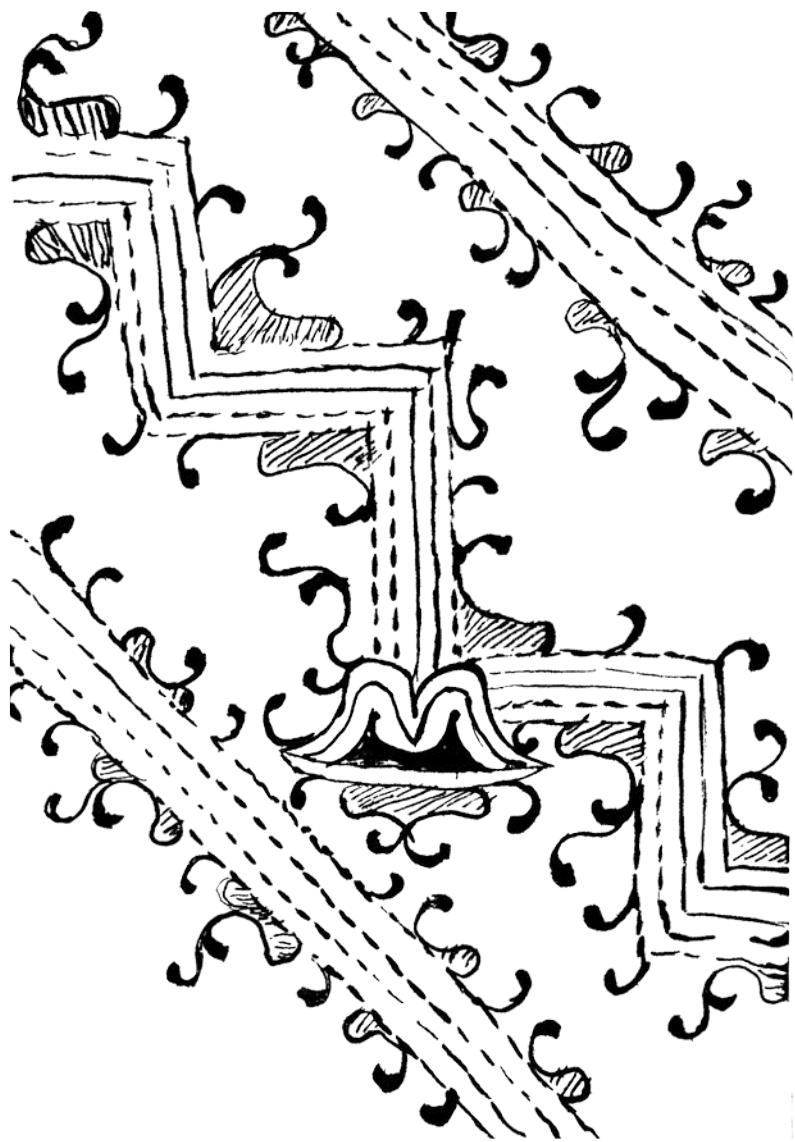
em que os coeficientes numéricos, constantes para todos os tipos de organismos, estão relacionados ao tamanho do planeta (com a área de sua superfície e o comprimento de seu equador, e os valores são expressos em centímetros e segundos)<sup>6</sup>.

A partir da fórmula da velocidade, é óbvio que algumas dimensões do planeta não podem explicar o limite de fato existente para  $V$  e  $\Delta$ .

O maior valor conhecido de  $V$  é de 33.100 cm/s, e o maior  $\Delta$  é de cerca de 63-64.

Eles podem ir mais longe (o que, como fica evidente nas fórmulas acima, é possível mesmo com a constância da energia cinética por hectare) ou existe uma condição na biosfera que representa uma impeça?

Essa condição existe, e é a troca gasosa de organismos, inevitável e necessária para sua existência e, em particular, para sua reprodução.



**§ 42.** O organismo não existe sem trocas gasosas, sem respiração. Quanto mais rápida é a reprodução, mais intensa a respiração se torna. Pelo grau de troca gasosa, podemos sempre julgar a intensidade da vida.

Na escala da biosfera, precisamos, é claro, não levar em conta a respiração de um organismo individual, mas o resultado geral da respiração, devemos levar em conta as trocas gasosas – a respiração de todos os organismos vivos, abraçá-la como parte do mecanismo da biosfera.

A esse respeito, houve generalizações empíricas por um longo tempo, que até agora chamaram atenção, mas não foram levadas em conta pelo pensamento científico.

Um deles indica que os gases da biosfera são os mesmos que são criados durante as trocas gasosas de organismos vivos. Na biosfera, só eles estão sozinhos:  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ... Isso não pode ser acidental.

Então todo o oxigênio livre da biosfera é criado na superfície terrestre apenas devido à troca gasosa de organismos verdes. Esse oxigênio livre é a principal fonte de energia química livre da biosfera.

E finalmente, em terceiro lugar, a *quantidade desse oxigênio livre* na biosfera, igual a  $1,5 \times 10^{21}$  g, é um número da mesma ordem que a quantidade de matéria viva existente e relacionada a ele de forma indissolúvel, estimada em  $10^{20}$  a  $10^{21}$  g. Ambos os cálculos foram obtidos de forma completamente independente um do outro.

Essa estreita conexão entre os gases da Terra e a vida indica com certeza que a troca gasosa de organismos – e, em primeiro lugar, sua respiração – deve ser de suma importância no regime de gás da biosfera, ou seja, um fenômeno planetário.

**§ 43.** Essa troca gasosa – a respiração – determina a taxa total de reprodução; estabelece limites para V e  $\Delta$ .

Eles não podem passar por limites que violem as propriedades dos gases.

Já foi indicado (§ 29) que o número de organismos que podem existir em um centímetro cúbico do meio deve ser menor que o

número de moléculas de gás nele, isto é, menos que  $2.766 \cdot 10^{19}$  (o número de Loshmidt)<sup>7</sup>. Se o valor de V for maior que  $33.100 \text{ cm/s}$ , para organismos cujos tamanhos forem menores que o tamanho de bactérias (ou seja, tamanhos menores que  $n \times 10^{-5}$ ), o número de indivíduos devido à sua reprodução excederá  $10^{19}$  em  $1\text{cm}^3$ . É óbvio que, com a inevitável existência de troca entre moléculas de gás e organismos, o número de organismos absorvendo e emitindo moléculas de gás, proporcionalmente ao tamanho das moléculas, teria que aumentar à medida que o tamanho dos organismos diminuisse com o aumento de velocidade incrível.

De acordo com nossas ideias modernas, chegamos a um absurdo físico.

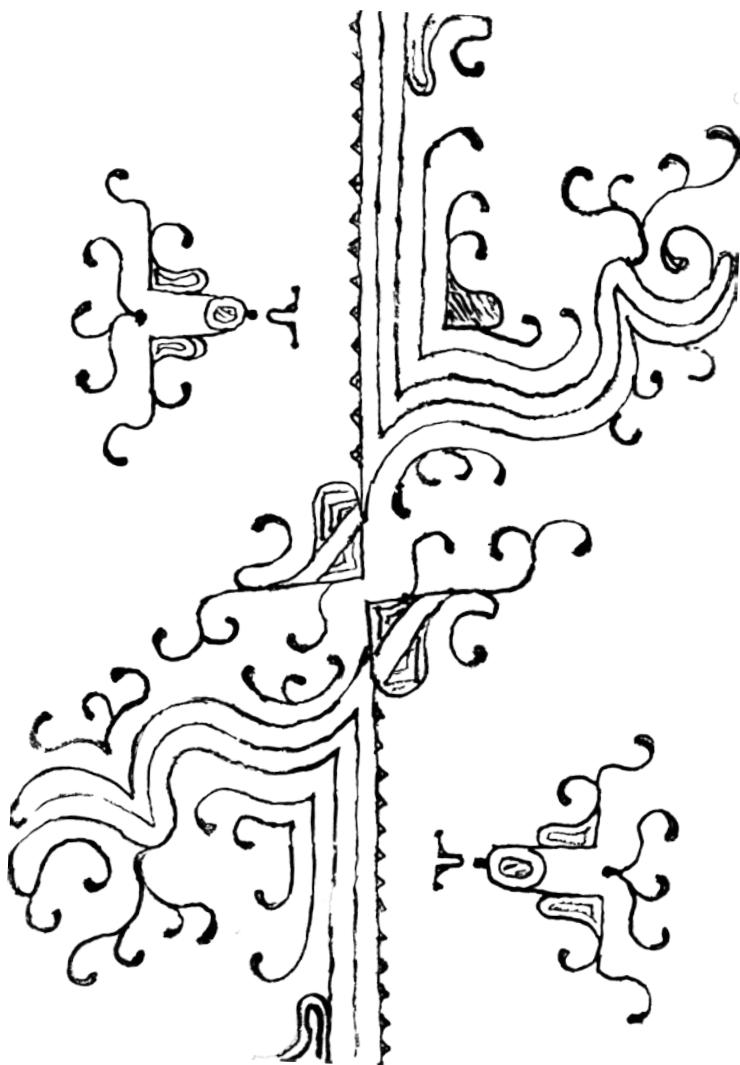
Se a limitação o número de indivíduos em um centímetro cúbico determina o menor tamanho de um organismo e, assim, determina o limite máximo para  $\Delta$  e V, então a relação constante inevitável entre o número de moléculas indivisíveis e gasosas em um dado volume – os fenômenos da respiração – desempenha um papel ainda maior e constantemente manifesto nos fenômenos reprodutivos.

Obviamente, a respiração regula todo o processo na superfície da Terra, estabelece correlações mútuas entre o número de organismos de diferente fertilidade, determina, como a temperatura, a magnitude de D, que um dado organismo pode de fato alcançar; também é a respiração que determina o D máximo correspondente ao tamanho do organismo e impede que os números estacionários sejam alcançados.

*No mundo dos organismos da biosfera, há uma feroz luta pela existência – não apenas pela comida, mas também pelo gás necessário, e essa última luta é mais básica, pois normaliza a reprodução.*

A respiração é determinada pela máxima energia geoquímica possível de vida por hectare.

§ 44. O resultado dessa troca gasosa e da reprodução de organismos por ela determinados é enorme, mesmo na escala da biosfera.



Nada análogo, mesmo em um grau remoto, é representado por sua matéria inerte.

Porque, graças à reprodução, toda matéria viva pode criar qualquer quantidade de matéria viva. O peso da biosfera é desconhecido para nós, mas compõe uma pequena fração do peso da crosta terrestre, até 16 km de espessura (§ 77), cujo peso é  $2,0 \times 10^{25}$  g. A quantidade de matéria pode ser criada pela força de reprodução em um tempo desprezível e não geológico, a menos que isso seja prejudicado pelo ambiente externo.

O vibrião do cólera e *Bacterium coli* podem dar essa massa de matéria em 1,60 a 1,75 dias. A alga verde diatomácea *Nitzschia-putrida*, um organismo mixotrófico de lama marinha que se alimenta de matéria orgânica em decomposição e ao mesmo tempo capta o raio de sol, pode produzir  $2,0 \times 10^{25}$  g da substância em 24,5 dias. Esse é um dos organismos verdes de crescimento mais rápido, talvez pelo fato de receber parte da matéria orgânica na forma final. Um dos organismos reprodutores mais lentos – um elefante – pode produzir a mesma quantidade de matéria em 1300 anos. Mas o que anos e séculos significam no tempo geológico, ou seja, planetário?

Também precisamos ter em mente que, com o decorrer do tempo, novas massas iguais ao mesmo valor de  $2,0 \times 10^{25}$  g deveriam ter sido obtidas em períodos incomparavelmente mais curtos.

Esses números nos dão uma ideia das forças que se manifestam nos fenômenos da reprodução.

**§ 45.** Naturalmente, na realidade, nenhum organismo fornece tais quantidades.

No entanto, o deslocamento de tais massas na biosfera pela força da reprodução, mesmo que por um ano, não é, de modo algum, fantástico; na realidade elas são pequenas.

Esses números não são surreais. De fato observamos ao nosso redor as manifestações da vida que são responsáveis por eles na natureza.

Dificilmente se pode duvidar de que a vida durante o ano crie, por meio da reprodução, quantidades de indivíduos e,

correspondendo a eles, a massa da substância da ordem de  $10^{25}$  g, provavelmente, em um número muito grande de vezes maior.

Assim, a cada instante há  $10^{20} - n \times 10^{21}$  g de matéria viva na biosfera. Essa matéria é sempre destruída e criada não pelo crescimento, mas principalmente pela reprodução. Gerações são criadas em intervalos de dezenas de minutos até centenas de anos. Com elas, a substância abrangida pela vida se renova. Essa substância, que a cada minuto se encontra presente, constitui uma porção insignificante do que foi criado em um ano, já que quantidades colossais são criadas e destruídas até mesmo no decorrer de vinte e quatro horas.

Um equilíbrio dinâmico se manifesta diante de nós. É apoiado pela quantidade de substância coberta pelo pensamento. Obviamente, mesmo por dia, massas colossais de matéria viva são criadas e destruídas por morte, nascimento, metabolismo, crescimento. Quem pode medir as quantidades do indivíduo que sempre cria e morre?

Essa tarefa é ainda mais difícil do que calcular os grãos de areia – a tarefa de Arquimedes. Como calcular grãos de areia vivos, mudando continuamente em sua quantidade com o passar do tempo?

Aqui, incontáveis indivíduos se aglomeram e se modificam simultaneamente no espaço e no tempo. Seu número, do passado e do presente, mesmo por um curto intervalo de tempo humano, excede a quantidade de grãos de areia marinha, sem dúvida, infinitamente mais do que 1025 vezes!

### A MATÉRIA VIVA VERDE

§ 46. Em comparação com a força de reprodução, com a energia geoquímica da matéria viva, as massas presentes a cada momento da biosfera,  $10^{20}$  a  $10^{21}$  g, são pequenas.

Essas massas estão geneticamente relacionadas, em sua existência, à matéria viva verde, a única capaz de captar a energia radiante do Sol.

Infelizmente, nosso conhecimento moderno não permite levar em conta o quanto de toda a matéria viva é o mundo verde das plantas. Só se pode ter uma ideia muito aproximada do aspecto quantitativo do fenômeno.

Não se pode afirmar que, quantitativamente por sua massa, a matéria viva verde prevaleça sobre toda a superfície da Terra, mas, ao que parece, ela prevalece na terra. No oceano em geral é considerado que a vida animal predomina quantitativamente – em massa. Mesmo que a vida animal seja heterotrófica, a vida, em última instância, prevalece na massa de toda a matéria viva; essa predominância não pode ser muito grande.

A matéria viva não se divide em duas metades nem em quase duas metades por peso: em verde autotrófico e em sua criação – o heterotrófico? Não sabemos responder a esta pergunta.

Mas, em todo caso, não há dúvida de que uma matéria viva verde gera massas da mesma ordem –  $10^{20}$  a  $10^{21}$  g, que correspondem a toda a matéria viva.

§ 47. A estrutura desse transformador verde da energia solar é muito diferente na terra firme e no mar. Na terra firme, predomina a vegetação *herbácea* fanerógama, enquanto a *lenhosa* consiste em uma parte significativa, em peso, talvez semelhante a ela; algas verdes e outros criptogamas, especialmente protistas, recuam para o fundo. Os organismos verdes microscópicos unicelulares dominam o oceano; gramíneas como *Zostera* e grandes algas compõem uma pequena parte da vida vegetal em peso, concentram-se na costa e em lugares menores, onde um raio de sol penetra; seus aglomerados flutuantes, como os aglomerados de sargazo no oceano Atlântico, perdem-se na imensidão total dos limites marítimos.

As metáfitas verdes prevalecem na terra firme; entre elas, as que se reproduzem mais rápido e têm maior energia geoquímica são as gramíneas. A velocidade de transmissão da vida da vegetação lenhosa parece ser menor. As protistas verdes prevalecem no oceano.

A velocidade de V para metáfitas dificilmente excede centímetros por segundo; já para protistas verdes, ela atinge milhares

de centímetros, ou seja, excede em centenas de vezes a força de reprodução de metáfitas.

Esse fenômeno caracteriza nitidamente a diferença entre a vida do mar e na terra. Embora a vida verde possa ser menos dominante no mar do que a mesma vida terrestre, a quantidade total de vida verde no oceano, devido à sua predominância sobre a terra em nosso planeta, excede a vegetação terrestre em nosso planeta.

*Os protistas verdes do oceano são os principais transformadores de energia solar da luz na energia química do nosso planeta.*

§ 48. Você pode expressar a natureza energética da vegetação verde da Terra e do mar em números exatos e de outra forma. A fórmula  $2^n \Delta = N_n$  (§ 32) nos dá o incremento do corpo por dia ( $\alpha$ ) durante a reprodução; tomando uma fonte de organismo, temos, para isso (no primeiro dia, quando  $n = 1$ ):

$$2^\Delta - 1 = \alpha$$

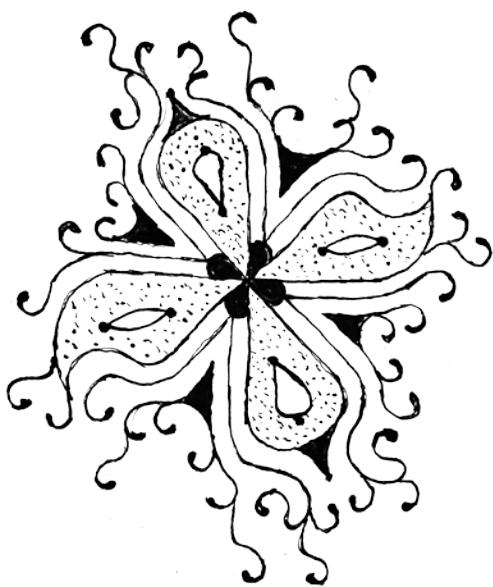
$$\text{em que } 2^\Delta = (\alpha + 1) \text{ e } 2^{n\Delta} = (\alpha + 1)^n$$

O valor de  $\alpha$  é constante para cada espécie, determina o incremento diário do número de indivisível, reduzido a um indivisível, isto é, indica um aumento em todos os dias de um indivíduo.

O valor de  $(\alpha + 1)^n$  determina, obviamente, o número de indivíduo criados por reprodução no nono dia:  $(\alpha + 1)^n = N_n$

O significado desses números é visto no exemplo a seguir. De acordo com M. Lohmann, a reprodução média do plâncton (considerando sua morte e alimentação) pode ser expressa pela constante  $\alpha + 1$ , igual a 1,2996. A mesma constante para o rendimento médio de trigo na França é de 1.0130. Esses valores correspondem ao valor diário ideal médio de um organismo de trigo e plâncton após um dia de reprodução. A razão das quantidades de plâncton individual e trigo para o primeiro dia desde o início da criação é:

$$\frac{1.2996}{1.0130} = 1.2829 = \delta$$



A cada dia que passa, essa proporção crescerá de acordo com o grau 6, ou seja, será expressa no dia pelo valor de  $\delta p$ .

Para o vigésimo dia, o valor será 145,9, e para o centésimo dia o número de plâncton indivisível será  $6,28 \times 10^{10}$  a quantidade de trigo individual. No volume de negócios anual, após o qual o desenvolvimento do trigo para temporariamente, essa diferença –  $\delta^{365}$  – atinge um valor astronômico de  $3,1 \times 10^{39}$ . Claro, com essa diferença na taxa de reprodução, a diferença de peso de uma planta de grama de terra firme madura pesando centenas de gramas, ou seja  $10^2$  g, e o organismo microscópico do plâncton, pesando algumas frações multimilionárias (de  $n \times 10^{-6}$  a  $n \times 10^{-10}$  g), desaparece.

A matéria verde organizada do mar obtém esse resultado devido à velocidade de sua circulação. A força nela colocada por um raio de sol permitiria a criação, em dezenas de dias, 50-70 dias, talvez menos, de uma massa de matéria igual em peso à crosta (§ 44). A mesma quantidade limitante de matéria poderia ser gerada pela vegetação terrestre em poucos anos – *Solanumnigrum*, por exemplo, em cinco anos.

É preciso ter em mente que esses números não podem ser quantitativamente comparáveis para a expressão do papel na biosfera da vegetação de grama verde e plâncton verde.

Para essa comparação, é necessário medi-los em intervalos iguais desde o início do processo, e a diferença aumenta rapidamente com a passagem do tempo. Enquanto um *Solariumnigrum* de cinco anos resultaria em  $2 \times 10^{25}$  g de uma substância, durante esse período, o plâncton verde precisaria dar quantidades difíceis de expressar em números que possamos entender. No próximo intervalo de tempo, muito mais curto, para criar a mesma quantidade de substância com vegetação gramínea, o plâncton verde resultaria em números ainda maiores e menos imagináveis.

§49. Essa diferença entre a matéria viva verde da Terra e do mar não é um acaso. É produzida por um raio de sol, relacionada à sua atitude diferente em relação à água límpida e líquida e à terra sólida e opaca. Criando-se com rapidez, isto é, tendo uma ener-

gia incomparavelmente maior na biosfera, o mundo do plâncton não apenas caracteriza a vida oceânica – ele é característico de toda a vida aquática em comparação com a vida terrestre.

O valor de  $\delta^n$  pode dar uma ideia da energia diferente das matérias vivas comparadas, mas, geoquimicamente, sua energia também se manifesta na massa, no peso dos indivíduos. A massa da matéria viva criada é determinada pelo produto do número dos seus indivíduos pelo seu peso médio  $p$ , ou seja,  $M = p(1 + \alpha)^n$

Não é fruto do acaso que pequenos organismos possam de fato gerar uma grande massa de substância na biosfera. Eles serão, de acordo com os princípios gerais de energia, colocados em uma posição mais vantajosa do que os grandes organismos.

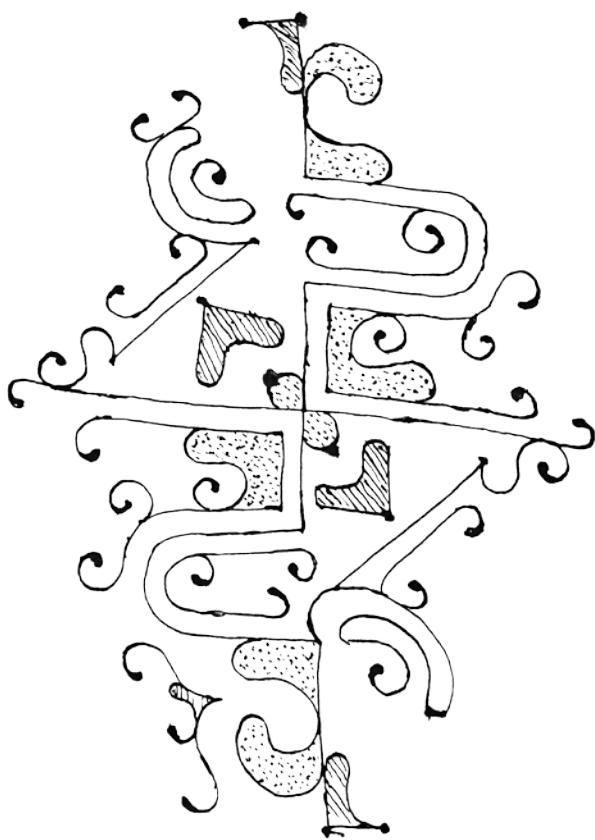
Qualquer sistema atinge um equilíbrio estável quando sua energia livre é igual a zero ou torna-se a menor possível nas condições dadas, ou seja, quando todo o trabalho possível sob as condições do sistema é feito. Veremos que todos os processos da biosfera – e da crosta terrestre em geral – e sua aparência geral são determinados pelas condições de equilíbrio dos sistemas mecânicos aos quais eles podem ser reduzidos.

Um desses sistemas é o raio de sol (radiação solar), em combinação com a matéria verde viva da biosfera. Esse sistema está em um equilíbrio estável na biosfera quando o raio do Sol faz seu trabalho máximo, criar a maior massa possível de organismos verdes.

Em terra, o raio do Sol não pode penetrar profundamente em sua substância; em todos os lugares ele encontra corpos que são opacos para ele, e a camada de matéria viva verde criada por ele é muito fina.

Nessas condições, plantas grandes – gramíneas e árvores – têm todas as vantagens para o seu desenvolvimento sobre protistas verdes.

Elas criam mais matéria viva do que os protistas, embora levem mais tempo para produzi-la. É o efeito das propriedades do contexto. Organismos unicelulares alcançam, depois de um curto período de tempo, o limite de desenvolvimento possível para eles,



o estado estacionário (§ 37). Constituem, assim, no sistema “radiação solar – terra firme”, uma forma instável, já que a grama e a vegetação arbórea da Terra, apesar da menor quantidade de energia geoquímica de seus mecanismos, podem, sob essas condições, produzir um maior número de seres vivos.

§ 50. A cada passo vemos um reflexo desse fenômeno. No início da primavera, quando a vida desperta em nossas estepes, em pouco tempo elas ficam cobertas por um fino estrato de algas unicelulares, principalmente com grandes *Nostoc* que crescem rápido. Essa cobertura verde desaparece rapidamente e é substituída por uma vegetação de grama de crescimento lento, que possui menos energia geoquímica, porque, devido às propriedades de uma substância sólida opaca, em vez de *Nostoc*, à frente em energia geoquímica, a grama é dominante. A casca das árvores, as pedras e o solo estão cobertos por dutos de crescimento extremamente rápido. Em dias úmidos, em poucas horas, transformam uma fração de peso de um milhão de gramas de células de um degrado ou gramas de substância. Além disso, seu desenvolvimento é interrompido, até mesmo nas condições mais favoráveis, nos países de clima úmido. Assim, nos bosques de plátanos da Holanda, os troncos das árvores são cobertos por um manto constante e contínuo de *Chrolococcus*, que estão em equilíbrio invariável, porque seu crescimento não se desenvolve mais devido à impermeabilidade à luz do corpo que os transporta. Seus parentes aquáticos, que se desenvolvem livremente em um meio transparente de centenas de metros de potência, estão em uma posição completamente diferente.

Nossas ervas e nossas árvores da terra firme criaram toda a sua forma, como veremos, avançando em um ambiente de ar transparente. Em toda a sua aparência, em toda a infinita variedade de suas formas, vemos o mesmo desejo de dar o máximo de trabalho, para obter o valor máximo do peso vivo. Elas encontraram um novo caminho para isso, capturando um novo ambiente de vida – a troposfera.

§ 51. No oceano, na água, as condições são completamente diferentes. Nele, um raio de sol penetra centenas de metros e, com sua energia geoquímica mais poderosa do que para gramíneas e árvores verdes, a alga unicelular verde tem a capacidade de criar na mesma quantidade de matéria viva que é incomparavelmente maior do que a terra firme de matéria verde pode lhe dar.

Aqui o uso de energia solar é extremo, e o menor organismo verde, e não uma planta grande, é uma forma de vida sustentável. E em conexão com isso – devido às mesmas razões – há aqui uma excepcional abundância de vida animal, que rapidamente consome plâncton verde e permite transformar cada vez mais energia solar radiante em matéria viva.

§ 52. Vemos que o raio solar – o vetor da energia cósmica – não apenas provoca o mecanismo de sua transformação em energia química terrestre –, mas também cria a própria forma dos transformadores, que aparece para nós como natureza viva. O poder cósmico do raio solar lhe confere um aspecto diferente na terra e na água, além de mudar sua estrutura, isto é, determinar as relações quantitativas que existem entre diferentes organismos autotróficos e heterotróficos. Em todos os lugares, esses fenômenos, sujeitos às leis do equilíbrio, devem ser inevitavelmente expressos por números, que estamos apenas começando a descobrir.

Essa força cósmica causa a pressão da vida, que é alcançada pela reprodução (§ 27). Nele, vemos a transmissão da energia solar na superfície da Terra.

Essa pressão, em essência, se faz sentir constantemente em nossa vida civilizada. A humanidade, mudando o aspecto virginal da natureza, livrando alguns locais da superfície terrestre da vegetação verde, deve se opor à pressão da vida em todos os lugares para exercer esforço, despender energia igual a ela, produzir trabalho. Assim que um homem parar de desperdiçar seus esforços e meios, todos os seus edifícios desprovidos de vegetação verde desaparecerão na massa de organismos verdes. E agora, sempre que possível, eles tomam a área que lhes é tirada pelo homem.

Essa pressão é sentida por *toda a vida*. As regiões, privadas dela sempre e por completo, são desconhecidas para nós; nas rochas mais duras, nos campos nevados e gelados, nas áreas de areia e cascalho do deserto, sempre nos deparamos com a manifestação da vida. Organismos vegetais são trazidos mecanicamente, a vida microscópica é constantemente concebida e desaparece, os animais chegam, passam, vivem e instalaram-se nelas.

Às vezes, nessas regiões, temos até concentrações de vida, ricas em suas áreas, mas esse não é o mundo verde dos transformadores. Pássaros, animais, insetos, aracnídeos, bactérias e, de vez em quando, protistas verdes compõem a população dessas áreas aparentemente sem vida.

Em relação ao mundo verde das plantas, seriam de fato azoicas. Essas interrupções temporárias da vida verde ocorrem assim como nas latitudes cobertas de neve, no inverno, quando a fotosíntese se desvanece. Tais fenômenos existiram em nosso planeta em todas as épocas geológicas. Sempre tiveram âmbitos limitados. A vida sempre tentou controlá-los, mas não conseguiu, adaptando-se, então, à existência em suas condições.

Todo lugar não ocupado pela vida na natureza, independentemente das razões de sua ocorrência, deve ser preenchido ao longo do tempo. Com frequência, uma flora e uma fauna completamente novas povoam tais reservatórios privados de vida ou parcelas de terra firme emergentes, ainda não habitadas.

Sob novas condições, surgem espécies e subespécies de organismos anteriormente desconhecidas no decorrer de períodos geológicos.

É interessante e importante que, na nova estrutura desses organismos, se possa reconhecer a estrutura e as características de seus ancestrais, mas de uma forma transformada, como é necessário para as novas condições específicas do novo ambiente (L. Kano). Essa mudança morfológica nada mais é do que uma manifestação da mesma energia geoquímica que causa a pressão da vida e afeta toda a sua área.

A qualquer momento da existência do planeta, as regiões de vegetação esparsa são de distribuição limitada, mas ainda assim existem, e em terra firme são mais visíveis do que na hidrosfera. Não sabemos o que causou essa limitação de energia geoquímica vital. Será que existe relação entre as forças terrestres que se opõem à vida e o poder da radiação solar ou de suas desconhecidas propriedades?

§ 53. A adaptação de plantas verdes para a captura de energia cósmica se manifesta não apenas em sua reprodução. A fotossíntese ocorre, principalmente nos menores plastídios microscópicos, menores que as células em que estão localizados. Uma miríade desses corpos verdes está espalhada nas plantas, e em sua massa nos dá a impressão de uma cor verde.

Olhando para qualquer organismo verde, é possível ver claramente – em pequenas coisas e em grande escala – sua adaptabilidade para capturar todas as radiações solares disponíveis. A área das folhas verdes de cada organismo vegetal individual é máxima, e sua distribuição no espaço é direcionada para assegurar que nem um único raio de luz escape do instigante aparato microscópico de conversão de energia. O raio, ao cair sobre a Terra, em todos os lugares, encontra o organismo que o captura. Esse mecanismo é móvel, e sua perfeição excede os mecanismos criados por nossa vontade e nossa mente.

Isso determina a estrutura da vegetação circundante. A área de folhas de florestas e prados é dezenas de vezes a área de plantações; gramíneas de nossas latitudes, 22 a 38 vezes; o campo de alfafa branca, 85,5 vezes; floresta de faias, 7,5 vezes etc. Nesses cálculos, o mundo orgânico estranho é levado em conta, em toda parte, preenchendo os espaços vazios obtidos durante o crescimento de grandes plantas. Em nossas florestas, as árvores são substituídas por vegetação de grama verde do solo, musgos e liquens, subindo pelos troncos, algas verdes de áreas úmidas, cobrindo-as, emergindo rapidamente sob quaisquer condições favoráveis de calor e umidade. Nos campos cultivados que cobrem a maior parte da Terra,



uma pessoa alcança com mais dificuldade, enorme gasto de energia – e muito raramente – pureza de semeadura; gramíneas verdes estranhas fazem o seu caminho em todos os lugares. Antes do surgimento do homem na natureza virgem, essa estrutura foi expressa de maneira bastante severa, e ainda podemos observar cientificamente seus restos. Nas áreas livres da “estepe virgem”, que permanecia intocada no sul da Rússia, podia-se ver o equilíbrio natural estabelecido da natureza, que teria sido revivido ali em um ou dois séculos, se a ação da vontade humana e da inteligência tivesse desaparecido. Essa estepe de capim-de-penas, *Stipa (Stipacapillata)*, foi descrita por J. K. Paczoski (1903) para a região de Kherson: “Parecia o mar; nenhuma vegetação, exceto a que chegava até a cintura, de um adulto alto, era visível; o conjunto de vegetação virgem quase sempre cobria quase por completo a superfície terrestre, sombreando-a e, assim, contribuindo para a preservação da umidade perto da própria superfície. Isso permite que entre cachos de folhas e até sob sua cobertura cresçam líquens e musgos, que são verdes mesmo no meio do verão”.

A mesma imagem de um manto verde contínuo é dada para as estepes primitivas de gramíneas da América do Sul – as savanas – por antigos observadores, a exemplo de F. Azara (1781-1801). Ele escreveu que o manto vegetal é tão denso que a Terra só pode ser vista em estradas, em riachos ou em penhascos costeiros.

Essas estepes “virgens”, saturadas de matéria verde, só eram preservadas em alguns lugares. Elas foram substituídas por campos verdes do ser humano.

Nas nossas latitudes, gramíneas verdes existem de forma periódica; sua vida está intimamente relacionada a um fenômeno astronômico – a rotação da Terra ao redor do Sol.

§ 54. Ao longo das outras manifestações da vida vegetal, vemos a mesma imagem da saturação da superfície terrestre com um manto verde. As florestas dos trópicos e dos países subtropicais, a taiga das latitudes temperadas e setentrionais, as savanas, a tundra – todas elas, como são intocadas pelo homem, são uma

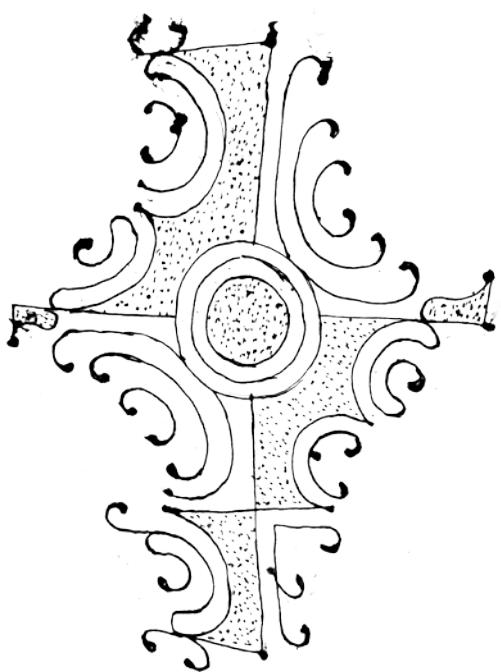
expressão diferente do manto verde ininterrupto e permanente ou recorrente do planeta. O ser humano, sozinho, transgride a ordem estabelecida; e não se sabe se ele diminui a energia geoquímica ou apenas distribui os transformadores verdes de modo diferente.

Em toda parte, as comunidades vegetais e as formas de plantas individuais são adaptadas para interceptar o raio de sol muitas vezes, para impedir que ele passe pelos plastídios microscópicos da clorofila. Não há dúvida de que, no geral, em todos os lugares, exceto pelas regiões azoicas permanente ou temporariamente privadas de vida, um raio de luz não pode atingir a superfície da Terra sem atravessar uma camada de matéria viva, deve ser cem vezes maior que a área que, caso contrário, seria um ambiente sem vida de matéria inerte.

§55. A terra firme é uma parte menor (29,2%) da face da Terra. A parte principal é ocupada pelo mar. E concentra a massa principal da matéria viva verde; é o principal transformador de energia solar radiante em produtos químicos terrestres.

A cor verde da matéria viva concentrada no mar em geral não é visível; essa substância é pulverizada sobre uma miríade de algas unicelulares verdes microscópicas, em toda a parte penetrantes. Eles flutuam livremente, às vezes condensando, às vezes liquefazendo, ao longo de toda a vastidão de milhões de quilômetros quadrados da superfície do oceano. Penetram todos os lugares que os raios solares penetram, a uma profundidade de 400 m, são trazidos pelas correntes, mas suas massas principais concentram-se a profundidades de 20 a 50 m, sobem e descem, em perpétuo movimento. Sua reprodução varia dependendo da temperatura e outras condições, aumenta ou diminui dependendo da rotação do planeta ao redor do Sol.

É quase impossível duvidar de que toda a emissão de luz do Sol seja usada aqui também. Muito corretamente, deslocam-se uns aos outros como o aprofundamento de algas verdes, azuis, marrons e vermelhas. Os vermelhos *crimsons* usam os últimos vestígios de luz solar não absorvida – sua parte azul.



Como T. W. Engelmann demonstrou, todas essas algas multicoloredas adaptam-se para a fotossíntese máxima abaixo das condições da emissão leve localizada na região da sua posição.

Essa mudança de organismos com profundidade é observada em toda parte na hidrosfera. Em alguns lugares, longe da costa ou perto dos baixios ou em formações peculiares como o mar dos Sargaços no oceano Atlântico, conectado com a história geológica da área, plâncton invisível para o olho dá lugar a enormes campos flutuantes ou florestas de algas (às vezes gigantes) e gramíneas, muito mais poderosos laboratórios de energia química, do que a maior área florestal.

A área ocupada por eles é pequena – não mais do que alguns por cento da área total de plâncton puro.

**§ 56.** Assim, a maior parte da superfície do nosso planeta, a hidrosfera, está coberta por um manto de transformadores verdes de energia cósmica. As áreas desprovidas de vegetação verde, as glaciais, pobres de vida ou azoicas, ocupam apenas 5% a 6% da superfície da Terra. Logo, a camada de matéria verde que cobre a superfície da Terra ocuparia uma superfície que não só a excederia consideravelmente, como também corresponderia, em virtude da sua manifestação, aos fenômenos cósmicos planetários.

Sem dúvida, em média, mesmo em terra, a área da camada verde, que capta os raios solares, supera em sua manifestação máxima mais de 100 vezes sua superfície coberta de vegetação. Na poderosa camada superior do oceano Mundial – cerca de 400 metros – a superfície verde da mesma espessura (aproximadamente a espessura da folha de uma planta ou a camada verde de protistas verdes terrestres) sem dúvida excederá esse valor muitas vezes. Finalmente, no caminho do raio de sol, uma superfície sólida de microscópicos transformadores de clorofila de sua energia é obtida, excedendo a superfície do maior planeta do sistema solar – Júpiter ou próximo a ele. A superfície da Terra é  $5,1 \times 10^8$  km<sup>2</sup>, a superfície de Júpiter,  $6,3 \times 10^{10}$  km<sup>2</sup>; supondo que 5% da superfície do nosso planeta seja desprovida de vegetação verde e que a área

de um raio de sol espetacular seja aumentada pela reprodução da vegetação verde de 100 a 500 vezes, a área verde, em sua manifestação máxima, será de  $5,1 \times 10^{10} - 2,55 \times 10^{11} \text{ km}^2$ , respectivamente.

É difícil restar qualquer dúvida de que esses números não são acidentais e que o mecanismo indicado está estreitamente relacionado à estrutura cósmica da biosfera. Deve estar em conexão com a natureza e a quantidade de radiação solar.

A superfície da Terra é um pouco menor do que 0,0001 da superfície do Sol ( $8,6 \times 10^{-3}\%$ ). A área verde de seu aparato transformacional já dá números de uma ordem diferente – isso equivale a 0,86 – 4,2 % da área do Sol.

**§ 57.** Nota-se, evidentemente, que a ordem desses números corresponde à ordem da parte da energia solar capturada na biosfera pela substância verde viva.

Essa coincidência pode servir como ponto de partida por meio do qual podemos começar a explicar a vegetação da Terra.

A energia solar captada pelos organismos constitui uma pequena parte daquela que atinge a superfície da Terra, que, por sua vez, recebe apenas uma pequena fração de sua radiação do Sol. De toda energia solar igual a  $4 \times 10^{30}$  grandes-calorias por ano, a Terra, segundo S. Arrhenius, recebe  $1,66 \times 10^{21}$  grandes-calorias por ano.

Somente essa energia cósmica pode ser levada em conta com a precisão atual de nosso conhecimento na área. É improvável que a radiação de todas as estrelas que atingem a superfície da Terra exceda de modo considerável 3,1% a 10% da energia solar, como já foi estabelecido por I. Newton. Considerando a radiação de todos os planetas e da Lua, nos quais grande parte é um raio solar refletido, podemos supor que a quantidade de energia recebida dessa maneira pela Terra não atingirá nem 0,01 de toda a energia recebida pela superfície da Terra do Sol.

Grande parte dessa energia é capturada pela camada superior da Terra, a atmosfera, e apenas 40% ( $6,7 \times 10^{20}$ ) calorias atingem a superfície da Terra e, portanto, estão à disposição da vegetação verde.

Dessa energia, a parte principal vai para os processos térmicos da crosta terrestre e está relacionada ao regime térmico do oceano e da atmosfera. Sem dúvida, uma parte significativa dela é capturada por esse regime e matéria viva, e não a levamos em conta no equilíbrio do trabalho químico da vida. É evidente que ela desempenha um papel enorme na geração da vida na biosfera. Mas não se manifesta diretamente na criação de novos compostos químicos, que por si só medem o trabalho químico da vida.

Para o trabalho químico, para a criação de compostos orgânicos que são instáveis no campo termodinâmico da biosfera (§ 89), a vegetação verde usa apenas certas emissões específicas na faixa de cerca de 670-735 μm (Danggeard e Desroche, 1910-1911); embora tenham um valor conhecido, outros raios (entre 300 e 700 μm) ainda têm um efeito perceptível relativamente pequeno.

Sobre isso, e não com a imperfeição do aparato de transformação, a planta verde usa apenas uma pequena parte da radiação solar que a atinge. Segundo J. Boussingault, um campo verde cultivado pode capturar 1% da energia solar incidente, transformando-a em matéria orgânica combustível. Uma área verde cultivada pode capturar 1% da energia solar transformando-a em combustível orgânico S. Arrhenius acredita que, em uma cultura intensiva, esse valor pode ser aumentado para 2%. Segundo T. Brown e R. Escombe, para uma folha verde esse valor atinge, de acordo com observações diretas, 0,72%. É pouco provável que uma área florestal utilize 0,33% (a partir de cálculos da lignina).

**§ 58.** Esses números sem dúvida são mínimos, não máximos. No cálculo de J. Boussingault, mesmo com a emenda de S. Arrhenius, a vegetação da Terra foi levada em conta, supondo-se que, de fato, aumentássemos a fertilidade do solo com a cultura, em vez de criar condições favoráveis para uma certa planta cultivada, extinguindo a vida de outras que não precisamos. Esses cálculos inevitavelmente não levam em conta a vida das “ervas daninhas” verdes e da vegetação microscópica, que desfrutam de condições favoráveis para a fertilização e o processamento. Além dos campos e da terra, temos um rico espessamento verde

da vida – pântanos, florestas úmidas e prados úmidos excedendo as plantações do homem em termos de vida (§ 150).

Ao que tudo indica, em média, a quantidade de vegetação verde por unidade de área do mar (hectare), onde sua principal massa verde está concentrada, gera números da mesma ordem que para uma unidade terrestre. A maior quantidade anual de matéria viva produzida no mar deve-se à sua taxa de reprodução mais rápida (§ 49). A matéria vegetal é absorvida tão rapidamente pelo mundo animal quanto é criada pela reprodução. Desta forma, no plâncton e benthos do oceano, criam-se tais acumulações de vida livre de clorofila animal, que são observadas apenas ocasionalmente em terra (se é que são).

Mas não importa como foi necessário aumentar o número mínimo de Arrhenius, ainda é possível aceitar que a ordem do fenômeno está correta.

A matéria absorve e utiliza, ao que parece, até 2% ou mais de energia de radiação solar. Esses 2% ou mais recaem por completo dentro da faixa de 0,8-4,2% da superfície solar, o que corresponde a área de transformação verde da biosfera (§ 56). Uma vez que a planta tem ao seu dispor 40% de toda a energia solar que cobre o nosso planeta (§ 57), os 2% usados correspondem a 0,8% de toda a energia solar que chega à Terra.

**§ 59.** Essa coincidência pode ser explicada pela admissão da existência de um aparato, no mecanismo da biosfera, que utiliza completamente uma parte definitiva da energia solar.

A área verde transformacional da Terra, criada pela energia da radiação solar, corresponderá então àquela parte dela, ao número desses comprimentos de onda particulares de raios que podem fazer trabalho químico na Terra. Podemos representar a superfície luminosa de um Sol, com uma rotação rápida, que ilumina continuamente a Terra, para obter alguma área luminosa de tamanho AB (veja a fig.1). Dessa área contínua, de cada um dos seus pontos oscilações de luz, caem na superfície da Terra, apenas m% dos quais – um determinado comprimento de onda dos raios

– pode ser convertido em energia química efetiva da biosfera com a ajuda de matéria viva verde.

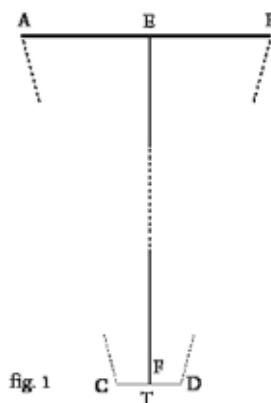
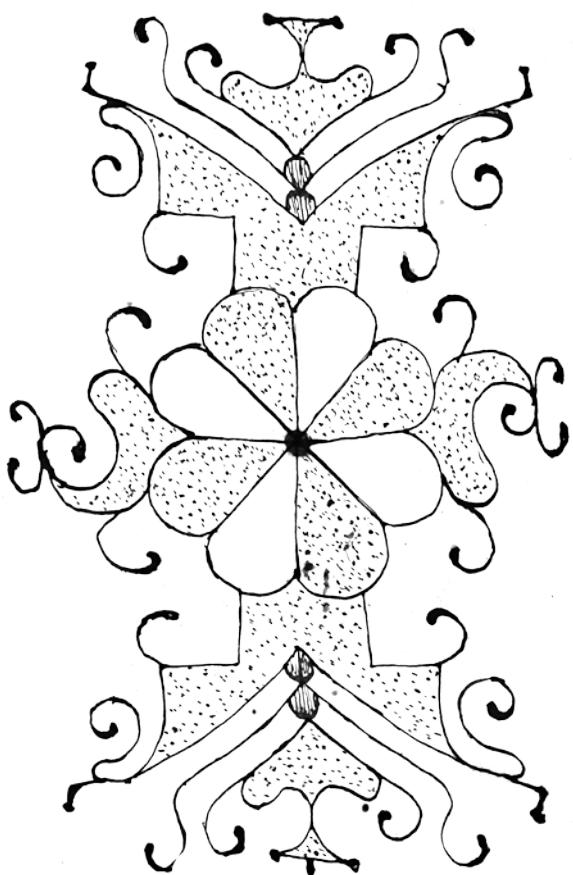


fig. 1

A superfície da Terra em rotação rápida e contínua também pode ser representada por uma superfície plana iluminada pelos raios do sol. Em vista do enorme tamanho do diâmetro do Sol em comparação com o diâmetro da Terra e a grande distância da Terra, essa área será obviamente expressa no ponto T. Será como um ponto focal de raios que emanam do Sol luminoso, partículas de poeira – plastídios de clorofila. Sua ação é proporcional à sua superfície, uma vez que muito rapidamente a camada de substância clorofila se torna opaca no dia dos raios químicos que ela converte. Substituímos aqui a superfície dos plastídios iluminados por sua área. Nesse caso, a transformação máxima por plantas verdes da energia solar ocorrerá quando houver um receptor de luz na Terra, cuja área seja igual ou maior que da área luminosa do Sol. Nesse caso, todos os raios necessários para a Terra serão capturados pelo aparelho de clorofila.

Na figura, o CD indica o diâmetro do círculo que corresponde a 2% da área luminosa do Sol<sup>8</sup>. Todo o desenho está relacionado aos diâmetros dos círculos, cujas áreas correspondem à superfície luminosa do Sol (AB) e à superfície receptora de luz da Terra (T e CD).



É provável que, entre a radiação do Sol, sua natureza (porcentagem de raios  $m$ ), a superfície de vegetação verde e as áreas azoicas, existam razões numéricas que por ora são desconhecidas para nós.

A natureza cósmica da biosfera deve ter um efeito profundo em seu futuro com essa estrutura relacionada.

**§ 60.** A matéria viva sempre retém parte da energia radiante que recebe. Tudo indica, como veremos, que a quantidade de vida na superfície da Terra varia pouco não somente em curtos períodos de tempo, mas também em períodos geológicos (a partir do arqueozoico até o presente). A estreita dependência da quantidade de vida sobre a energia radiante do Sol faz com que essa generalização empírica seja especialmente importante, pois a relaciona com a magnitude da radiação solar, cuja invariância no tempo geológico – durante a existência do sistema solar em sua forma atual – dificilmente levanta sérias dúvidas. A estreita dependência da parte principal da vida – a matéria viva verde – da radiação solar de um determinado comprimento de onda e o mecanismo da biosfera que se apresenta para nós, relacionado ao uso pleno da vegetação verde, também dá um novo indício da constância<sup>9</sup> da quantidade de matéria viva na biosfera.

**§ 61.** A quantidade de energia capturada a cada momento na forma de matéria viva pode ser calculada. De acordo com os cálculos de S. Arrhenius, a vegetação verde na forma de seus compostos combustíveis contém 0,024% da energia solar total atingindo a biosfera, ou seja,  $1,6 \times 10^{17}$  grandes-calorias.

Esse é um enorme número planetário; parece-me, no entanto, muito discreto. Anteriormente<sup>10</sup>, tentamos descobrir se o número de Arrhenius deveria ser aumentado em pelo menos 10 vezes, talvez até mais. Provavelmente, mais de 0,25% da energia solar recebida pela Terra está sempre em estoque – em matéria viva – na forma de compostos que estão em um campo termodinâmico especial, diferente do campo termodinâmico da matéria inerte da biosfera.

Apesar das enormes quantidades de substância que constantemente atravessam os organismos durante a vida, grandes quantidades, por exemplo, de oxigênio livre criado por eles (cerca de  $1,5 \times 10^{21}$  g), o efeito energético anual da vida se expressa em números menores do que os seres criados por ela, que são constantemente restaurados pela reprodução e que morrem constantemente. Lá, como mencionado (§ 45), durante o ano, as massas dos elementos, muitas vezes maiores que o peso da crosta terrestre até os 16 km de espessura, movimentam-se na ordem de  $10^{25}$  g.

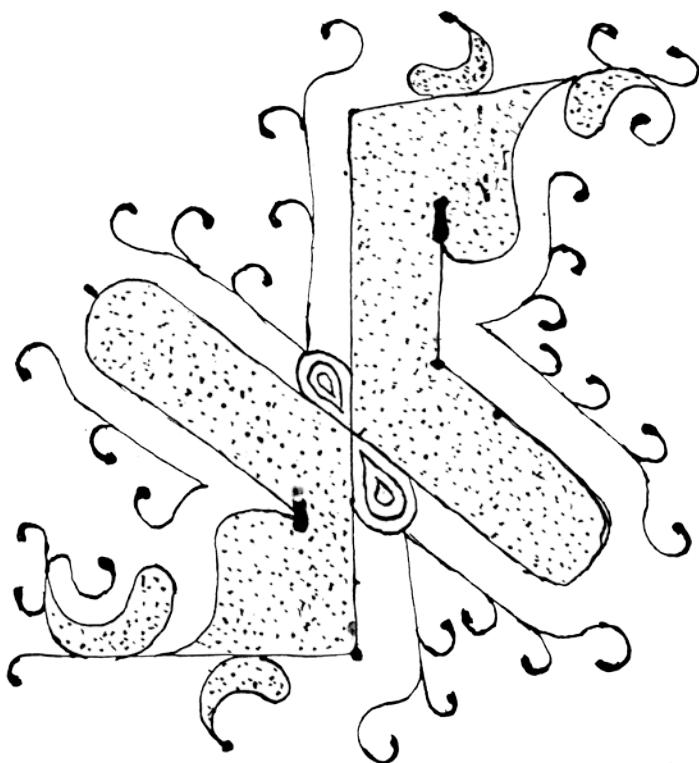
Até onde podemos levar isso em conta, a energia durante a introdução da matéria viva na biosfera durante o ano não excede tanto a energia que a matéria viva mantém em seu campo termodinâmico centenas de milhões de anos. Ele retém na forma de seus compostos combustíveis pelo menos  $1 \times 10^{18}$  grandes-calorias, e usa por ano pelo menos 2% da energia que cai na superfície da Terra e do oceano, relacionada à sua nova criação e restauração,  $1,5 \times 10^{19}$  calorias elevadas. Se esse número for mais explorado, é improvável que mude a ordem de  $10^{19}$  calorias.

Como a quantidade de matéria viva se mantém inabalável durante todo o tempo geológico, a energia relacionada à sua parte combustível pode sempre ser considerada inerente à vida. Nesse caso,  $n \times 10^{19}$  grandes-calorias por ano expressarão a energia transferida anualmente para a biosfera.

#### ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE A MATÉRIA VIVA NO MECANISMO DA BIOSFERA

§ 62. Apesar de toda sua importância, a matéria viva verde não cobre todas as principais manifestações da vida na biosfera.

A química da biosfera é toda permeada pelos fenômenos da vida capturados por sua energia cósmica e não pode ser entendida, mesmo em suas características básicas, sem que se descubra o lugar da matéria viva no mecanismo da biosfera. Mas essa química está apenas parcialmente relacionada à flora verde.



Esse mecanismo está longe de ser suficientemente conhecido para nós, mas agora já podemos indicar algumas das suas correções, que devemos considerar como generalizações empíricas.

No futuro, a imagem do fenômeno mudará indubitavelmente para nós num grau extraordinário, mas, mesmo assim, por ora, devemos, a todo instante, contar com suas imagens um tanto imperfeitas.

Resumirei de modo breve aqui alguns deles, que me parecem ser os mais básicos.

Na história da composição química da matéria viva, uma característica que regula toda a sua história geoquímica na biosfera, que foi notada pelo profundo naturalista russo K. E. von Baer, tem sido notada há muito tempo. Ele demonstrou isso para o carbono, e mais tarde o mesmo foi observado para o nitrogênio e pode ser completamente transferido para toda a história geoquímica dos elementos. Essa é a lei da economia no uso da matéria viva de corpos químicos simples, uma vez incluída em sua composição.

A economia no uso de matéria viva necessária para a vida de elementos químicos se manifesta de várias maneiras. Por um lado, é observado dentro do próprio organismo. Uma vez que um elemento o adentra, ele passa por uma longa série de estados, entra em uma série de conexões antes de sair e se perde por ele. O organismo, no entanto, introduz em seu sistema apenas as quantidades necessárias de elementos para sua vida, evitando seu excedente.

Mas esse é um lado do fenômeno ao qual K. E. von Baer tem prestado atenção, e que está obviamente conectado com a autonomia do organismo e com os sistemas de equilíbrio peculiares a ele, alcançando um estado estacionário com a menor energia livre.

Essa característica da história geoquímica do organismo em sua matéria viva, em sua totalidade, é ainda mais pronunciada. Em inúmeros fenômenos biológicos há uma manifestação da lei da frugalidade aqui. Os átomos que entraram em alguma forma de matéria viva, capturados por um único turbilhão de vida,

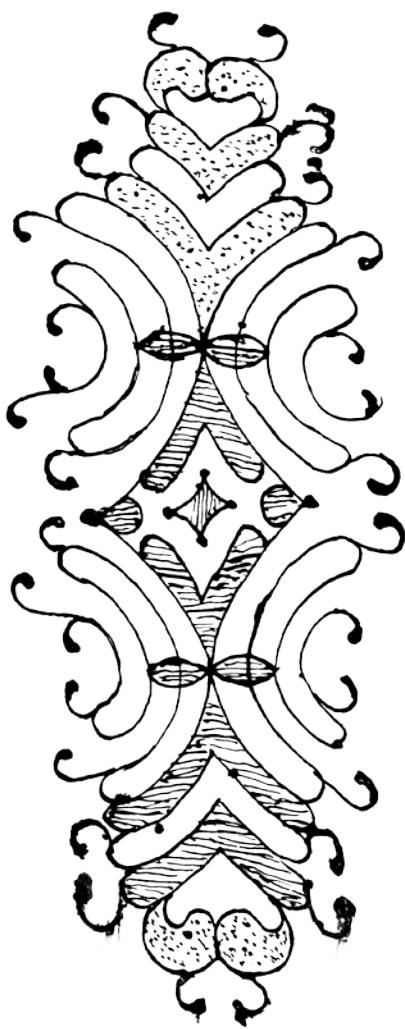
dificilmente retornam e talvez não retornem à matéria inerte da biosfera. Os organismos que assimilam outros, parasitas, organismos de simboses e saprófitas, transferem imediatamente os restos de vida recém feitos para a forma viva da matéria. Esses resíduos em grande parte vivos, impregnados de formas microscópicas, novas gerações obtidas pela reprodução – todos esses mecanismos diversos e inumeráveis – capturam os átomos em um ambiente de mudança, os mantêm nos vórtices da vida, transferindo-os de um para o outro.

E isso acontece durante todo o ciclo da vida, centenas de milhões de anos. Sem dúvida, alguns dos átomos da camada imutável da vida, cuja energia sempre se mantém ao nível da ordem de  $10^{18}$  grandes-calorias, nunca saem do ciclo de vida. De acordo com a expressão figurativa de K. E. von Baer, a vida é parcimoniosa em seu gasto de substância aprisionada, tendo dificuldade e relutância em devolvê-la. Em geral, ela faz isso há muito tempo ou não o faz.

**§63.** Graças à “lei da economia”, é possível falar em átomos remanescentes dentro da matéria viva por períodos geológicos, o tempo todo em movimento e migração, mas não voltando à matéria inerte.

Essa generalização empírica, em conexão com aquela imagem completamente inesperada e peculiar que ela nos apresenta, involuntariamente nos faz mergulhar nas consequências que podem ser feitas a partir dela, nos faz buscar suas explicações.

Não podemos fazer isso apenas de maneira hipotética. E, acima de tudo, essa generalização nos coloca uma questão que não havia sido colocada na ciência antes, mas foi levantada de uma forma diferente (em especulações filosóficas e teológicas). Os átomos retidos pela matéria viva são os mesmos que vemos na matéria inerte? Ou temos entre eles outros isótopos, suas misturas especiais? Somente as experiências podem fornecer uma resposta para esse problema, que é de grande interesse para a ciência contemporânea.



**§ 64.** Uma das manifestações mais importantes da vida que é de suma importância na biosfera (§ 42) é a troca gasosa de organismos com seu meio gasoso. Parte dessa troca gasosa foi entendida corretamente por A. Lavoisier como uma combustão. Desse modo, os átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio estão num vaivém constante no interior e no exterior dos vórtices vitais.

É provável que o combustível não atinja o substrato essencial da vida, o protoplasma. É possível que durante a vida de um organismo, os átomos de carbono, deixando o dióxido de carbono na atmosfera ou na água, provenham de uma substância externa que o adentra – alimento, e não de uma substância que constrói o esqueleto de carbono do corpo. Nesse caso, somente na base protoplasmática da vida e suas formações os átomos se juntam na matéria viva, não saindo dela.

É necessário reconsiderar a ideia da natureza da troca – o movimento dos átomos – dentro do corpo, sobre a estabilidade do protoplasma, os pontos de vista apresentados por C. Bernard e mais de uma vez levantados na ciência.

Talvez haja uma conexão entre essas ideias de C. Bernard, entre as generalizações de K. E. von Baer com relação à economia da vida e ao fato estabelecido pela geoquímica – a constância da quantidade de matéria viva na biosfera.

É possível que todas essas ideias se refiram ao mesmo fenômeno, a saber, à invariância da massa de formações protoplasmáticas na biosfera durante os períodos geológicos.

**§ 65.** Um estudo dos fenômenos da vida na escala da biosfera nos dá indícios de que as funções desempenhadas pela matéria viva, devem ser vistas como partes do mecanismo da biosfera e que as funções que a matéria viva desempenham, em seu mecanismo complexo e ordenado, estão profundamente refletidas nas propriedades e estruturas dos seres vivos.

Entre esses fenômenos, em primeiro lugar, deve-se pôr a troca de gás de organismos – sua respiração. Dificilmente pode haver qualquer dúvida sobre sua estreita conexão com a troca gasosa do

planeta, uma das mais importantes, senão a parte mais importante, da qual ela faz parte.

Em 1844, J. Dumas e J. Boussingault, em uma notável palestra em Paris, demonstraram que a matéria viva pode ser vista como um apêndice da atmosfera. Ele constrói em sua vida a partir dos gases da atmosfera – oxigênio, dióxido de carbono, água, compostos de nitrogênio e enxofre – o corpo do corpo, converte esses gases em corpos combustíveis, líquidos e sólidos, e coleta a energia cósmica do Sol na forma deles. Após sua morte e durante o processo de vida, com trocas gasosas, ela devolve à atmosfera as mesmas partes gasosas.

Essa visão é, sem dúvida, verdadeira. A conexão genética da vida com os gases da biosfera é bastante grande. É ainda mais profundo do que parece à primeira vista. Os gases da biosfera estão sempre geneticamente relacionados à matéria viva, e a atmosfera terrestre é determinada por ela em sua composição química básica.

Já apontei para esse fenômeno quando falei sobre o significado das trocas gasosas na criação e determinação da multiplicação de organismos, ou seja, a manifestação de sua energia geoquímica (§ 42).

A quantidade total de gases, como oxigênio livre e dióxido de carbono, que estão na atmosfera, consiste no equilíbrio dinâmico, em perpétua troca com matéria viva.

Os gases perdidos por uma matéria viva retornam sem interrupção a ela, e sua entrada e saída do corpo é quase instantânea. Assim, o fluxo de gás da biosfera está intimamente relacionado à fotossíntese com a fonte cósmica de energia.

**§ 66.** No entanto, depois de sua destruição, a maioria dos átomos que lá estavam imediatamente retorna à matéria viva. Uma pequena parte deles – sua porcentagem insignificante de peso – deixa o processo de vida por um longo tempo.

Essa pequena porcentagem da matéria não é acidental. Ela é, aparentemente, constante e inalterada para cada elemento. E retorna à matéria viva de uma maneira diferente, milhões de anos, milênios, depois. Nesse tempo intermediário, a substância

liberada da matéria viva desempenha um papel enorme na história da biosfera e até mesmo na crosta terrestre em geral, uma vez que uma parte significativa desses átomos vai por muito tempo dos limites da biosfera.

Estamos lidando aqui com um novo processo – com a lenta penetração da energia radiante do Sol que atingiu a superfície do planeta.

Desse modo, a matéria viva muda a biosfera e a crosta terrestre, continuamente deixando ali uma parte dos elementos químicos que passaram por ela, criando enormes massas de minerais vadosos desconhecidos além dela, ou penetram na matéria inerte da biosfera com a mais fina poeira de seus remanescentes. Por outro lado, ela viola as formas desses compostos que foram formados, além de sua influência direta com sua energia cósmica (§ 140 e segs).

Toda a crosta terrestre, a toda a profundidade acessível à nossa observação, foi modificada dessa maneira. A energia cósmica irradiada penetra cada vez mais fundo durante o tempo geológico, devido a essa influência da matéria viva. Os minerais vadosos, mudando para as formas freáticas dos sistemas moleculares, são ferramentas para essa transferência.

A matéria inerte da biosfera é, em grande parte, a criação da vida. Em relação a isso, os naturalistas-filósofos do início do século XIX, L. Aucken, J. Steffen, J. Lamarck, estavam essencialmente mais certos em sua noção sobre o significado geológico dela do que os geólogos de gerações posteriores.

Caracteristicamente, esse efeito sobre toda a substância da biosfera, em especial a criação de minerais vadosos, está relacionado à atividade de organismos aquáticos. Os reservatórios de água que se movem de modo constante no tempo geológico e distribuem as acumulações de energia química livre de origem cósmica obtida por este caminho para todo o planeta.

Ao que tudo indica, todos esses fenômenos têm o caráter de equilíbrio estabelecido, e as massas de matéria que participam de-

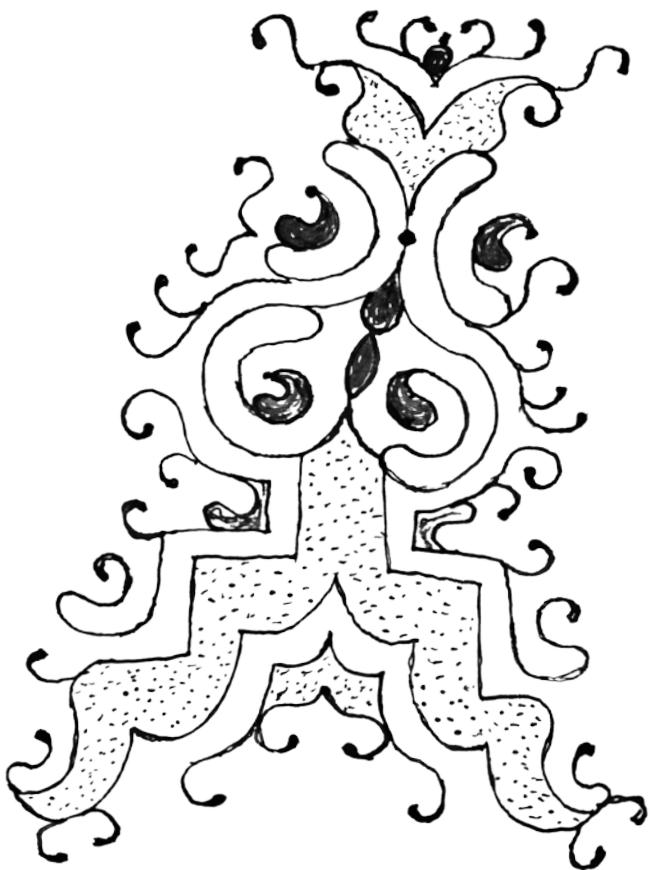
las mudam tão pouco quanto a energia do Sol que as determina, que muda nossa Terra, muda pouco.

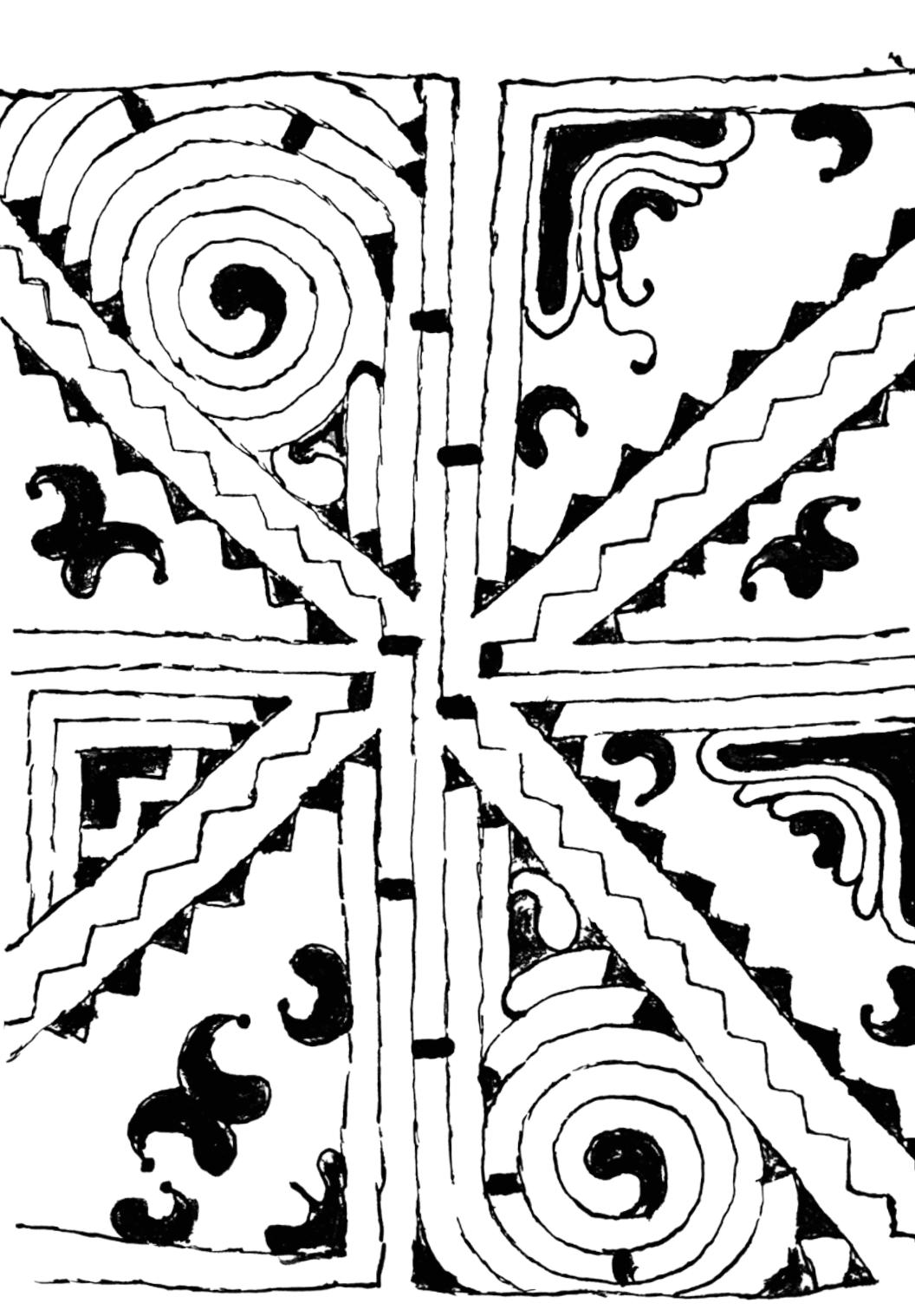
Aparentemente, todos esses fenômenos têm um caráter de equilíbrio estável, e as massas de matéria deles se modificam tão pouco quanto a energia do Sol, que as determina, e que atinge nossa Terra.

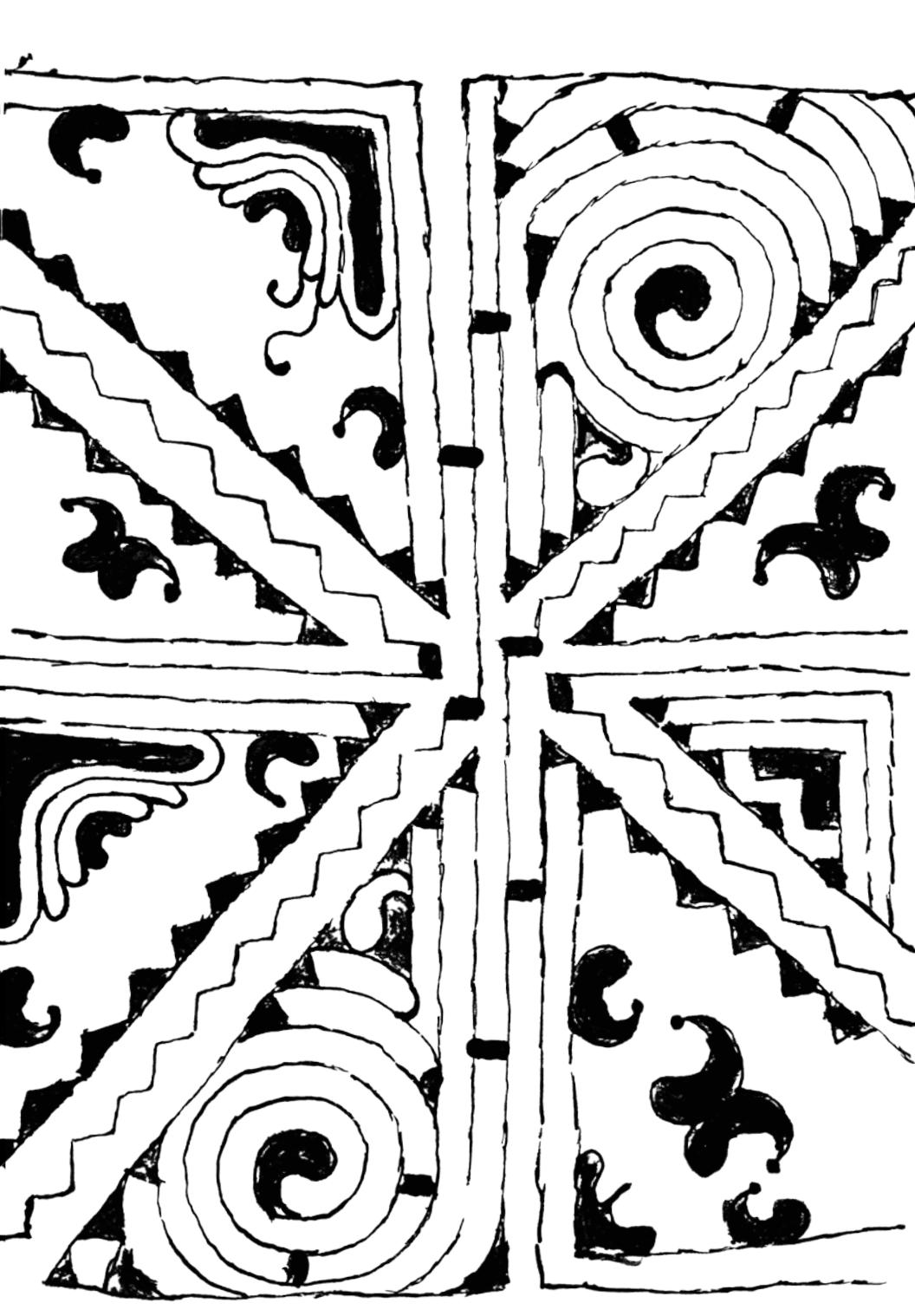
§ 67. Ao final, na camada externa – na biosfera – uma massa significativa de sua substância é capturada e coletada em organismos vivos e transformada sob a influência da energia cósmica do Sol. O peso da biosfera deve ser de cerca de 1024 g, mas a matéria viva ativa em si, a portadora da energia solar, não mede mais do que 1% do peso dessa camada externa, provavelmente até uma fração de 1%. No entanto, em alguns lugares, ela é mais predominante do que a matéria inerte e, em um estrato fino, por exemplo, no solo, pode ter um peso consideravelmente maior do que 25%.

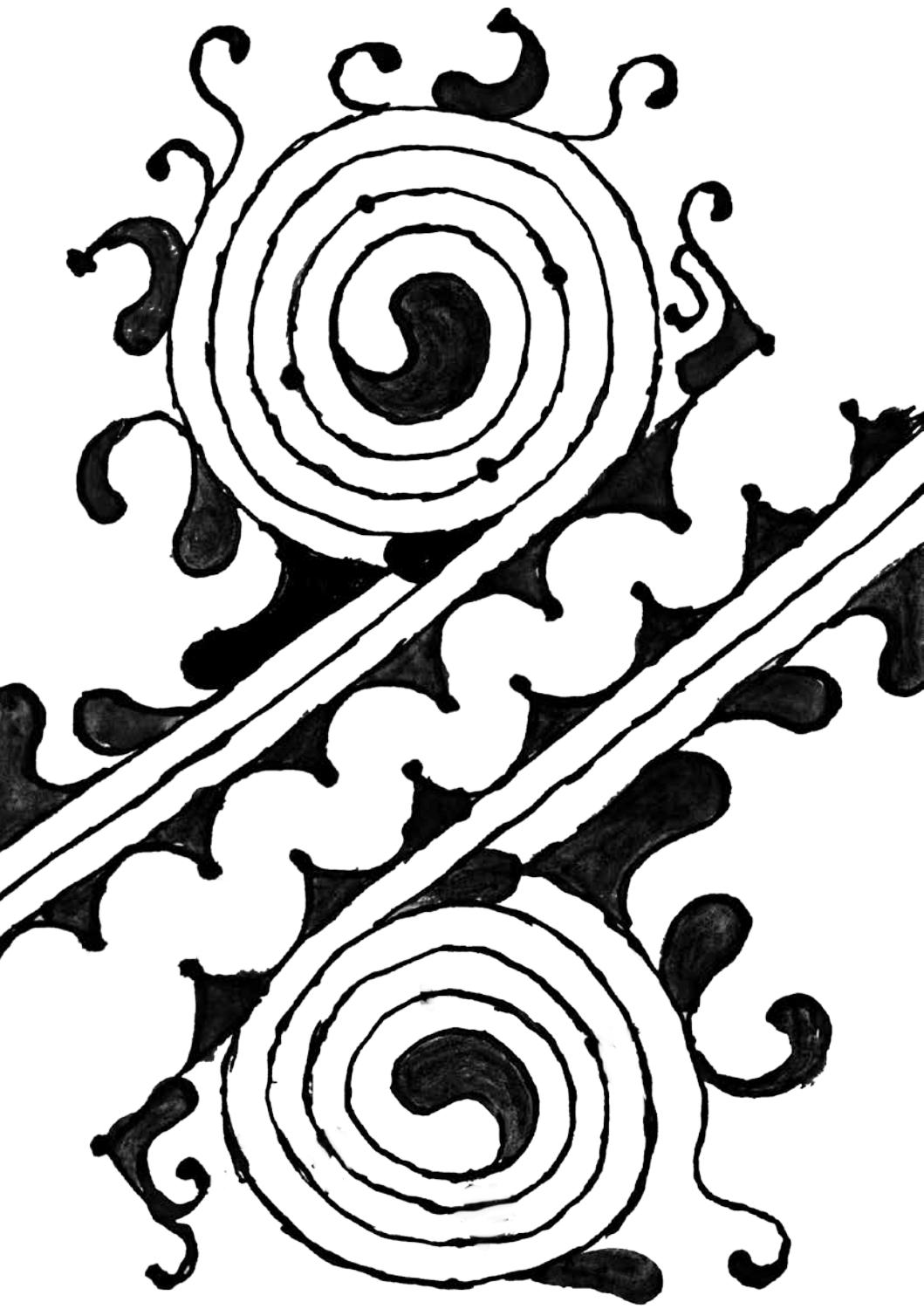
Assim, o aparecimento e a formação de matéria viva em nosso planeta é obviamente um fenômeno de natureza cósmica, e isso se manifesta de forma clara na ausência de abiogênese, ou seja, no fato de que, ao longo da história geológica, um organismo vivo tenha sempre provindo de um organismo vivo. Todos os organismos estão geneticamente conectados, e em nenhum lugar vemos que o raio do Sol pode ser capturado e a energia solar pode ser transformada em energia química fora de um organismo vivo preexistente.

Não sabemos como esse mecanismo singular da crosta terrestre, a substância da biosfera coberta pela vida que opera continuamente por centenas de milhões de anos de tempo geológico, poderia se formar. É um mistério, assim como a própria vida é um mistério na estrutura de nossos conhecimentos.









## SEGUNDO ENSAIO

# O domínio da vida

*Nos raios de fogo,  
eles dividem seu próprio mundo,  
A terra era verde, o éter estava brilhando.*

F. Tiútchev  
(1831)

### BIOSFERA – A CAMADA TERRESTRE

§ 68. O significado da vida na estrutura da crosta terrestre entrou lentamente na consciência dos cientistas e, de modo geral, até hoje ainda não é avaliado em sua totalidade.

Somente em 1875, um dos maiores geólogos do século passado, E. Suess, professor da Universidade de Viena, introduziu na ciência a ideia da *biosfera* como uma camada especial da crosta terrestre, coberta de vida. Com isso, ele acabou lentamente introduzindo na consciência científica a noção da universalidade da vida e da continuidade de sua manifestação na superfície terrestre.

Introduzindo um novo conceito de uma camada terrestre especial, que é determinada pela vida, na realidade, E. Suess expressou uma *generalização empírica* nova e grandiosa, para a qual não previu todas as consequências. Somente agora essa generalização começa a se tornar clara, graças a novos avanços científicos, desconhecidos em sua época.

§ 69. A biosfera compõe a camada superior, ou *geosfera*, de uma das grandes áreas concêntricas do nosso planeta – a *crosta terrestre*.

As propriedades físicas e químicas de nosso planeta mudam de forma natural, dependendo de sua distância em relação ao centro. Nos segmentos concêntricos, elas são idênticas, o que pode ser estabelecido por pesquisas.

É possível distinguir duas formas nessa estrutura: de um lado, as grandes áreas concêntricas do planeta estão concentradas, de outro – há subdivisões mais fracionadas, chamadas *camadas terrestres*, ou *geosferas*<sup>11</sup>.

A substância dessas áreas parece separada uma da outra e a passagem de uma área para a outra ocorre de forma extremamente lenta ou, em certas ocasiões, fixa. Essa migração não é um fato da história geológica atual.

Cada área parece, consequentemente, constituir um sistema mecânico isolado, independente dos demais.

Há centenas de milhões de anos, se não bilhões, a Terra se encontra nas mesmas condições termodinâmicas. É inevitável pensar que se estabeleceram equilíbrios estáveis e invariáveis de matéria e energia durante esse período em que não havia nenhum sistema externo (para os sistemas mecânicos de seus componentes) de entrada de energia efetiva.

É necessário pensar que, em áreas isoladas da Terra, temos sistemas mecânicos do mais perfeito equilíbrio, com exceção do influxo de energia externa a eles.

Existem pelo menos três dessas áreas: o *núcleo do planeta*, a *camada intermediária*, às vezes chamada de *sima* (de acordo com Suess), e a *crosta terrestre*.

**§ 70.** O núcleo do globo terrestre tem uma composição química completamente diferente da crosta em que nos encontramos. É possível que a substância do núcleo esteja em um estado gasoso especial (gás supercrítico), mas nossas noções sobre o estado físico da matéria nas partes mais profundas do planeta, sob pressão, em muitas dezenas, se não centenas, milhares de atmosferas, são muito conjeturais. Podemos admitir que elementos pesados ou seus compostos simples são encontrados no núcleo do planeta em um estado sólido ou viscoso, e em estado gasoso; a temperatura alta é de milhares de graus, e a baixa está próxima da temperatura do espaço exterior. Em geral, a legitimidade dessa última suposição é ignorada, e, como consequência, a avaliação dos limites de nosso desconhecimento é distorcida.

A composição química do núcleo, que é diferente e incomum em relação à crosta terrestre, decorre do elevado peso específico do planeta (5,7), em comparação com o peso específico das camadas superiores da crosta terrestre (2,7). O núcleo não pode ter um peso específico inferior a 8, talvez até 10 ou mais. Acredita-se – e isso é possível – que ele consista em ferro metálico e seus compostos metálicos.

Não há dúvida de que, a uma profundidade de 2.900 km do nível do mar, ocorra uma forte mudança nas propriedades mecânicas do planeta. Parece não haver dúvida sobre esse fato, determinado de maneira sólida pelo estudo dos terremotos.

Essa mudança nas propriedades da substância com frequência é explicada pela hipótese de que, nessas profundidades, ondas sísmicas adentrem outra área. Essa profundidade corresponderia então à superfície do núcleo metálico.

No entanto, também é possível supor profundidades menores para esse limite – 1,200 ou 1,600 km, correspondentes a outras descontinuidades observadas durante as ondas sísmicas.

**§ 71.** Novos dados sobre essa área serão obtidos muito antes do que se imaginava ser possível. Se compararmos os resultados de estudos petrogênicos com os resultados das observações sísmicas, vamos notar que rochas que contêm silicatos e aluminossilicatos ocupam um lugar muito maior na estrutura do planeta do que se pensava anteriormente. Isso se torna evidente, em especial, a partir das observações notáveis de A. e S. Mohorovičić, pai e filho, cientistas croatas. Recentemente eles chamaram a atenção para esse fato, e seu trabalho é uma conquista inquestionável em comparação com a pesquisa de seus predecessores.

**§ 72.** Agora é possível determinar algumas características essenciais da *segunda área concêntrica* da Terra, chamada por E. Suess de *sima*, que, como lhe pareceu, caracteriza-se pela predominância de átomos de Si, Mg e O.

Essa área se caracteriza, em primeiro lugar, por sua potência; ela ocupa centenas de quilômetros, talvez mais de mil quilômetros. Então é característico que nela cinco elementos químicos –

silício, magnésio, oxigênio, ferro e alumínio – desempenhem um papel muito importante. O aumento na quantidade do elemento mais pesado – o ferro – parece estar relacionado à profundidade.

É possível que rochas elhantes às principais rochas da crosta terrestre, a terceira área, também desempenhem um grande papel na estrutura da área dos simas. Segundo alguns cientistas – geólogos e geofísicos –, as propriedades mecânicas dessas rochas parecem eclogitos.

§ 73. A crosta superior da área dos simas é a *crosta terrestre*, cuja potência média é levemente menor do que 60 km e é estabelecida com precisão por várias observações independentes umas das outras: de um lado, por meio do estudo dos terremotos; de outro, por meio da medida da força da gravidade.

Uma superfície isostática separa a área do sima da crosta terrestre. Ela revela uma característica notável da área dos simas, diferenciando-a, de maneira fundamental, da área da crosta terrestre. A matéria dos simas, em todos os estratos concêntricos que se diferem dela, é homogênea.

As propriedades físicas e químicas dos simas variam concentricamente, dependendo da distância dos pontos estudados em relação ao centro do planeta. Já a matéria da crosta terrestre é diferente dentro da mesma camada concêntrica, à mesma distância do centro do planeta.

Sob essas condições, não pode haver troca significativa entre a substância dos simas e a substância da crosta terrestre.

§ 74. Esses dados nos fazem, de início, deixar de lado todo o papel da noção do sima como uma área do planeta rica em energia livre.

Em relação aos fenômenos estudados por nós, essa energia pode ser apenas potencial, e sua manifestação nunca alcançou e ainda não alcança a superfície da Terra. Ela não a alcançou mesmo durante todo o tempo geológico centenas de milhões de anos. Podemos considerar essa posição uma generalização empírica, apoiada por toda a força lógica das observações geológicas.



Em outras palavras, não existem dados que indiquem que o sima não se encontra em um estado de indiferença química, integrado e inalterado durante todo o tempo geológico, de um equilíbrio estável. A possibilidade desse estado e de seu núcleo é indicada, em primeiro lugar, pelo fato de não conhecermos, nas camadas estudadas da crosta terrestre, um único caso determinado científicamente de influxo de matéria das partes profundas do planeta que se encontre fora da crosta terrestre; e, em segundo lugar, por não haver um único fenômeno nele no qual a suposta energia livre do sima se manifeste, por exemplo, sua possível alta temperatura. A energia livre que penetra nas profundezas da superfície da Terra – o calor – está relacionada não ao sima, mas à energia atômica de elementos químicos radioativos, aparentemente concentrados sobretudo na crosta terrestre, nas camadas superiores do planeta, em condições que permitem a manifestação de sua energia em uma forma capaz de produzir trabalho.

§ 75. Entre esses fenômenos que observamos na superfície da Terra, a distribuição da força de gravidade nos dá a oportunidade de penetrar no interior do planeta de maneira mais profunda do que todos os outros fenômenos, com exceção dos terremotos.

A principal característica disso é que ele está relacionado a uma estrutura muito peculiar e definida da parte superior do nosso planeta. A distribuição da gravidade indica que grandes parcelas da crosta, de diferentes gravidades específicas (de 1, para a água, a 3,3, para espécies básicas), estão todas concentradas apenas na parte superior do planeta; elas são posicionadas de tal maneira que, na seção vertical, as áreas de luz são compensadas pelas mais pesadas e, a uma certa profundidade – na *superfície isostática* –, um equilíbrio completo é estabelecido; abaixo dela, as camadas do planeta aparecem no comprimento de cada camada com o mesmo peso específico.

A conclusão lógica disso é que, abaixo da superfície isostática, não há a possibilidade de perturbações mecânicas e diferenças químicas em camadas da mesma profundidade: deve haver um equilíbrio completo de matéria e energia.

Em vista disso, é conveniente considerar a superfície isostática o limite inferior da crosta terrestre e o limite superior do sima. Ela define uma propriedade muito importante do planeta: separa a *área de mudança* da área dos equilíbrios estáveis imutáveis.

Vimos no primeiro ensaio que a face do planeta a biosfera, a camada superior dessa área de mudança – recebe energia, suscitada por mudanças, do meio cósmico, do Sol. Sabemos e ainda veremos que existem dispositivos que transferem essa energia solar efetiva para a biosfera.

Mas há outra fonte de energia livre na crosta terrestre – a matéria radioativa, que causa perturbações ainda mais poderosas em seus equilíbrios estáveis.

Não sabemos se os átomos radioativos alcançam os simas, mas parece certo que a quantidade de substâncias radioativas não pode ser da mesma ordem da crosta terrestre, já que, de outro modo, as propriedades térmicas do planeta seriam completamente diferentes; ao que tudo indica, as substâncias radioativas – as fontes de energia livre do nosso planeta – não vão para o sima, ou desaparecem rapidamente nele.

**§ 76.** As nossas impressões sobre o estado físico da região da camada Sima são pouco conclusivas.

A temperatura dessa área, aparentemente, não é muito alta, e o estado extraordinário inerente à sua matéria é motivado principalmente pela ação de uma alta pressão. As especificidades mecânicas dessa matéria, que atinge uma profundidade de no mínimo 2000 km, são totalmente diferentes dos estados primários que conhecemos, mas em muito se assemelham ao estado sólido (S. Mohorovičić, 1921). A pressão em tais profundidades é tão grande que ultrapassa a nossa imaginação e vai além dos dados experimentais sobre os três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. Já na parte superior da camada sima, na qual a pressão atinge 20 mil atmosferas, qualquer diferença entre os estados sólido, líquido e gasoso deixa de existir, nos parâmetros comuns característicos, como pode ser concluído a partir dos experimentos de P. W. Bridgman (1925).

Naturalmente, essa matéria não pode ter uma estrutura cristalina. É possível que ela tenha uma estrutura vítrea ou uma estrutura metálica sob alta pressão; essas são as representações mais satisfatórias que podem ser apresentadas sobre o assunto.

Os estratos dessa área são bastante uniformes, homogêneos e, conforme a pressão aumenta e de acordo com a profundidade, passam a se distinguir mais.

§ 77. A profundidade da superfície isostática não é conhecida de forma exata. No início, atribuíam-lhe uma profundidade de 110-120 km. Estimativas mais recentes apresentam números mais baixos, entre 60 e 90 km.

Aparentemente, seu nível é diferente de acordo com a posição, e sua forma, invariavelmente, muda de maneira lenta sob a influência de fontes de energia livres localizadas na crosta terrestre, ao que damos o nome de mudanças geológicas.

Acima da superfície isostática está a área do planeta chamada de crosta terrestre; isso de acordo com teorias antigas da geologia, que indicam que na superfície da Terra geologicamente estudada encontramos traços e resquícios da crosta de solidificação de um planeta outrora líquido. Essa ideia estava relacionada às hipóteses cosmogônicas científicas sobre o passado da Terra, cuja expressão mais profunda está na hipótese de P. Laplace, que se difundiu no meio científico e, em determinada época, teve seu valor científico superestimado. O fato é que, pouco a pouco, descobriu-se que em parte alguma entre os estratos acessíveis puderam ser encontrados vestígios de uma crosta de solidificação primária surgida geologicamente em algum lugar do hipotético passado de fogo-líquido de nosso planeta. As hipóteses sobre o estado primário do fogo-líquido do planeta desapareceram. Mas o termo “crosta”, historicamente presente na ciência, foi preservado e adquiriu um significado diferente.

§ 78. Nessa crosta terrestre podemos distinguir uma série de camadas, distribuídas concentricamente, embora, em geral, as superfícies de sua áreas não sejam esféricas.

Cada camada concêntrica é caracterizada por seus próprios sistemas de equilíbrio dinâmico, amplamente independentes e fechados, físicos e químicos. Por vezes é difícil delimitar as camadas de maneira individual, por conta das grandes lacunas em nosso conhecimento.

Essa avaliação pode ser feita com maior precisão nas partes superiores da fase sólida do planeta e nas gasosas mais baixas. Em uma profundidade de 16 a 20 km da superfície da Terra e a uma altura de 10 a 20 km, compostos químicos chegam até nós, ou pelo menos chegavam. O estudo da formação geológica da Terra aponta para o fato de que as rochas mais profundas conhecidas não se formaram em profundidades muito maiores do que essas indicadas. A espessura de 16 km corresponde às rochas sedimentares e metamórficas mais espessas. Pode-se concluir que a composição química dos 16-20 km superiores é decorrente dos mesmos processos geológicos que estamos estudando atualmente. Essa composição, em linhas gerais, é bastante conhecida.

O conhecimento que temos além desse ponto se torna menos preciso, não apenas por não sermos capazes de estabelecer a substância com precisão, mas também porque os *estados da matéria* nesses limites de pressões altas e baixas que chegam até nós, apesar dos grandes êxitos das ciências experimentais, continuam pouco claros. No entanto, sem dúvida, aqui estamos em uma base sólida, o desenvolvimento de nosso conhecimento é lento, porém constante. E, obviamente, nossas velhas representações sobre a crosta terrestre passam por uma importante reformulação, que acaba de ser iniciada.

**§79.** A partir desse ponto de vista, é necessário notar alguns dos fenômenos importantes para o entendimento do conceito de crosta terrestre.

Em primeiro lugar, nas camadas gasosas mais altas do planeta, a matéria se encontra em um estado completamente diferente daquele que estamos acostumados a ver ao nosso redor. É possível que estejamos lidando (acima dos 80-100 km) com uma área do



planeta diferente da crosta terrestre. Aqui, em um ambiente material rarefeito, enormes reservas de energia livre concentram-se na forma de elétrons e íons, cujo significado na história do planeta não está claro para nós.

Agora nos parece quase certo que o intenso estado líquido-ardente das camadas internas do planeta, cuja manifestação era considerada rochas vulcânicas que se derramam sobre a superfície da Terra, não existe. No entanto, é necessário admitir a existência de áreas grandes ou pequenas de magma, isto é, de silicato quente líquido e viscoso ( $600\text{-}1000^{\circ}$ ), repleto de gases, derretido em uma camada sólida quente e viscosa ou semissólida predominante. Nada indica que os focos de magma penetram toda a crosta terrestre e que a temperatura de toda a crosta seja tão alta quanto a temperatura desses derretimentos quentes e ricos em gás.

**§ 80.** Embora a estrutura da parte mais profunda da crosta terrestre ainda esconda muitos mistérios, nos últimos anos, o progresso da ciência nesse campo levou a realizações notáveis.

A crosta terrestre, ao que tudo indica, é constituída de rochas ácidas e básicas, o que podemos observar em sua superfície. As rochas ácidas, granitos e granodioritos estão localizados sob os continentes, e sua espessura atinge cerca de 15 km, às vezes um pouco menos. As principais rochas predominam nas profundezas.

Sob a hidrosfera, elas se aproximam da superfície terrestre. Essas rochas são mais pobres em energia livre e elementos químicos radioativos.

Ao menos três camadas devem ser admitidas abaixo da superfície terrestre. Uma delas, a superior, corresponde às rochas ácidas (camada de granito). Ela acaba a uma profundidade de 9-15 km abaixo da superfície e é comparativamente rica em elementos radioativos.

Por volta de 34 km abaixo da superfície, revelou-se uma nova mudança abrupta nas propriedades da matéria (H. Jeffreys, S. Mohorovičić), que mostra, possivelmente, o limite inferior da existência do estado cristalino da matéria. Trata-se, a princípio,

do limite superior da camada vítreia de R. Daly (1923). Por baixo dessa camada encontramos as rochas básicas, parcialmente ácidas, em um estado similar ao vidro, que nos são pouco conhecidas.

A segunda mudança mais acentuada pode ser vista a uma profundidade média de cerca de 60 km da superfície terrestre; é, provavelmente, o resultado do surgimento de rochas pesadas, cuja influência se faz perceber nos eventos sísmicos, possivelmente os eclogitos<sup>12</sup> cuja densidade é superior a 3,3-3,4.

Aqui ingressamos na camada sima, na qual o peso específico das rochas aumenta cada vez mais e atinge, no limite, 4,3-4,4 (L. Adams e E. Williamson, 1925). Essas breves observações mostram, em linhas gerais, a complexidade do fenômeno.

§ 81. O descobrimento das camadas terrestres vem acontecendo empiricamente há muito tempo. Algumas delas, como é o caso da atmosfera, ocorreram há séculos, e sua existência se tornou um conceito de domínio público.

Mas foi apenas no final do século XIX e início do século XX que os motivos para a separação foram entendidos, e, até agora, a compreensão de seu significado na estrutura da crosta terrestre não faz parte do entendimento científico comum.

A separação está estreitamente relacionada à química da crosta terrestre e sua existência é uma consequência do fato de que todos os processos químicos na crosta obedecem às mesmas leis de *equilíbrio mecânico*.

Por conta disso, na incrível complexidade da estrutura química da crosta terrestre ainda se mostram e se lançam aos olhos características comuns que tornam possível distinguir, em fenômenos naturais complexos, de forma empírica, seus estados principais, e classificar seus sistemas complexos de equilíbrio dinâmico, que, de maneira simplificada, correspondem às camadas da terrestres.

As leis de equilíbrio, em uma forma matemática geral, foram apresentadas por J. Gibbs (1884-1887), que as reduziu a relações passíveis de existir entre variáveis independentes que caracterizam processos químicos ou físicos, tais como: temperatura,

pressão, estado físico e composição química dos corpos participantes dos processos.

Todas as camadas terrestres (geosferas) determinadas de uma maneira puramente empírica podem ser caracterizadas por algumas variáveis que estão incluídas nos equilíbrios estudados por Gibbs.

Dessa forma, é possível distinguir as camadas termodinâmicas, determinadas pelos valores de temperatura e pressão; *camadas de fase*, caracterizadas pelo estado físico (sólido, líquido etc.), que integram seus corpos; e, finalmente, por *camadas químicas*, que se diferem por sua composição química.

Apenas a *biosfera*, camada destacada por E. Suess, ficou de fora. Sem dúvida, todas as suas reações estão sujeitas às leis do equilíbrio, mas caracterizam uma nova propriedade, uma nova variável independente, não levada em conta por J. Gibbs.

§ 82. As variáveis independentes dos equilíbrios não homogêneos, estudadas em nossos laboratórios químicos e comumente levadas em consideração – tais como temperatura, pressão, estado e composição de uma substância – não conseguem cobrir todas as formas teoricamente possíveis. Gibbs estudava, de forma matemática, os equilíbrios eletrodinâmicos. As várias forças da superfície de contato são de grande importância para o equilíbrio natural terrestre. Uma maior atenção foi dada à química do fenômeno da fotossíntese, segundo a qual a energia da luz radiante é uma variável independente. Nos fenômenos de cristalização, levamos em conta as energias cristalinas vetorial – por exemplo, energia interna nas duplicadas, e superficial em todos os cristais.

Ao introduzir a energia solar nos processos físico-químicos da crosta terrestre, os organismos vivos se mostram essencial e nitidamente diferentes das outras formas independentes da biosfera. Assim como as demais formas, os organismos vivos mudam o curso de seus equilíbrios, mas, ao contrário delas, representam formações autônomas especiais, como sistemas secundários especiais de equilíbrio dinâmico, no campo termodinâmico primário da biosfera.

A autonomia dos organismos vivos expressa o fato de que o campo termodinâmico, característico deles, tem parâmetros completamente diferentes daqueles observados na biosfera. A esse respeito, os organismos, muitos de forma bastante nítida, mantêm sua temperatura em um ambiente que apresenta outra temperatura, por possuir sua própria pressão interna. Eles estão isolados na biosfera, e seu campo termodinâmico tem importância para eles apenas no sentido de determinar a área de existência desses sistemas autônomos, mas não no campo interno deles. Do ponto de vista químico, sua autonomia é muito afetada pelo fato de os compostos químicos ali formados em geral não poderem ser realizados fora deles sob as condições usuais do ambiente inerte da biosfera. Ao se encontrar nas condições desse ambiente, eles inevitavelmente se tornam instáveis, decompõem-se nele, transfiram-se para novos corpos e, dessa forma, tornam-se perturbadores do equilíbrio desse meio, além de fonte de energia livre.

São obtidos como matéria viva e, muitas vezes, em condições muito diferentes daquelas que observamos na biosfera. Por exemplo, a decomposição de moléculas de dióxido de carbono e água não se desenvolve e não é observada, mesmo sendo um dos principais processos bioquímicos. No nosso planeta, ela só pode ocorrer nas áreas profundas da magnetosfera, fora da biosfera. Em nossos laboratórios, podemos reproduzi-la apenas mediante altas temperaturas que não existem na biosfera. É claro que o campo termodinâmico da matéria viva é muito diferente do campo termodinâmico da biosfera, independentemente de como explicamos essa diferença. De modo empírico, os organismos vivos podem ser descritos como especiais, alheios à biosfera; nela existem campos termodinâmicos limitados, de tamanho insignificante se comparados a ela, transportando a energia do raio solar e a energia nela criada. Seus tamanhos variam de  $n \times 10^{-15}$  a  $n \times 10^{-12} \text{ cm}^2$ .

Por mais que expliquemos sua existência e sua formação na biosfera, não há dúvida sobre a mudança de todos os equilíbrios químicos nela. Assim, as leis gerais de equilíbrio não são perturbadas,

e os seres vivos, tomados como um todo, ou seja, a matéria viva correspondente a eles, pode ser considerada uma forma especial de variáveis independentes do campo energético do planeta.

§ 83. Essa influência dos seres vivos está estreitamente relacionada à sua alimentação, respiração, destruição e morte, ou seja, àqueles processos da vida nos quais os elementos químicos ingressam e são liberados.

De modo empírico, não há dúvida de que os elementos químicos, ao ingressar em um organismo vivo, encontram nele um ambiente cuja similaridade não pode ser encontrada em nenhum outro lugar de nosso planeta. Ao expressarmos esse fenômeno, queremos dizer que, ao ingressar nos organismos, os elementos químicos entram em uma nova forma de permanência.

Toda a história desses elementos em sua nova forma de disposição é extremamente diferente da sua história em outras partes do nosso planeta. Tal diferença está sem dúvida associada a uma mudança profunda dos sistemas atômicos na matéria viva. O fato é que há razões convincentes para se acreditar que elementos químicos não produzem misturas de isótopos. Os experimentos devem dar o veredicto sobre o assunto.

Durante certo tempo se relacionava – e ainda há pessoas que o fazem – as características especiais e específicas da história dos elementos químicos entre os seres vivos à enorme predominância dos sistemas coloidais na composição dos elementos. No entanto, os mesmos sistemas coloidais são observados em outros casos na biosfera e claramente não estão relacionados aos organismos vivos. De acordo com nossas novas concepções, os sistemas dispersos (coloides) estão sempre associados às moléculas, mas não aos átomos. Esse fato, por si só, é suficiente para deixarmos de buscar explicações sobre as variações dos elementos químicos no estado coloidal, uma vez que as formas encontradas são caracterizadas pelo estado dos átomos.

§ 84. O conceito de formas de representação dos elementos químicos foi introduzido por mim, em 1921, como uma generalização

empírica. Com esse conceito considero que os elementos químicos podem ser classificados em diferentes modalidades em virtude do estado de seus átomos em diferentes campos magnéticos e áreas concretas nas quais manifestações nitidamente diferentes são observadas, e reduzidas, de acordo com nossos conceitos modernos, a diferentes conjuntos especiais de átomos – diferentes para cada uma de suas formas de apresentação.

Por outro lado, é claro que as formas de representação dos elementos químicos podem ser muitas e estão longe de serem todas passíveis de observação nos campos termodinâmicos de nosso planeta.

Assim, é evidente que os átomos dos sistemas estelares devem ser estudados em estados diferentes, impossíveis nas condições da Terra; e vemos que a eles são atribuídos tais estados especiais, por exemplo, para explicar seus espectros (átomos ionizados, de acordo com M. Saha). Isso acontece para que sejam observadas as enormes massas de algumas estrelas.

Para explicá-las, é necessário admitir a concentração em seu centímetro cúbico de milhares e até dezenas de milhares de gramas de matéria (A. Eddington)<sup>13</sup>. É óbvio que esses estados dos átomos estelares implicam em disposições ausentes na crosta terrestre. Outras combinações, igualmente ausentes no planeta, podem ser observadas no Sol, na coroa solar (gás de elétrons), em nebulosas, cometas, no núcleo terrestre.

**§ 85.** Distinguimos as substâncias vivas, como combinações especiais com a presença de átomos de modo puramente empírico, sem conseguir imaginar com precisão as mudanças que os átomos sofrem ao ingressar nelas. No entanto, a certeza da conformidade desses átomos encontrados na crosta terrestre com outras combinações descobertas nos induz a pensar que pesquisas posteriores poderão revelar as mudanças que os sistemas atômicos sofrem quando ingressam na matéria viva.

Cabe estabelecer, em caráter empírico, as diferentes formas em que se ordenam os átomos existentes na crosta terrestre. Eles se distinguem simultaneamente por: 1) um campo termodinâmico

próprio para cada modalidade; 2) uma manifestação atômica particular; 3) um histórico geoquímico de cada elemento específico e 4) uma determinação muitas vezes peculiar apenas a uma determinada forma da relação de átomos de diferentes elementos entre si (paragênese).

§ 86. De acordo com o exposto acima, podemos identificar quatro formas distintas de manifestação dos elementos químicos na crosta terrestre, pelas quais passam ao longo do tempo e que caracterizam suas histórias.

As quatro fases em questão seriam: 1) *rochas compactas e minerais*, nas quais predominam as moléculas e os cristais de combinações de elementos estáveis e imóveis; 2) *magmas* – misturas viscosas de gases e líquidos, que se encontram em estado de mescla móvel dos sistemas atômicos desagregados, em que não há cristais nem moléculas, o que significa um distanciamento da nossa química tradicional<sup>14</sup>; 3) *dispersão dos elementos*, quando diferentes elementos se encontram em estado livre, separados uns dos outros. Muito provavelmente, os elementos se encontram ionizados<sup>15</sup> em alguns casos, ou tenham perdido parte de seus elétrons; aqui nos referimos a um estado particular dos átomos, que responde à matéria radiante de M. Faraday e W. Crookes; e, finalmente, 4) *matéria orgânica*, cujo estado atômico não podemos definir e à qual nos inclinamos a atribuir um estado molecular de sistemas dissociados de íons, de formatos dispersos. Tais representações nos parecem empiricamente insuficientes. O mais provável é que, em um organismo vivo, além dos isótopos (§ 83), a simetria dos átomos (simetria dos campos atômicos) desempenhe uma função importante para a qual damos pouca atenção.

§ 87. A forma de representação dos átomos (elementos químicos) desempenha, nos equilíbrios heterogêneos, a mesma função que as outras variáveis independentes: temperatura, pressão, composição química e estados físicos da matéria (fases). Formas semelhantes de representação dos átomos caracterizam as biosferas, camadas concêntricas da crosta terrestre.

Em relação às camadas termodinâmicas (§ 81) e químicas indicadas, devemos adicionar outras camadas específicas, determinadas por outras formas de representação dos elementos químicos. Podemos chamá-las de paragenéticas, pelo fato de, de maneira geral, caracterizarem os elementos de paragêneses, ou seja, leis de existência simultânea. A biosfera é uma dessas camadas paragenéticas mais acessíveis e conhecidas.

§ 88. O conceito da estrutura da crosta terrestre a partir de certas estruturas termodinâmicas, químicas, de estados físicos e paragenéticas é uma das típicas generalizações empíricas. Trata-se, no entanto, de uma concepção que não tem explicação, isto é, não está relacionada a nenhuma teoria da formação da Terra ou a quaisquer modelos de nossos pensamentos sobre o Universo.

De tudo o que foi dito anteriormente, podemos concluir que, de um lado, tal formação é o resultado da interação de forças cósmicas e, de outro, de matéria e energia do nosso planeta. O tipo de matéria, as relações quantitativas dos elementos, por exemplo, não são fortuitas e não estão relacionadas exclusivamente a motivos geológicos.

Uma generalização empírica, representada esquematicamente na *Tabela 1*, servirá de base para toda a nossa análise a seguir.

Essa tabela, como qualquer generalização empírica, deve ser considerada uma primeira aproximação com a representação da realidade, sujeita a novas alterações e novos acréscimos. Sua importância se torna maior quanto maior for o material empírico real com base na qual foi formada.

A esse respeito, seu valor é muito desigual.

No que consiste a maior parte da primeira camada, a superior, termodinâmica (caracterizada por suas variáveis independentes), bem como a quinta camada, e as inferiores, nosso conhecimento se resume a um conjunto de fatos relativamente escasso, baseado na generalização empírica de conjunturas e extrapolações.

Dadas as circunstâncias apontadas, o nosso conhecimento nesse âmbito é muito pouco confiável e muda rapidamente com o



# CAMADAS TERRESTRES

## I. CAMADAS TERMODINÂMICAS

### 1. *Camada superior*

Área de pressão desprezível e baixa temperatura:  
15-600 km

(superior a 100 km é possivelmente outra área do planeta).

### 2. *Camada da superfície*

Pressão próxima a uma atmosfera. Temperatura entre os limites de + 50 e 50°.

### 3. *Camada metamórfica superior*

(área de cementação)  
A temperatura é ainda inferior à temperatura crítica da água. A pressão não altera por completo as propriedades do estado sólido.

### 4. *Camada metamórfica inferior*

(região de anamorfismo)  
A temperatura é superior à temperatura crítica da água. A pressão faz a matéria se tornar plástica.

### 5. *Magmosfera*

A temperatura não atinge o estado crítico de todos os corpos (?). Limite da crosta terrestre (?)

### 6. *Barisfera*

A temperatura atinge a temperatura crítica para todos os corpos (?)

## II. CAMADAS DOS ESTADOS DA MATÉRIA

### 1. *Estratosfera superior*

Gases rarefeitos. Íons. Elétrons acima dos 80-100 km.

### 2. *Estratosfera*

Gases rarefeitos, em área de transição para a troposfera. Acima dos 10-15 km.

### 3. *Troposfera*

Gás ordinário. 0~10-15 km.

### 4. *Hidrosfera*

Envoltura líquida. 0-3,8 km

### 5. *Litosfera sólida*

Caracterizada pelo estado cristalino da matéria.

### 6. *Litosfera vitrea*

Ausência de estado cristalino sólido por conta da alta temperatura e pressão.

Vidro penetrado por gases.

### 7. *Magmática -*

Líquido viscoso, infundido por gás em meio sólido e quente (?)

### 8. *Gases de alta pressão (?)*

Gás supercrítico (?)

III. CAMADAS QUÍMICAS	IV. CAMADAS PARAGENÉTICAS	V. CAMADAS RADIANTES
<b>1. Hidrogênio (?)</b> Possivelmente, nitrogênio sólido bastante rarefeito. Acima de 200 km.	<b>1. Camada atômica</b> Área dos elementos dispersos. Os átomos livres são estáveis.	<b>1. Camada eletrônica</b>
<b>2. Hélio (?)</b> 1 10-200 km	<b>2. Camada gasosa</b> Formada por moléculas e átomos (?)	<b>2. Camada ultravioleta</b> Radiação por ondas curtas e pelos raios penetrantes cósmicos. Emanação radioativa.
<b>3. Nitrogênio (?)</b> >70 km (?)	<b>3. Biosfera</b> Área da vida e dos coloides.	<b>3. Camada luminosa</b> Radiações de aspecto ordinário e térmico, emanações radioativas.
<b>4. Nitrogênio e oxigênio</b> (atmosfera)	<b>4. Região de moléculas e cristais.</b> Compostos químicos	<b>4. Camada térmica e radioativa</b> Ondas radioativas em volume variável.
<b>5. Hidrosfera</b> 0-3,8 km	<b>5. Camada magmática</b> Sem compostos químicos. Repleta de gases.	<b>5. Radiações térmicas</b> Ausência de processos radioativos
<b>6. Crosta de alteração superior</b> Caracterizada por água, oxigênio livre e ácido carbônico.		
<b>7. Camada sedimentar</b> (estratosfera) Antiga camada de alteração superior. Até 5 km de profundidade e mais.		
<b>8. Camada granítica</b> (para e ortogenesis)		
<b>9. Camada basáltica</b>		
<b>10. Camada de silício e ferro (?)</b>		



progresso científico. Podemos esperar aqui, por conta do progresso das ciências físicas, que nos próximos anos tenhamos novas conquistas e mudanças nas visões dominantes. Como consequência dos intensos avanços atuais no campo das ciências físicas, para os próximos anos são esperadas grandes descobertas que podem causar uma reviravolta no pensamento vigente.

O limite exato entre as camadas, na maioria dos casos, não pode ser demarcado. Tudo indica que as superfícies que as separam mudam com a passagem do tempo; às vezes, essas mudanças ocorrem rapidamente.

A forma das camadas é muito complexa e instável<sup>16</sup>.

Para as questões abordadas nesses estudos, a natureza de nosso conhecimento sobre esses itens não é muito importante, pois a biosfera está inteiramente fora dessas camadas da crosta terrestre e da parte da tabela que se baseia em um vasto material empírico, estando livre de hipóteses, adivinhações, conjunturas e extrações.

**§ 89.** De todos os fatores que determinam os equilíbrios químicos, a temperatura e a pressão, bem como as camadas termodinâmicas, dispõem de especial importância. Já que intervêm em todas as representações que adotam a matéria, em todos os seus estados e combinações químicas, nossa formação do espaço, seu modelo, é sempre termodinâmico. Por esse motivo, na história dos elementos da crosta terrestre, é importante classificar a procedência da matéria e os fenômenos relacionados a ela que surgem de diferentes *camadas termodinâmicas*.

Doravante, passarei a chamar de *vadosos* os fenômenos relacionados com a segunda camada termodinâmica (superficial); de *freáticos*, aqueles relacionados à terceira e quarta camadas (metamórficas); e *juveniles*, quando relacionados à quinta.

A matéria da primeira e da sexta camadas não alcança a biosfera, ou não é observada nela.

## A MATÉRIA VIVA DE PRIMEIRA E SEGUNDA ORDEM NA BIOSFERA

**§ 90.** Os limites da biosfera estão determinados, em primeiro lugar, pela existência de vida. A vida se desenvolve unicamente em um meio determinado, em meio a determinadas condições físicas e químicas.

Porém, pouco se duvida de que o campo de sustentabilidade da vida vá além desse meio. Nem sequer sabemos o quanto podemos sair desse meio, o que torna impossível avaliar quantitativamente a capacidade adaptativa dos organismos ao longo do tempo geológico. Sabemos que a adaptação é uma função de tempo e se manifesta na biosfera em estreita correspondência com os milhões de anos de sua existência.

Não dispomos de milhões de anos, e sequer podemos substituir o fator tempo por outro em nossos estudos.

Todas as nossas pesquisas conduzidas sobre os organismos vivos, desde tempos incomensuráveis<sup>17</sup>, são adequadas às condições ambientais, à biosfera, e, para tanto, desenvolveram matéria e estrutura para viver nela. No entanto, sabemos que essas matérias são modificadas ao longo dos ciclos do período geológico; ignoramos as grandezas de tais modificações e hoje somos incapazes de mensurá-las a partir de estudos dedicados apenas ao seu caráter químico<sup>18</sup>.

A principal conclusão que podemos tirar é que a vida na crosta terrestre cobre uma área de camadas menor do que o campo de sua possível existência, e, apesar do fato de o estudo da natureza ter confirmado no passado, e continuar confirmando constantemente nossa crença de que a vida se adaptou a essas condições, os organismos, ao longo de séculos, evoluíram com a finalidade de existir na biosfera.

Podemos expressar melhor essa impressão de nosso estudo da natureza, que é a base de todo o nosso trabalho científico, em uma generalização empírica inconsciente, uma afirmação de que a vida gradualmente se adaptou à biosfera e que a adaptação ainda não está concluída (§ 112, 122). A pressão de vida (§ 27 e § 51) é refletida na extensão dos limites do campo da vida no campo da biosfera.

*O campo de estabilidade da vida nada mais é do que o resultado da adaptação atingida ao longo do tempo.* Não constitui, no entanto, um resultado permanente e imutável. Seus limites atuais não são suficientes para nos dar uma ideia clara dos limites possíveis para a manifestação da vida.

Tal campo, como pode ser confirmado pelos estudos de paleontologia e ecologia, tem se ampliado de forma paulatina e gradual.

§ 91. O campo existencial para os organismos vivos não é determinado apenas pelas propriedades físico-químicas da matéria orgânica, pelas propriedades do meio nem pela adaptação do organismo a tais condições. As condições de respiração e alimentação do organismo, ou seja, a seleção ativa por parte dos organismos dos elementos necessários para a vida, desempenham um papel bastante importante e característico.

Já destacamos anteriormente a importância fundamental das trocas gasosas: a respiração dos organismos, tanto para o estabelecimento de seu regime energético quanto para o regime gasoso de todo o planeta, em particular, da biosfera. Tal troca, juntamente com a alimentação dos organismos, ou seja, o transporte de matérias sólidas e líquidas que os organismos realizam do meio para a área autônoma do organismo (§ 82), determina a região de seu *habitat*.

O fenômeno em questão já foi abordado por mim quando destaquei a absorção e transformação da energia solar por parte dos organismos verdes (§42). Considero que haja a necessidade de voltarmos ao tema, agora de forma mais detalhada.

A fonte da qual os organismos extraem os elementos necessários para viver desempenha um papel decisivo no processo de alimentação e respiração.

A partir de tal raciocínio, os organismos se classificam em dois grupos claramente distintos: *matéria viva de primeira ordem* – organismos autótrofos, que não dependem de outros organismos para se alimentar –; e *matéria viva de segunda ordem*: – organismos heterótrofos e mixotróficos. A divisão dos organismos em três grupos, de acordo com o tipo de alimentação, foi apresentada pela

primeira vez na década de 1880 pelo filósofo alemão W. Pfeffer e constitui uma generalização empírica importante, com desdobramentos ricos e variados. Sua importância para a compreensão da natureza é maior do que em geral se pensa.

Os organismos autótrofos constroem seus corpos inteiros de matéria inorgânica, “morta” exclusivamente; todos os compostos “orgânicos”, compostos de nitrogênio, oxigênio, carbono e hidrogênio, constituintes essenciais de sua massa corporal, são obtidos do reino mineral. Os organismos heterótrofos utilizam como nutrientes os compostos orgânicos preexistentes, criados por outros organismos vivos. O carbono e o nitrogênio, em particular, são extraídos, em especial ou em sua totalidade, de materiais orgânicos. Nos organismos mixotróficos, em relação ao carbono e ao nitrogênio, os alimentos são compostos criados tanto pela matéria viva quanto pelas reações químicas da matéria.

§ 92. Sem dúvida a questão da fonte a partir da qual os organismos extraem os elementos necessários para a vida é mais complicada do que parece à primeira vista, mas acredita-se que a classificação apontada por W. Pfeffer seja um traço fundamental para toda a natureza viva.

Não existe um organismo sequer que não esteja relacionado, ao menos em parte, à matéria inorgânica, seja pela alimentação, seja pela respiração. A separação dos organismos autotróficos é baseada no fato de que eles são independentes da matéria viva para todos os elementos químicos; todos podem ser obtidos a partir de seu ambiente indireto, inorgânico, circundante.

Eles extraem os elementos necessários para a vida de certas moléculas e compostos de elementos.

Um grande número de moléculas confinadas na biosfera, necessárias para a vida, não deixa de ser um produto final, pelo fato de que não haveria vida no mundo inerte se elas não existissem. Isso ocorre, por exemplo, com o oxigênio livre ( $O_2$ ) e com a maioria dos gases, tais como:  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  etc. O papel da vida na gênese das soluções aquosas naturais não é menor. Os fenômenos

da alimentação e da respiração estão intimamente relacionados a tais soluções. A água natural, e não aquela que é quimicamente pura, é necessária para a vida tanto quanto a troca gasosa.

No que se refere ao fato de a vida transformar profundamente o caráter dos corpos químicos da matéria inerte no meio em que se manifesta, convém assinalar os limites da autonomia dos organismos autótrofos em relação a aqueles. Não se pode, no caso, tirar a conclusão mais lógica e muito difundida de que os organismos autótrofos atuais poderiam existir sozinhos no planeta. Eles não apenas se originam sempre dos mesmos organismos autotróficos, mas recebem os elementos de que necessitam para essa existência a partir de formas de matéria inerte que estariam ausentes se a vida dos organismos não tivesse sido criada antes.

**§ 93.** Assim, o oxigênio livre é uma necessidade para que os organismos autótrofos verdes possam viver. O oxigênio em questão é criado por eles próprios pela água ou pelo ácido carbônico. Ele será sempre um produto bioquímico estranho à matéria inerte e à biosfera.

Mas, além disso, não podemos assegurar que estamos nos referindo a um único elemento vitalmente necessário, que está relacionado de maneira integral, em sua existência, à própria vida.

J. Bottomley, por exemplo, levantou a questão sobre a importância dos compostos orgânicos complexos dissolvidos em água para a existência das plantas verdes aquáticas, chamadas por ele de auxotrópicas. Apesar de sua hipótese ser objeto de controvérsias e não ter sido confirmada a existência dos seres auxotrópicos, J. Bottomley aborda em seus estudos um feito de maior alcance do que a mera existência de tal classe de organismos. Essa afirmação não pode ser considerada uma confirmação total, mas é extremamente provável, visto que a importância dos compostos orgânicos onipresentes, ou pouco considerados por nós e presentes na água natural, doce ou salgada, tem crescido fortemente. Todas essas matérias orgânicas, cuja massa existente e renovada a cada momento na biosfera corresponda a vários quatrilhões de

toneladas, são um produto da vida, e não podemos dizer que estejam relacionadas, por origem, exclusivamente aos organismos autótroficos. Pelo contrário, a cada passo, vemos a enorme importância de compostos desse tipo, ricos em nitrogênio, criados por organismos heterotróficos e mixotróficos, tanto na nutrição de organismos como na criação de minerais (betume).

Na imagem da natureza se revela permanentemente a presença desses corpos sem qualquer necessidade de análise química. Isso se deve à formação de espuma nos mares ou em qualquer outra água natural; a membrana iridescente cobre milhares, milhões de quilômetros quadrados de superfície da água, define a coloração dos pântanos, dos rios em região de tundras, dos lagos, e dos rios negros e pardos em regiões tropicais e subtropicais. Além disso, os habitantes aquáticos estão em todos os demais organismos, não apenas naqueles que vivem na água, mas também na cobertura verde firme da terra, por onde se infiltram por meio das chuvas, orvalho e, principalmente, pelas soluções do solo.

A quantidade de microorganismos parcialmente dispersos em águas naturais – em dispersão coloidal – varia entre  $10^6$  e  $10^2$  por cento. Sua massa média dentro do mar se equivale muito, ou seja, equivale percentualmente a  $10^{18}$  a  $10^{20}$  toneladas. Tal dimensão, ao que tudo indica, supera a massa da matéria viva.

A representatividade desses valores vem ganhando espaço no pensamento científico contemporâneo de forma paulatina. Entre os naturalistas mais tradicionais, já é possível encontrar a interpretação de tão grandioso fenômeno, muitas vezes a partir de um enfoque que chega a surpreender.

Na década de 1870, o genial filósofo naturalista J. R. Mayer apontou, em uma breve nota, a importância desses organismos na composição das águas medicinais e na economia geral da natureza. O estudo posterior da gênese dos minerais vadosos e freáticos reforçou ainda mais o protagonismo de Mayer.

**§ 94.** A gênese bioquímica dos corpos da matéria inerte, vitalmente indispensável para os organismos autótroficos, não reduz

a enorme distância que os separa dos heterótrofos e dos mixotróficos. Convém apenas interpretar de modo mais restritivo o autotrofismo, sem exceder os limites de nossos julgamentos.

*Chamaremos de autótrofos os organismos da biosfera atual que obtém todos os elementos químicos necessários para sua existência a partir da matéria inerte do meio, dos minerais, sem a necessidade de recorrer aos compostos orgânicos preparados por outros organismos vivos para constituir seus corpos.*

Em uma definição que verse sobre um fenômeno natural, é impossível sintetizar esse fenômeno em todas as suas faces. Forçosamente, existem estados transitórios ou casos dúbios, por exemplo, o que ocorre com os saprófitos, que se alimentam de organismos mortos, em fase de putrefação. Não obstante, a principal alimentação dos saprófitos é composta, quase sempre, ou talvez sempre, de microorganismos vivos que se instalam nos cadáveres e nos restos orgânicos.

Ao limitar o conceito de “autótrofos” ao âmbito da biosfera atual, excluímos a possibilidade de tirar conclusões sobre o passado da Terra, sobre a possibilidade de início da vida na Terra sob a forma de um ou outro organismo autótrofo. Isso pelo fato de termos a certeza de que para todos os organismos autótrofos existentes é necessária a presença prévia de produtos vitais na biosfera (§ 93).

**§ 95.** A distinção entre matérias vivas de primeira e segunda ordem é refletida, com nitidez, na distribuição na biosfera. A região de localização da matéria viva, vinculada aos organismos autótrofos, para existir e se alimentar, é sempre mais ampla do que o *habitat* desses organismos.

Os organismos autótrofos se classificam em dois grupos bastante distintos: de um lado, os organismos verdes com clorofila, as plantas verdes; por outro lado, o mundo das bactérias, caracterizado por suas dimensões exíguas e sua intensa reprodução.

Como vimos anteriormente, os organismos verdes de clorofila representam o mecanismo essencial da biosfera, um mecanismo que capta os raios solares luminosos e que, mediante a

fotossíntese, cria os corpos químicos cuja energia, em seguida, converte-se em fonte de energia ativa para a biosfera e, em um sentido mais amplo, para toda a crosta terrestre.

*O campo de existência desses organismos verdes autótrofos é determinado, em primeira instância, pelo campo de penetração dos raios solares. (§23).*

Sua massa é bastante grande, se comparada à da matéria animal e pode equivaler à metade de toda a matéria viva. (§46). Neles são encontrados dispositivos capazes de capturar os raios solares de pouca intensidade e fazer uso integral deles.

É bem possível que, em diferentes épocas, a formação de matérias verdes tenha sido mais ou menos intensa, mas esse pensamento tão difundido não pode ser considerada algo plenamente determinado.

A imensa quantidade de matéria que abarca os organismos verdes, sua onipresença, sua propagação até onde chegam os raios solares, com frequência suscita a ideia de ver nela a base da vida.

Admite-se que, durante o curso dos ciclos geológicos, os organismos que configuraram a matéria viva de segunda ordem tênhiam se transmutado evolutivamente em múltiplos organismos; e na atualidade a existência de todo o mundo animal, um grande número de organismos vegetais sem clorofila, fungos, bactérias, seja inteiramente devido a eles.

Na superfície da crosta terrestre é realizado um trabalho químico fundamental: o oxigênio livre é criado ao destruir, mediante a fotossíntese, corpos oxidados tão estáveis e tão universais como a água e o ácido carbônico. O mesmo trabalho vem sendo realizado desde tempos geológicos distantes. Os fenômenos de intemperismo indicam claramente o mesmo papel exclusivo do oxigênio livre no período arqueozoico, o mesmo que ele ainda desempenha na biosfera moderna. A composição dos produtos de alteração superficial, suas relações quantitativas eram, segundo podemos afirmar, as mesmas observadas no período arqueozoico e nos dias atuais. Obviamente, a fonte de oxigênio livre era

a mesma: o mundo vegetal verde. Toda a massa de oxigênio livre era da mesma ordem que vemos hoje. As quantidades de matéria orgânica verde e de energia radiante solar que vemos hoje devem diferir pouco daquela época misteriosa e remota, centenas de milhões de anos atrás (§57).

Contudo, carecemos de restos de organismos verdes que datem da era arqueozoica. Tais vestígios começam a se concatenar só a partir do período paleozoico e provam a evolução intensa e ininterrupta de inúmeras formas desses organismos, cuja magnitude alcança atualmente uma quantidade de 200.000 espécies, e o número total de espécies que existem e existiram em nosso planeta, um número não aleatório, não pode ser levado em conta agora, visto que uma quantidade relativamente pequena de espécies fósseis (alguns milhares) expressa apenas a incompletude do nosso conhecimento. Essa quantidade está aumentando rapidamente a cada década, até mesmo a cada ano.

§ 96. As bactérias autótrofas verdes representam uma quantidade notoriamente menor de matéria viva; apesar de a sua existência e seu alcance geoquímico terem sido descobertos e explicados no final do século XVIII, início do XIX e até a década de 1840, os trabalhos de J. Boussingault, J. B. Dumas e J. Liebig foram inseridos no pensamento científico; o conceito de bactérias autótrofas desvinculadas dos raios solares e isentas de clorofila foi descoberto apenas no fim do século XIX, por S. N. Vinogradov, ainda que não tenha causado entre os estudiosos o impacto que deveria causar. O papel desempenhado por esses organismos na história geoquímica do enxofre, do ferro, do nitrogênio e do carbono é extremamente importante, mas não há muitas espécies deles; pouco mais de cem são conhecidas e, por seu peso e sua importância, não são comparáveis às plantas verdes.

Tais organismos, na verdade, estão distribuídos por todas as partes: nos solos, no lodo das bacias hídricas, na água do mar; mas em nenhum lugar em quantidades comparáveis à quantidade de vegetação autotrófica da Terra, sem mencionar o plâncton verde

dos oceanos. A energia geoquímica das bactérias é, não obstante, de uma ordem muito mais elevada do que a das plantas verdes; supera-a inúmeras vezes e representa a energia máxima para as matérias vivas. A energia geoquímica cinética por hectare acaba sendo da mesma grandeza para as algas verdes unicelulares e para as bactérias, porém, enquanto as algas podem atingir o maior estado estacionário em dezenas de dias, as bactérias, em condições favoráveis, atingem esse estado dezenas de vezes mais rápido, em 36-48 horas.

§ 97. Dispomos de escassas observações sobre a reprodução das bactérias autótrofas. Segundo J. Reinke, elas se reproduzem de forma mais lenta do que as demais. As observações sobre as bactérias de ferro (N. Cholodny) não contradizem tal conclusão. Assim, essas bactérias se reproduzem 1-2 vezes por dia, enquanto tal reprodução, entre as bactérias ordinárias, pode ser observada somente em condições adversas à sua vida. Esse seria o caso do *Bacillus ramosus*, que, quando vive em rios e em condições favoráveis, tem 48 reproduções por dia, porém, em baixas temperaturas, gera apenas quatro (M. Ward, 1925).

Mesmo que essa diminuição na taxa de reprodução de bactérias autotróficas, em comparação com outras bactérias, fosse um fenômeno comum a todas elas, sua reprodução continuaria sendo muito mais intensa do que a das plantas unicelulares verdes.

Deveríamos então esperar que as massas bacterianas na biosfera ultrapassassem, com ampla margem, as massas de organismos verdes e que o fenômeno observado no mar, no caso das algas unicelulares (§51), prevalecessem sobre as metáfitas verdes.

§98. Isso não acontece na prática. A razão para o pequeno acúmulo de matéria viva nessa forma de vida é muito semelhante à razão da predominância das metáfitas verdes sobre os protistas verdes em terra firme (§ 49).

Sua onipresença extrema, por exemplo, penetra em todas as camadas oceânicas, em regime fora do alcance dos raios solares, e nos faz concluir que sua quantidade relativamente exígua



na biosfera, detectada em caso de diferenças tão acentuadas em comparação com as bactérias redutoras de nitratos e sulfatos ou as bactérias do ferro, não pode ser atribuída a causas específicas, o que significa dizer que esse é um fenômeno de caráter geral.

Isso se confirma quando atendemos às condições de alimentação que limitam seu campo existencial.

Essas bactérias e organismos recebem toda a energia necessária quando concluem o processo de oxidação dos compostos naturais de nitrogênio, enxofre, ferro, manganês e carbono em seus níveis elevados de oxidação. Contudo, os corpos primários e pobres em oxigênio e os minerais vadosos desses elementos nunca podem ser armazenados na biosfera em quantidades suficientes. O âmbito da biosfera equivale, de forma geral, ao território químico da oxidação, saturada de oxigênio livre produzido pelos organismos verdes. Em nosso meio rico em oxigênio, os compostos mais oxidados, aqueles que contêm mais oxigênio, representam as formas mais estáveis.

Nesse sentido, os organismos autotróficos devem buscar ativamente seu meio vital. E as adaptações fazem parte da acomodação aos fatores relacionados a essa circunstância.

São capazes, e algumas delas, como as bactérias do nitrogênio, parecem sempre agir assim, oxidando os compostos que já estão oxidados, obtendo a energia necessária para existir, transformando os corpos menos oxidados em corpos totalmente oxidados; não obstante, a quantidade de elementos químicos que permitem esse tipo de reação é limitada. Por outro lado, os mesmos compostos estáveis finais, ricos em oxigênio, originam-se de forma independente das bactérias por meio de processos estritamente químicos, já que a biosfera é, por excelência, um local onde tais estruturas moleculares são estáveis.

**§ 99.** As bactérias autótrofas se encontram em um estado crônico de escassez de nutrientes. Numerosas adaptações em sua forma de vida estão relacionadas a isso. Assim, em toda parte — em pântanos, em fontes termais, em mares e solos úmidos — podemos observar equilíbrios secundários entre as bactérias redutoras

de sulfatos e os organismos autótrofos que as oxidam.

A repetição infinita e constante de tais equilíbrios secundários indica que o fenômeno se integra a um mecanismo regular. A matéria viva desenvolveu essas estruturas devido à enorme pressão vital das bactérias autotróficas (§ 27), que, em sua vida na biosfera, não encontram um número suficiente de compostos pobres em oxigênio e prontos para consumo. Nesses casos as matéria viva os cria em um ambiente inerte.

Nos oceanos são observados equilíbrios idênticos entre as bactérias autótrofas, que oxidam o nitrogênio, e os organismos heterótrofos, que liberam o oxigênio dos nitratos. Esse é um dos grandes equilíbrios químicos da hidrosfera.

A onipresença desses organismos constitui a prova tanto de sua imensa energia geoquímica quanto da grande velocidade com a qual se reproduzem; o fato de não se apresentarem em condensações expressivas pode ser explicado pela escassez de compostos pobres em oxigênio na biosfera, ambiente no qual o excesso de oxigênio livre é liberado o tempo todo pelas plantas verdes.

Se não representam massas consideráveis de matéria viva, as bactérias obedecem ao imperativo físico de que, na biosfera, faltam os componentes necessários para a existência.

Entre a quantidade de matéria captada por organismos verdes autotróficos e bactérias autotróficas, devem existir certas relações justificadas pelo grande valor da energia geoquímica dos organismos de massa predominantes, geradores do oxigênio livre.

**§ 100.** Por inúmeras vezes, foi propagado o pensamento de que esses curiosos organismos, tão singulares, representavam os mais primitivos, precursores das plantas verdes. F. Osborn, (1918), renomado naturalista e pensador estadunidense contemporâneo, defendeu recentemente tais ideias.

A observação do papel que eles cumprem na biosfera contradiz isso.

O estreito vínculo que une a existência das funções bacterianas e a presença de oxigênio livre prova que elas dependem dos organismos verdes, de energia solar radiante, uma dependência

que, em menor grau, afeta os animais e as plantas sem clorofila que se nutrem de matérias elaboradas pelas plantas verdes. Pois, na natureza, na biosfera, todo oxigênio livre – a comida desses corpos – é o produto de plantas verdes.

O caráter das funções bacterianas na economia geral da natureza viva também revela sua importância, por comparação com a que têm as plantas verdes.

Sua relevância é enorme na história biogeoquímica do enxofre e do nitrogênio, dois elementos indispensáveis para a formação da matéria básica do protoplasma: as moléculas da albumina.

No entanto, se a atividade desses organismos autotróficos cessasse, a vida provavelmente diminuiria de forma quantitativa, mas permaneceria como um poderoso mecanismo da biosfera, já que os mesmos compostos vadosos: nitratos, sulfatos e formas gasosas de transporte na biosfera de nitrogênio e enxofre, amônia e sulfeto de hidrogênio, são constantemente criados em quantidades significativas para além da vida.

Sem a pretensão de nos aprofundar no tema do autotrofismo (§94), nem na gênese da vida terrestre, podemos supor com uma elevada probabilidade a dependência das bactérias autótrofas dos organismos verdes, assim como os traços que podemos deduzir de sua formação, comparando-a com a das plantas.

Tudo indica que as bactérias autótrofas são formas vitais que utilizam a energia solar ao máximo, aperfeiçoando o mecanismo de “*raios solares verdes*”, sem com isso constituir uma modalidade de vida terrestre independente das radiações cósmicas.

O mundo heterótrofo, sem exceção, é de um poliformismo surpreendente: animais e fungos, milhões de espécies orgânicas equivalem a uma manifestação do mesmo processo.

**§ 101.** Isso afeta claramente a natureza da distribuição na biosfera, no campo da vida.

*Tal distribuição é totalmente determinada pelo tempo de estabilidade da flora verde*, em outras palavras, a área do planeta na qual incidem os raios solares.

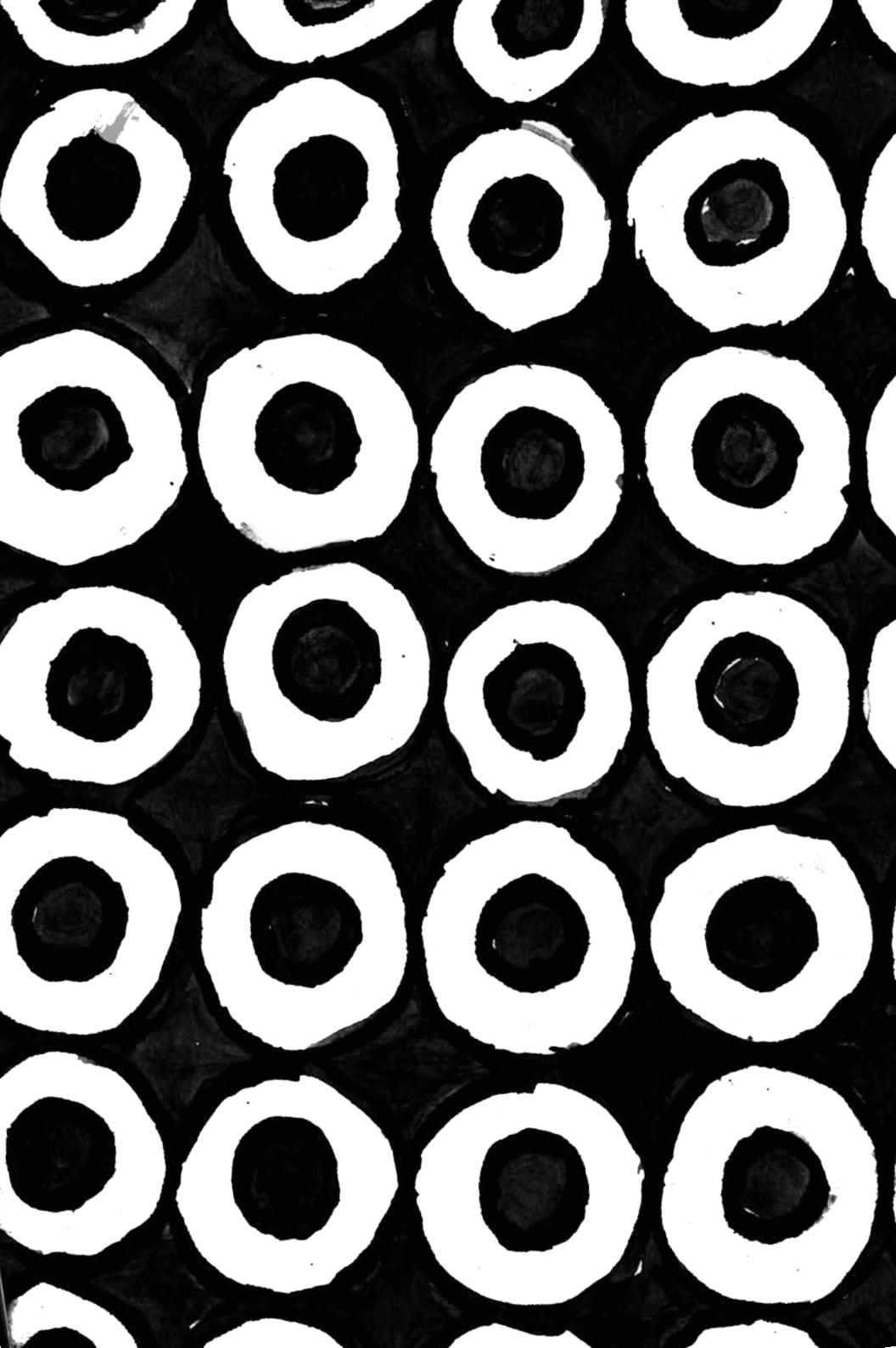
A massa principal da matéria-prima viva se concentra entre seus limites, já as condições de vida, na presença da água, intensificam-se em razão direta por conta da luminosidade.

Em tais condições se acumulam igualmente os organismos heterotróficos e as bactérias autotróficas, que têm relação direta para existir, ora com os produtos vitais das plantas verdes (oxigênio livre, em primeiro lugar), ora com os compostos orgânicos produzidos por eles.

Os organismos heterotróficos e as bactérias autotróficas penetram nessa parte da biosfera iluminada pelo Sol, desprovida de luz solar e vida verde. Muitos vivem exclusivamente nessas áreas escuras da biosfera. Acredita-se que esses organismos penetraram a partir da superfície da terra iluminada pelo Sol, adaptando-se de modo gradual a novas condições de vida. Cabe admitir, já que os estudos morfológicos do mundo animal do reino que povoava a crosta terrestre e as profundezas do mar indicam, muitas vezes com certeza, que essa fauna surgiu de ancestrais que viviam nas áreas iluminadas do planeta.

As concentrações de vida sem organismos verdes adquirem importância singular do ponto de vista geoquímico. Aqui nos referimos à *membrana de vida* que recobre o fundo da hidrosfera (§ 130), as áreas *inferiores das concentrações de vida dos oceanos* e os leitos das bacias hídricas em terra firme (§ 156). Mais adiante, tornou-se evidente a relevância do papel que desempenham na história química do planeta. No entanto, cabe-nos a certeza de que a existência dos organismos que povoam essas áreas está relacionada, de forma direta ou indireta, aos organismos das regiões vitais verdes. Não somente porque, por meio do estudo de sua morfologia ou de investigações paleontológicas, com frequência é possível estabelecer a gênese desses materiais vivos de segunda classe daqueles que habitam a parte superior iluminada do planeta, mas porque a energia solar luminosa constitui a base imutável do seu sustento diário.

A própria existência da membrana de vida que cobre o leito



oceânico está estreitamente relacionada aos restos orgânicos das águas superficiais; alguns restos caem no fundo sem terem sido completamente decompostos ou sem ser devorados por outros organismos. Portanto, é na região da biosfera iluminada pelo Sol que é necessário buscar a fonte suprema da energia dessa membrana de vida. Resultado do trabalho das plantas verdes, o oxigênio livre penetra a água do mar desde a atmosfera, infiltrando-se em profundidades escuras. O oxigênio livre é a única fonte bioquímica que temos de forma constante. Os organismos anaeróbicos, característicos das áreas subjacentes à membrana de vida do solo oceânico, estão existencialmente sujeitos a organismos aeróbicos e seus produtos, dos quais se alimentam.

Tudo indica que essas manifestações da vida se situam nas regiões mais tenebrosas, em estado de evolução permanente, e que seu campo tem se ampliado de forma incessante.

Uma penetração lenta e ininterrupta da matéria viva nas duas direções, a partir da camada verde nas regiões azoicas do planeta, está acontecendo, ao que parece, desde os tempos geológicos até hoje.

É na fase de extensão da área da vida que nos encontramos agora.

**§ 102.** A criação bioquímica de novas modalidades de energia luminosa, no caso da matéria viva heterótrofa, pode significar uma manifestação, entre outras possíveis, de ampliação do campo da vida.

O brilho dos organismos, a radiação biogena de ondas luminosas, com comprimento idêntico ao das manifestações cósmicas do Sol na superfície, ganha intensidade nos abismos oceânicos, gera a energia vital e modifica quimicamente o planeta.

Sabemos que a manifestação de tais radiações luminosas secundárias, a luminescência da superfície marinha, ininterrupta em áreas de centenas de milhares de quilômetros quadrados do nosso planeta, permite ao plâncton verde prosseguir com sua atividade química nos momentos em que recebe luz solar.

O brilho das profundezas do mar seria uma nova manifestação de um mesmo mecanismo? Haveria um ressurgimento da vida por conta da transmissão de energia cósmica do Sol até profundidades de vários quilômetros abaixo da superfície do mar, até onde a energia cósmica não poderia chegar sem a ajuda desse mecanismo?

Ainda não sabemos. No entanto, não podemos esquecer que expedições oceanográficas têm encontrado organismos verdes vivos a profundidades que ultrapassam e muito o alcance dos raios solares; por exemplo, a *Valdivia* descobriu a nova alga viva *Halio-nella* no oceano Pacífico, a cerca de 2 km de profundidade.

Se a matéria orgânica fosse capaz de transferir a energia da luz do Sol para novos territórios, não apenas na forma de compostos químicos instáveis na camada termodinâmica que corresponde à biosfera (§ 82), isto é, na forma de energia química, mas também na modalidade de energia luminosa de formação secundária, estaríamos diante de um marco na história da biosfera, talvez provisório, de que o domínio principal da fotossíntese tem uma extensão reduzida, similar à da energia luminosa criada pela civilização humana.

Sem dúvida, essa energia radiante, nova na biosfera criada pelo homem, é usada pela matéria viva verde, mas até agora se reflete em partes insignificantes da fotossíntese cósmica geral do planeta. Afinal, a matéria viva verde, que delimita na Terra a área de existência de tudo o que é vivo, está toda relacionada à luz do Sol.

Nas páginas seguintes, vamos destacar a parte da matéria viva de primeira ordem e atribuiremos a ela todas as outras manifestações da vida.

## OS LIMITES DA VIDA

**§ 103.** O campo da sustentabilidade da vida, como veremos, ultrapassa os limites da biosfera, de acordo com as variáveis independentes que o caracterizam, estabelecidas quando os equilíbrios físico-químicos possíveis são estudados.

Esse campo que preestabelece em quais regiões a vida pode se expandir plenamente não parece estar definido e menos ainda ser imutável.

Uma propriedade característica da matéria viva é sua variabilidade, sua capacidade de se adaptar às condições ambientais. Graças a essa capacidade, os organismos vivos podem se adaptar à vida por algumas gerações em condições que seriam fatais para as gerações anteriores.

No presente momento, não temos condições de determinar um potencial semelhante sequer por meio de experimentos, uma vez que não dispomos da escala geológica, do tempo necessário para que a adaptação se torne patente. A matéria viva, o mundo orgânico, difere acentuadamente da substância inerte: é um equilíbrio móvel que exerce pressão sobre o ambiente, mas a relação do efeito dessa pressão em relação ao tempo não está clara.

Um campo de estabilidade vital com as características apontadas, apoiado na adaptação dos organismos, também é heterogêneo. Ele se distingue abruptamente em dois níveis: campo gravitacional, para o caso dos organismos volumosos, e campo das forças moleculares, ocupado por organismos que nem sequer chegam a medir 10-4 centímetros de diâmetro (micróbios, ultra micróbios etc.), cuja vida é principalmente cujos movimentos são determinados não pela gravidade, mas pela radiação: tanto pelas luminosas, quanto por outras formas.

A extensão de cada um dos campos é definida pela variabilidade e pela capacidade de adaptação dos organismos; ambos os aspectos ainda não foram suficientemente estudados.

Dessa forma, vamos levar em consideração: 1) temperatura, 2) pressão, 3) estado da matéria e o meio, 4) químismo do meio, 5) energia luminosa. Essas são as características mais importantes que atuam em ambos os campos de sustentabilidade da vida.

**§ 104.** Por outro lado, precisamos distinguir dois tipos de condições: 1) aquelas que atuam no desenvolvimento da vida, mas sem interromper o exercício de todas as suas funções, isto é, as condições que, embora façam o organismo sofrer, não acarretam sua

morte; e 2) as condições que favorecem sua reprodução, ou seja, permitem que a massa viva e a energia ativa do planeta aumentem.

É possível que, em virtude do parentesco genético que engloba toda a matéria viva, caiba supor que tais condições são praticamente as mesmas para todos os organismos. Porém, essa área é mais significativa para o mundo vegetal verde do que para organismos heterotróficos.

Em última instância, essa fronteira é determinada pelas propriedades físico-químicas dos compostos que compõem o organismo, e é imposta por sua estabilidade nas condições específicas do ambiente. No entanto, há casos em que é possível ver que, antes da decomposição dos compostos, os mecanismos que eles criaram e que determinam as funções vitais são destruídos.

Os próprios compostos, assim como os mecanismos construídos por eles, estão constantemente mudando no decorrer dos tempos geológicos, à medida que se ajustam às mudanças na biosfera.

A área máxima da vida pode ser definida por exemplos extremos de sobrevivência de alguns organismos.

**§ 105.** A temperatura mais alta que um organismo pode suportar sem perecer se aproxima, entre certos seres heterotróficos, especialmente em dormência, como os esporos dos fungos, a 140°C. Esse limiar varia de acordo com a secura ou umidade do *habitat* do organismo.

Os experimentos de L. Pasteur sobre a geração espontânea deixaram claro o fato de que um aumento na temperatura de até 120°C, em meio úmido, não destruiu todos os esporos dos micróbios. Essa destruição exigiria pelo menos 180°C (M. Duclaux)<sup>19</sup>. Nos experimentos de M. Christen, as bactérias do solo sobreviveram durante cinco minutos a uma temperatura de 130°C e, durante um minuto, a 140°C. Os esporos de uma bactéria descritos por M. Zettnow, submetidas durante 24 horas (B. L. Omeliansky) à ação de um esguicho de vapor d'água, não foram exterminados.

O campo da estabilidade se amplia em condições de baixa temperatura. As experiências no Instituto Jenner, em Londres, verificaram a estabilidade (em hidrogênio líquido) de esporos

bacterianos por 20 horas, a -252°C. McFaydan registrou que microorganismos se conservaram intactos no ar líquido por vários meses, a -200 °C. De acordo com os experimentos de A. Becquerel, os esporos de mucoríneas se mantiveram em condições de vida por três dias no vazio, a uma temperatura de -253°C.

Dessa forma, caberia considerar o intervalo de 433°C como o campo térmico-limite no qual determinadas formas de vida de nossos dias podem sobreviver incólumes. Tal intervalo se restringe consideravelmente no caso das plantas verdes. Contamos com experimentos fidedignos a respeito disso, mas há dúvidas de que esse intervalo supere os 160-150°C (de + 80°C a 60°C).

**§ 106.** Os limites da pressão, da dinâmica área da vida, podem se dilatar muito. Os experimentos de G. Chlopin e G. Tamman mostraram que as mucoríneas, as bactérias e as leveduras podem suportar uma pressão de 3.000 atmosferas sem alteração aparente de suas propriedades. A vida das leveduras é mantida a uma pressão de 8000 atmosferas. Por outro lado, formas de vida latentes, sementes ou esporos, são preservados por um longo tempo no vácuo; ou seja, a uma pressão de milhões de atmosferas.

Não parece haver diferenças entre organismos heterotróficos e organismos verdes (esporos e sementes).

**§ 107.** A importância das ondas de energia luminosa de um determinado comprimento para plantas verdes tem sido enfatizada com frequência. Nelas reside a base de toda a estrutura da biosfera. Organismos morrem antes ou depois em função da luz. Os organismos heterotróficos e as bactérias autotróficas, pelo menos alguns deles, podem viver no escuro, mas o caráter do meio “dessa escuridão” (de ondas longas de infravermelho) ainda não foi estudado.

Por outro lado, sabemos que ondas curtas de um comprimento específico são mortais.

O meio no qual os raios ultravioleta, com um comprimento de onda muito curto, de menos de 0,3 μm, se propagam é inevitavelmente inanimado. Os experimentos de P. Becquerel demonstraram que esse raios, dotados de intensa vibração, aniquilaram

qualquer forma viva em um tempo muito curto. O ambiente onde estão presentes, o espaço interplanetário, não é adequado para formas de vida que foram desenvolvidas na biosfera, apesar do fato de nem a temperatura, nem a pressão, nem a essência química desse espaço os excluir.

É necessário investigar, com o máximo de precisão e perfeição possíveis, os confins da vida nas várias regiões de energia radiante em vista da interdependência, claramente inegável, entre o desenvolvimento vital na biosfera e a radiação solar.

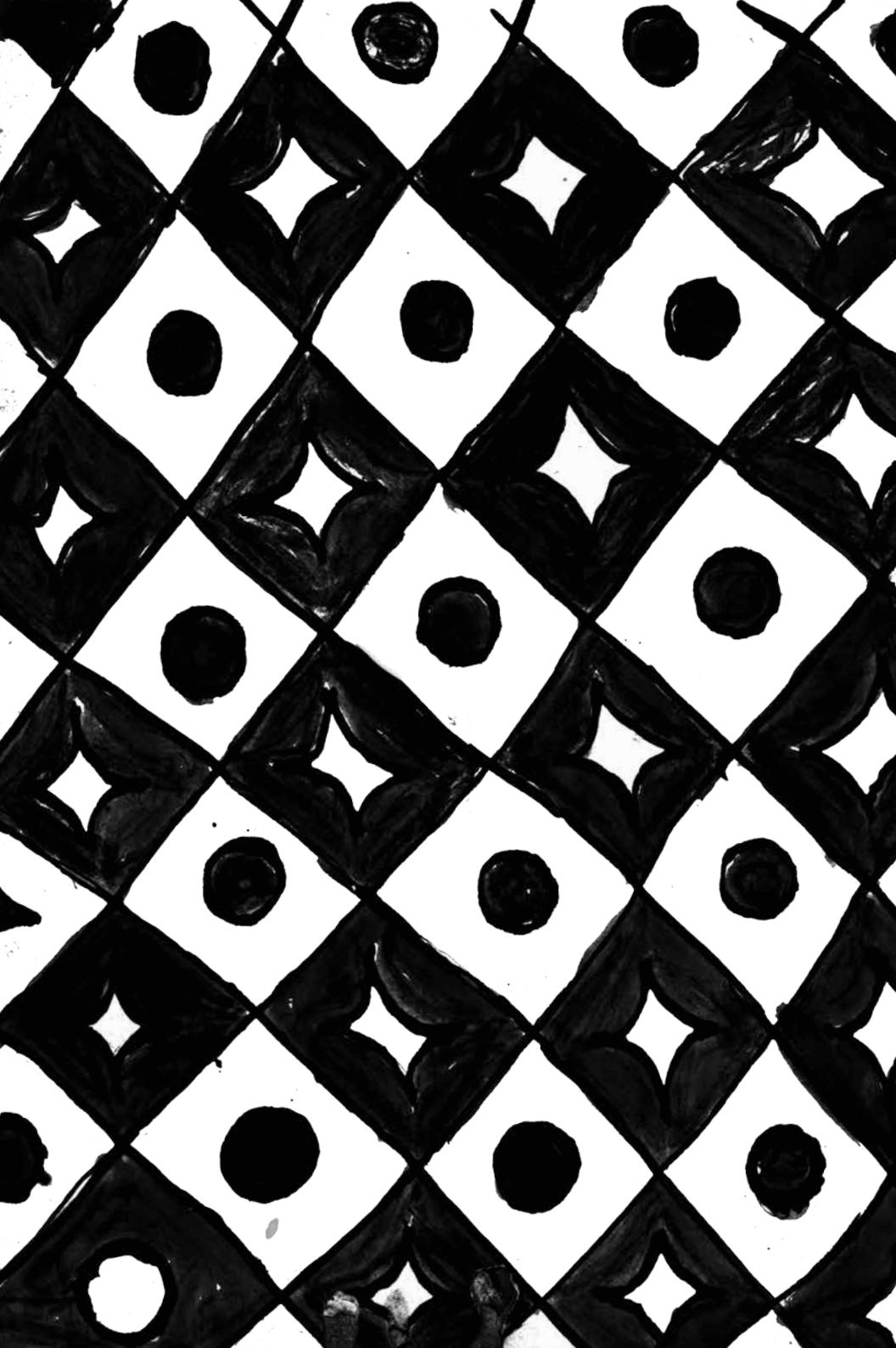
**§ 108.** A vida pode experimentar variações químicas de grandes proporções.

Os organismos anaeróbicos descobertos por L. Pasteur mostram que a vida existia em um meio sem oxigênio livre. A área da vida admitida anteriormente foi ampliada graças a esse achado.

Os organismos autotróficos revelados por S. Vinogradski deixaram claro que um meio exclusivamente mineral, sem compostos orgânicos previamente preparados, pode abrigar vida.

Os esporos e sementes, formas de vida em estado de dormência, ao que tudo indica podem resistir intactos, de forma indefinida, em um ambiente livre de gás e água, totalmente secos.

Ao mesmo tempo, várias formas de vida subsistem sem desvalorização nos mais variados meios químicos, nos limiares do campo termodinâmico existencial. O *Bacillus boracicolla*, que povoava as fontes térmicas da Toscana, é capaz de viver em uma solução saturada de ácido bórico e suporta facilmente uma solução de ácido sulfúrico a 10%, a uma temperatura ambiente normal (Bargagli Petrucci, 1914). Estamos cientes de que organismos como as mucoríneas resistem em soluções concentradas de vários sais, que são fatais para outros seres. Alguns desses organismos vivem em soluções saturadas de vitriolo, nitrato, niobato de potássio. O já mencionado *Bacillus boracicolla* tolera soluções sublimadas a 0,3%, enquanto outras bactérias e infusórios suportam até soluções saturadas (M. Besredka, 1925). As leveduras vivem em soluções de hidrofluoreto de sódio. As larvas de algumas moscas não perecem em solução de formalina a 10%.



Existem bactérias que se reproduzem em uma atmosfera de oxigênio livre.

Os fenômenos descritos são relativamente pouco estudados, mas a adaptação das formas de vida que os ilustram parece infinita.

No entanto, são apenas organismos heterotróficos. O desenvolvimento de organismos verdes requer a presença de oxigênio livre, mesmo em solução aquosa. As soluções salinas saturadas impedem que as plantas verdes germinem.

§ 109. Mesmo quando algumas formas de vida têm o poder de se manter em estado latente, sem aparecer em um ambiente completamente desidratado, a água no estado líquido e gasoso é um requisito inevitável para o crescimento e a reprodução dos organismos, de modo que eles possam se expandir pela biosfera.

A energia geoquímica dos organismos, sob a modalidade de sua reprodução, passa da forma potencial para a forma livre somente na presença de uma água que contenha gases dissolvidos, necessários para a respiração.

A importância da água é óbvia no caso das plantas verdes e, portanto, de modo geral, reconhecida desde os tempos antigos. O pilar da vida por excelência, a vida verde, não pode existir sem água.

Nos últimos tempos, no entanto, tivemos a oportunidade de aprofundar o mecanismo da ação da água. A importância e os efeitos vitais da reação alcalina ou ácida das soluções aquosas em que os organismos vivem, bem como o grau e o caráter de sua ionização, tornaram-se mais evidentes.

O papel de tais fenômenos é essencial, uma vez que a principal massa de matéria viva, formulada por peso, está concentrada na água natural da biosfera, e as condições de vida de qualquer organismo estão em estreita correspondência com as soluções aquosas naturais. A matéria de todos esses organismos é basicamente composta de soluções aquosas ou leitos aquosos<sup>20</sup>. O protoplasma pode ser considerado um leito aquoso no qual ocorrem as coagulações e as alterações coloidais nos fluidos internos dos organismos. Os fenômenos de ionização acontecem em todos os

lugares. Graças, por um lado, à incessante ação recíproca que as soluções aquosas do ambiente exercem umas sobre as outras e, por outro, aos líquidos internos dos organismos que se nidificam nestas águas naturais, as relações de ionização dos dois meios adquirem uma grande importância.

Devido a alguns procedimentos sutis de investigação, é possível estabelecer a variação exata da ionização que se origina. É um excelente recurso para analisar a mudança do ambiente principal, a concentração da vida.

A água marinha contém cerca de  $10^{-9}$  % íons  $H^+$ , é ligeiramente alcalina, e esse pequeno predomínio dos íons positivos  $H^+$  sobre os íons negativos  $OH^-$  persiste de maneira geral e se restaura constantemente, por mais frequentes que sejam os processos químicos que se realizam no mar (ionização pH=8).

A ionização favorece muito a vida dos organismos marinhos; as oscilações, mesmo que suaves, sempre afetam a natureza viva, positiva ou negativamente, de acordo com a espécie.

A vida, de acordo com o que já conhecemos, só existe entre determinados limites de ionização, de  $10^{-6}$  %  $H^+$  até  $10^{-10}$  %  $H^+$ . Fora desses limites, ela se torna impossível.

**§ 110.** O estado da matéria circundante desempenha um papel primordial na manifestação da vida.

Ao que parece, a vida persiste em um estado latente no ambiente de todos os estados da matéria: líquido, sólido e gasoso, bem como no vácuo absoluto. As experiências mostram, ao menos, que as sementes são capazes de se conservar temporariamente, sem troca gasosa, isto é, em todas as fases da matéria, nos limites do campo térmico da vida. No entanto, quando suas funções atingem o pleno desenvolvimento, o organismo está condicionado a permanecer vivo, para a possibilidade de uma troca gasosa (respiração), bem como para a estabilidade dos sistemas coloidais que compõem seu corpo.

Portanto, os organismos só podem habitar locais onde tal troca (líquida, gasosa ou coloidal) seja viável. Eles podem aparecer

localizados em um meio sólido, mas de fato aparecem em corpos porosos, onde a troca gasosa é possível. Agora, como consequência de suas dimensões escassas, um grande número de organismos encontra um *habitat* em corpos razoavelmente compactos.

Por outro lado, um meio líquido, uma solução ou um coloide sem gás não serve como ambiente para a vida.

De novo enfatizamos a importância excepcional do estado gássoso da matéria, que temos enfatizado tantas vezes neste volume.

### OS LIMITES DA VIDA NA BIOSFERA

§ 111. Do exposto acima podemos concluir que, devido à sua estrutura, composição e suas condições físicas, a biosfera está inscrita em todo a área da vida.

A vida foi ajustada aos seus parâmetros, e não há lugar onde não se possa manifestar, de uma forma ou de outra.

Esse fato é verificado com absoluta certeza nas condições normais e habituais da biosfera, entretanto, surgem exceções no caso de perturbações temporárias, prejudiciais à vida, que não vamos considerar características. Assim, as crateras de vulcões em erupção e superfícies de lava incandescentes são inacessíveis à vida nas condições da biosfera.

Os gases tóxicos (clorídricos e hidrofluóricos, por exemplo) e as fontes térmicas quentes que acompanham os processos vulcânicos são reduzidos a fenômenos episódicos, assim como a falta de vida concomitante. Fenômenos semelhantes, de natureza mais duradoura, como fontes térmicas permanentes cuja temperatura se aproxima a 90°C, não são um obstáculo para a vida de certos organismos que se adaptaram a tais condições.

Não sabemos se as soluções salinas naturais, com uma concentração de sal maior do que 5%, são sempre azoicas. O mar Morto, na Palestina, representa a maior bacia de água dessa classe. No entanto, outras fontes ainda mais ricas em sais do que o mar Morto são ricas em vida. A ausência de vida no mar Morto seja explicada por sua riqueza em bromo, mas essa hipótese é um palpite,

não amparado por experimentos. Talvez a nossa ideia do mar Morto se deva à incompletude do nosso conhecimento: à falta de conhecimento da sua microfauna e da parte bacteriana.

No entanto, ficou provado que algumas das águas ácidas naturais, cuja ionização é menor do que  $10^{-11}$  % H<sup>+</sup>, são azoicas (§ 109). Em geral, elas representam reservatórios não significativos.

**§ 112.** Podemos considerar que a camada terrestre, onde a matéria viva está baseada, responde, em sua totalidade, ao campo de existência da vida. Essa camada é contínua, a mesma que a atmosfera, e assim se distingue de camadas descontínuas, como a hidrosfera.

O campo terrestre acessível à vida não está totalmente ocupado pela matéria viva. Uma expansão lenta é observada em novas áreas, como se fosse uma conquista territorial em curso durante os tempos geológicos.

É importante distinguir, no campo da sustentabilidade da vida na Terra, em primeiro lugar: a área da penetração temporal da vida, em que os organismos não estão sujeitos à aniquilação súbita; em segundo lugar: a área de sua existência estável, necessariamente relacionada às manifestações de reprodução.

Os limites extremos da vida na biosfera provavelmente envolvem condições absolutas para todos os organismos. É suficiente que apenas uma dessas condições (variáveis independentes de equilíbrio) atinja um valor insaciável para a matéria viva, seja a temperatura, a composição química, a ionização do meio ou, finalmente, o comprimento de onda da radiação.

Deve-se notar que tais definições não podem ter um caráter incondicional. O que chamamos de capacidade de adaptação, ou seja, a capacidade de se defender de condições ambientais nocivas, é enorme, e seus limites são ainda desconhecidos, especialmente se levarmos o tempo em conta.

Para estabelecer esses limites com base na adaptação da vida que observamos hoje, nos aventuramos necessariamente no campo das extrapolações, sempre aleatórias e não muito firmes.

O homem, em particular, dotado de raciocínio e qualificado para direcionar sua vontade, tem o poder de alcançar, de forma direta ou indireta, regiões inacessíveis ao resto dos organismos vivos.

Dada a unidade indissolúvel de todos os seres vivos, uma certeza é imposta por sua própria importância: quando a vida é abordada como um fenômeno planetário, o *Homo sapiens* não pode ser entendido como um fenômeno acidental.

Sendo assim, a questão da imutabilidade dos limites da vida na biosfera precisa ser abordada com cautela.

§ 113. Um caráter similar dos limites da vida, baseado na presença ou existência estável de organismos sob suas formas e em sua extensão atual de adaptação, demonstra com clareza que a biosfera é uma camada terrestre, já que as condições que impossibilitam a vida se manifestam simultaneamente em todo o planeta.

Portanto, é necessário determinar apenas o limite superior e o inferior da área da vida.

O *limite superior* é imposto pela energia de radiação, cuja presença exclui a vida.

O *limite inferior* é determinado por temperaturas tão altas que a vida é necessariamente proscrita.

Dentro dos limites assim estabelecidos, a vida abrange, mas não integralmente, uma camada termodinâmica, três camadas químicas e três camadas do estado da matéria (§88).

A importância delas – troposfera, hidrosfera e superfície da litosfera – reflete-se com uma força máxima nesses fenômenos, e os tomaremos como base para o desenvolvimento de nosso texto a seguir.

§ 114. Segundo todas as indicações, a vida não pode cruzar as fronteiras das áreas superiores da estratosfera em nenhuma de suas manifestações naturais.

Como mostra a *Tabela I* (§ 88), acima da estratosfera, temos uma outra camada paragenética na qual a existência de moléculas químicas ou seus compostos mais complexos é muito incerta.

Referimo-nos à região de máxima rarefação da matéria; ela ainda mantém tal caráter, mesmo quando admitimos a exatidão

dos recentes cálculos do professor B. Fessenkov (1923-1924), que atribuem quantidades maiores de matéria a ela do que as previstas anteriormente. B. Fessenkov argumenta que a estratosfera, a uma altitude de 150 a 200 km, apresenta uma tonelada de matéria por quilômetro cúbico<sup>21</sup>. O novo modo de surgimento dos elementos químicos dessa matéria rarefeita não é fruto exclusivo da rarefação, da diminuição das colisões das partículas gasosas, de um campo mais amplo por suas trajetórias livres, mas de estar relacionado à ação potente dos raios solares, ultravioleta e outros, que também podem vir dos espaços cósmicos, acessando os limites extremos do nosso planeta sem obstáculos (§ 8).

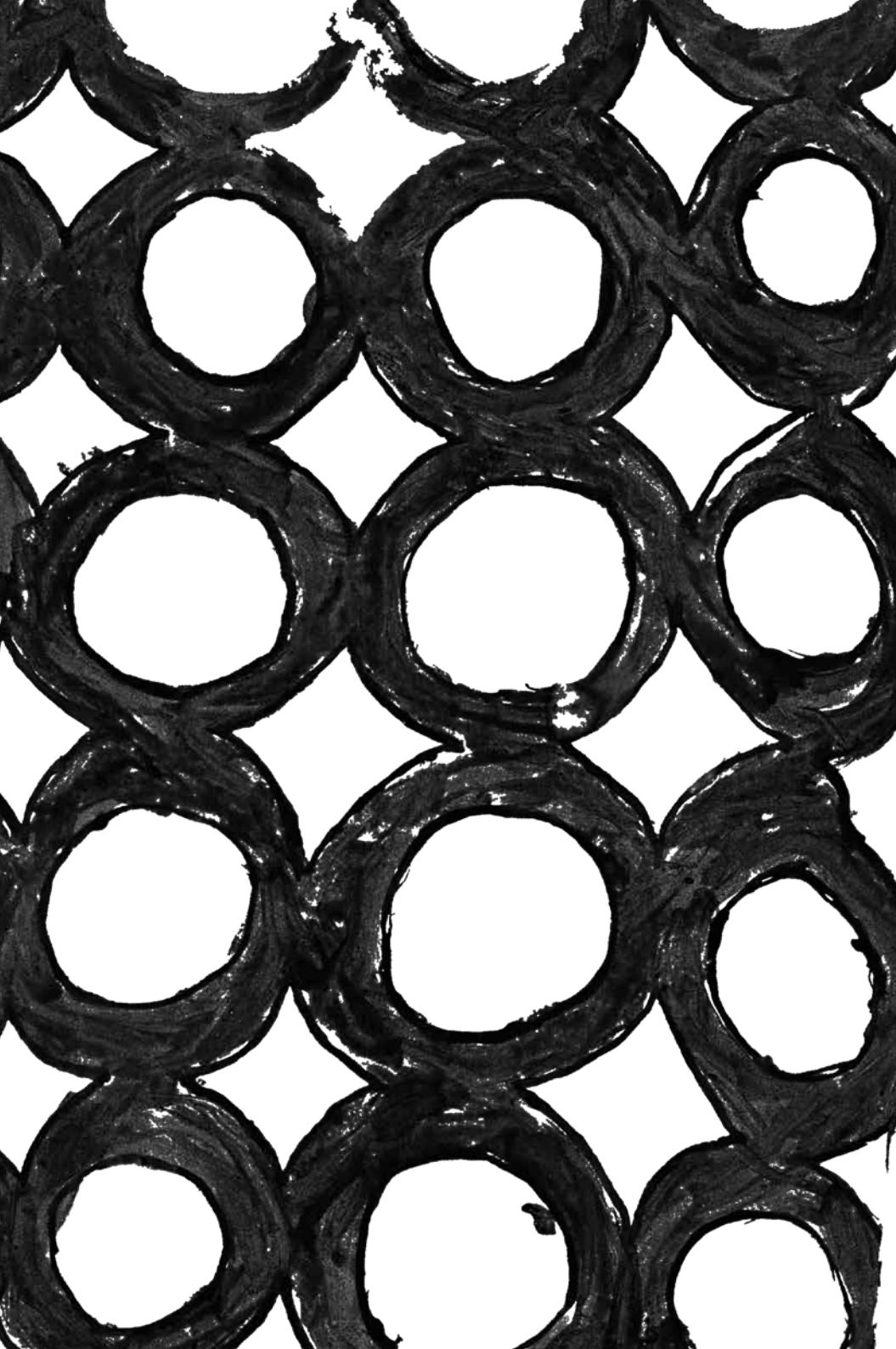
Sabemos que os raios ultravioleta são agentes químicos extremamente ativos. Em particular, os raios de comprimento de onda muito curto, abaixo de 200 m $\mu$  (160-180 m $\mu$ ), exterminam qualquer manifestação da vida, até mesmo os esporos mais estáveis em um meio desidratado ou vazio. No entanto, parece que esses raios iluminam essas regiões remotas do planeta.

**§ 115.** Eles não nos alcançam por conta de sua total absorção pelo ozônio, permanentemente criado, em quantidades relativamente consideráveis, pelo oxigênio livre e talvez pela água, pela ação desses mesmos raios ultravioleta, aniquiladores da vida e filtrados pelo ozônio.

Se juntassemos todo o ozônio em sua forma mais pura, ele comporia uma camada de 5 milímetros de espessura, de acordo com as teorias de C. Fabry e Buisson. Mas essas pequenas massas de ozônio, mesmo sob a forma de moléculas dispersas nos gases atmosféricos, são importantes o suficiente para impedir a passagem de radiação prejudicial para a vida.

Mesmo o ozônio sendo destruído, ele se reconstitui continuamente, uma vez que as radiações de um comprimento inferior a 200 m $\mu$  sempre encontram, na estratosfera, pelo menos em suas áreas mais baixas, uma quantidade abundante de átomos de oxigênio.

Assim, a vida está protegida em sua existência por uma camada de ozônio, com espessura de 5 milímetros, que atua como o limite natural superior da biosfera.



É característico que o oxigênio livre, necessário para a criação do ozônio, seja formado na biosfera exclusivamente por meio de processos bioquímicos; ele necessariamente desaparece caso a vida deixe de existir. A vida, que cria o oxigênio livre na crosta terrestre, gera o ozônio e protege a biosfera da radiação nociva das ondas curtas das estrelas celestes.

A última manifestação da vida, o homem civilizado, pode evidentemente se proteger de outra maneira e ultrapassar a camada de ozônio.

**§ 116.** A camada de ozônio define apenas o limite superior da vida possível.

A vida real acaba muito antes na atmosfera. As plantas verdes não se desenvolvem acima das florestas, dos campos, dos prados e das ervas de terra firme. Não existem células verdes no ambiente do ar. Apenas de maneira accidental, e a uma altura baixa, os salpicos do mar projetam células verdes de plâncton.

É somente por meios mecânicos ou por meio de dispositivos de voo específicos que os organismos podem se elevar acima da vegetação verde.

Mesmo assim, os organismos verdes não têm o poder de penetrar na atmosfera, seja a grande distância ou por um longo tempo. Por exemplo, os menores esporos, de coníferas e criptogâmicas, pobres em clorofila ou desprovidos dela, provavelmente são as massas mais consideráveis entre os organismos verdes, disseminados e criados pelo vento às vezes a uma grande altura, mas por breves lapsos de tempo.

A massa principal de matéria verde que entra na atmosfera pertence à segunda ordem. Nela, todos os seres voadores estão incluídos. O manto vegetal, limite inferior da transformação da radiação solar em energia química terrestre, localiza-se no nível do solo e à beira das águas oceânicas. Esse estrato mal chega perto da atmosfera. Seu campo de existência, contudo, amplia-se no curso dos tempos geológicos.

No tempo geológico, no entanto, ele expandiu a área de sua presença. Devido ao fato de as plantas verdes serem orientadas para capturar o máximo de energia solar, elas colonizaram as camadas inferiores da troposfera; até uma altura de algumas dezenas, uma centena de metros acima do nível do solo, na forma de grandes árvores. Tais espécies surgiram, aparentemente, na era paleozoica.

§117. A vida se infiltra na atmosfera e é instalada por muito tempo em seu seio, principalmente na forma de pequenas bactérias e esporos que nidificam em animais voadores.

Suas concentrações relativamente consideráveis, em especial em um estado dormente (esporos, organismos, microscópios), são detectadas nas regiões da camada de ar nas quais a poeira da superfície terrestre circula. Essa atmosfera empoeirada está fundamentalmente relacionada ao continente. De acordo com A. Klossowsky (1910), a poeira atinge uma altura média de 5 km; já segundo M. Mengel (1922), as nuvens de poeira não excedem 2,8 km e são essencialmente constituídas de matéria inerte.

No topo das montanhas, o ar é muito pobre em organismos, mas mesmo ali eles não deixam de existir. Segundo L. Pasteur, em meios nutritivos há apenas 4-5 micróbios patogênicos por centímetro cúbico. A. Fleming detectou não mais do que um para cada três litros, a uma altitude de 4 km. Ao que parece, na microflora das camadas superiores do ar, as bactérias são mais escassas, sendo mais abundantes as leveduras e as mucoráceas (B. Omelianski).

Não há dúvida de que essa microflora transcende os limites médios da atmosfera de poeira (5 km), mas infelizmente nos falta a troposfera (9 a 13 km), já que os movimentos de gases, ventos e correntes de ar, observados na superfície terrestre, chegam apenas até essa fronteira.

Não acreditamos que tais elevações tenham desempenhado qualquer papel na história terrestre, dado o estado latente da massa principal desses organismos e sua proporção inestimável na massa, mesmo rarefeita, do gás bruto em que estão dispersas.

**§ 118.** A controvérsia a respeito da existência de vida animal além dos limites da troposfera não está resolvida. Sem dúvida, às vezes encontra-se vida acima dos picos mais altos, mas as montanhas nunca excedem o escopo da troposfera.

Sendo assim, de acordo com A. Humboldt, o condor voa até 7 km acima do nível do solo; ele também observou que, no topo do Chimborazo (5882 m), existem moscas.

Essas observações de A. Humboldt e de alguns ex-naturalistas foram refutadas por ornitólogos posteriores que estudaram o processo de migração das aves durante a passagem das estações. Mas as mais recentes investigações de M. Wollastone (1923) e dos demais membros da equipe expedicionária inglesa no Everest confirmam que certas aves de rapina voam ou planam ao redor dos cumes a mais de 7 km (7.450 metros).

No entanto, essas são espécies muito raras. A maioria das aves, incluindo as de montanha, não voa acima de 5 km. Os aviadores não visualizaram pássaros voando a mais de 3 km de altura (águia).

Borboletas foram vistas a 6,4 km, aranhas, até 6,7 km, e pulgões, até 8,2 km; já entre as plantas: a *Arenaria muscosa* e a *Delphinium glaciale*, entre 6,2 e 6,3 km (M. Hingston, 1925).

**§ 119.** O homem é quem mais se eleva na estratosfera, transportando, sem estar ciente disso e por necessidade, formas de vida das quais é portador no corpo ou na modalidade de produtos.

A região acessível ao homem está se expandindo com o progresso da navegação aérea e já transcende os limites da área da vida para a qual a camada de ozônio serve de fronteira.

Os balões de sondagem atingem o nível mais alto. Seus materiais sempre contêm compostos orgânicos. Um balão-sonda de tais características, lançado em 17 de dezembro de 1913 em Pavia, voou a uma altitude de 37,7 km.

O próprio homem supera, com a ajuda de suas máquinas, os picos mais altos: G. Tissandier (1875) e J. Glaisher (1868) passaram por esses limites com balões aerotransportados: o primeiro chegou a 8,6 km, e o segundo, até 8,3 km.

Com o desenvolvimento de aviões, a elevação atingiu os limites da estratosfera.

O francês M. Caillot e o estadunidense M. MacRady (1925) atingiram 12 km e 12,1 km, respectivamente, e essa marca logo será superada.

Quanto às concentrações humanas, as populações estão localizadas a 5,1 e 5,2 km de altura (Peru, Tibet); as ferrovias, a 4,7 km (Peru); os campos de centeio, até 4,65 km.

§ 120. Em resumo, é possível afirmar que a vida que se manifesta na biosfera não toca seu limite, a camada do ozônio, exceto em casos extraordinários e excepcionais. Em suas principais massas, não apenas a estratosfera, também as camadas superiores da troposfera são inanimadas.

Não há organismo que viva perenemente em ambiente aéreo. *Um fino estrato atmosférico, calculado em dezenas de metros*, em geral bem abaixo de 100 metros, é o que pode ser considerado como uma vida animada.

Sem dúvida a conquista do ar é um fenômeno recente na história geológica do planeta; e ela tem sido possível graças à adaptação dos organismos terrestres, sub-terrestres, as plantas em primeiro lugar (pré-cambriano?), os insetos, os vertebrados voadores (paleozoicos?), os pássaros, desde a era mesozoica. Já temos dados sobre o transporte mecânico de microflora e esporos desde períodos geológicos pretéritos. Mas é só a partir do surgimento da humanidade civilizada que a matéria viva dá um passo gigantesco em direção à conquista de toda a atmosfera.

A atmosfera não é uma área de vida independente. Seus estratos finos, do ponto de vista biológico, constituem apenas uma parte dos estratos adjacentes da hidrosfera e da litosfera. É na litosfera que as camadas atmosféricas começam a participar nas aglomerações e nos mantos de vida. (§ 150).

A enorme influência que a matéria viva exerce na história atmosférica depende não apenas de sua presença imediata no meio gasoso, mas da criação biogênica de novos gases e sua migração na atmosfera (§ 42 e § 65).

A matéria viva afeta a química da atmosfera, alterando um fino estrato de gás adjacente à terra ou os gases dissolvidos nas águas naturais.

O grande efeito final: o envolvimento de toda a camada gasosa do planeta pela energia da vida, dada a penetração em todos os lugares dos produtos gasosos (oxigênio livre, em primeiro lugar), é a consequência das propriedades do estado gasoso da matéria, não das propriedades das matérias vivas.

§ 121. Em teoria, o limite inferior de vida na Terra deveria ser tão evidente e tão nítido quanto o superior, materializado na camada de ozônio.

No entanto, é necessário determiná-lo por meio da temperatura, investigando em que ponto máximo de sua escala a existência do organismo e seu desenvolvimento tornam-se inviáveis, dadas as propriedades dos compostos que o formam.

A temperatura de 100°C evidentemente marca essa barreira. É a temperatura que reina a uma profundidade de 3-3,5 km abaixo do nível do solo, em certos lugares, a uma distância menor, em torno de 2,5 km. Deve-se considerar que, em média, os seres vivos *não podem existir em suas formas atuais a uma profundidade superior a 3 km abaixo do nível da Terra*.

O nível desse estrato profundo, onde a temperatura gira em torno de 100°C, cai mais no caso do oceano, cuja espessura média é de 3,8 km, e onde a temperatura abissal é fria, sendo que a temperatura do fundo chega a apenas alguns graus acima de zero. Na água, o limite de temperatura para a vida será cerca de 5 e 7 km de profundidade, no caso de o grau térmico ser análogo ao do continente. De fato, o aumento da temperatura parece ocorrer mais rapidamente, e é improvável que a camada acessível à matéria viva exceda 6 km abaixo do nível do mar.

A barreira dos 100°C é sem dúvida convencional, pois percebemos que, em terra, alguns organismos se reproduzem com temperaturas superiores a 70-80 graus centígrados, embora não saibamos de nenhum que tenha se adaptado a uma existência permanente a 100°C.

Portanto, é improvável que o limite inferior da biosfera ultrapasse a média dos 2,5-2,7 km de profundidade no continente, e 5-5,5 km, nas regiões dos oceanos.

É provável que esse limite seja imposto pela temperatura, não pela composição química do meio em tais profundidades (sem oxigênio), uma vez que a falta desse gás não pode constituir um obstáculo para a vida. Não há mais oxigênio livre em uma profundidade subcontinental rasa; é raramente detectável a poucas centenas de metros abaixo do solo: em média, outros organismos, além das bactérias anaeróbias, não podem viver abaixo dos 500 metros.

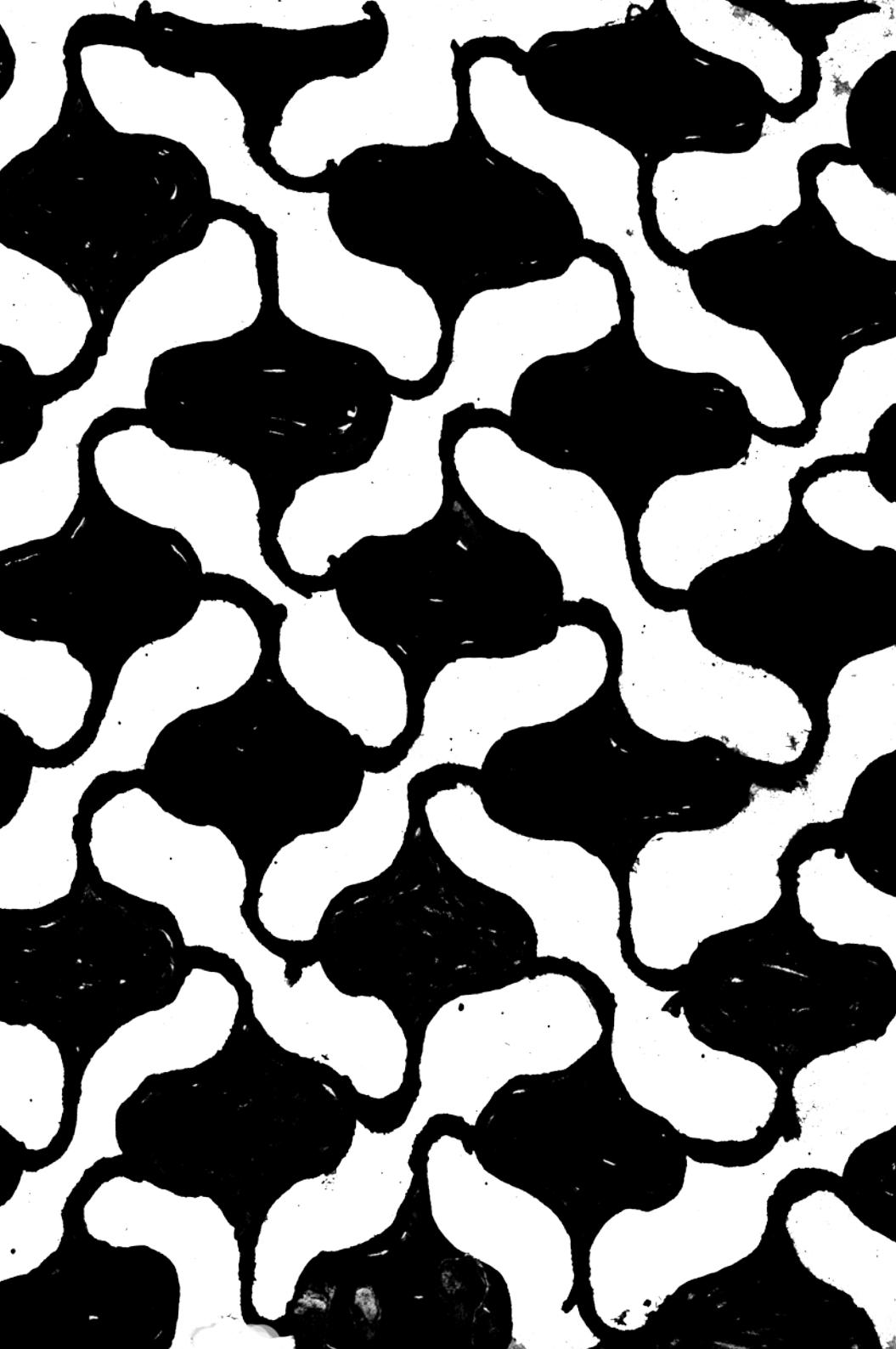
**§ 122.** A alta temperatura é um obstáculo intransponível, embora teórico, na biosfera. Outros fatores, como um todo, exercem uma influência mais decisiva sobre a propagação da vida, impedindo-a de ocupar áreas que, do ponto de vista térmico, seriam acessíveis a ela.

Conforme observamos (§ 101), as áreas do planeta desprovidas de luz estão sendo povoadas por organismos específicos, jovens da perspectiva geológica, e tal processo ainda não chegou ao fim.

Aqui é produzido um fenômeno análogo, que revisamos para o limite superior da biosfera. No curso dos tempos geológicos, a vida desce lentamente, mas de forma irremediável, aproximando-se do seu limite inferior, porém mais longe dele que do seu limite superior. Ela atinge uma geotermia de 100°C, ainda menor que a camada de ozônio.

Os organismos verdes que exigem luz para se desenvolver não têm, é claro, a opção de abandonar a faixa terrestre iluminada pelo Sol. Os organismos heterotróficos e as bactérias autotróficas são aqueles que podem se aventurar nas profundezas.

A vida não penetra da mesma maneira as entranhas do continente como nos abismos oceânicos. A vida animal, amplamente diversificada, adentra mais profundamente nos oceanos. Esse processo depende do relevo do fundo. No entanto, foi possível



verificar sua presença até pouco mais de 6 km: um ouriço do mar, *Hyphalaster paffaiti*, foi encontrado em uma profundidade de 6.035 metros.

As formas aquáticas abissais estão habilitadas a entrar nas formas oceânicas<sup>22</sup>, mas, até agora, nenhum organismo vivo foi encontrado a mais de 6,5 km.

Todo o volume de água é preenchido com bactérias dispersas, encontradas a mais de 5,5 km de profundidade e concentradas na lama do mar. Sua presença no leito dos grandes poços oceânicos ainda não foi confirmada.

**§ 123.** A vida em terra firme é reduzida a níveis relativamente superficiais, em primeiro lugar porque o oxigênio livre nunca se infiltra tão profundamente na crosta.

No oceano, o oxigênio livre em solução gasosa (em que sua quantidade, em relação ao nitrogênio, é sempre proporcionalmente mais importante que na atmosfera) é mantido em contato com o ar externo. O oxigênio atmosférico atinge as grandes fossas oceânicas, até uma profundidade de 10 km, e qualquer perda é compensada por uma nova contribuição do oxigênio atmosférico, com certa defasagem, graças aos procedimentos de dissolução e difusão.

O oxigênio livre desaparece rapidamente à medida que se aprofunda em terra firme; é absorvido por organismos ou compostos ávidos por eles, em especial orgânicos. A pesquisa sobre as águas das nascentes subterrâneas, que brota de um ponto localizado a 1 ou 2 km de profundidade, reflete que elas em gerla não têm oxigênio livre em seus gases. Há um corte acentuado entre a água vadosa, que contém oxigênio livre de ar, e a água fria, desprovida dele, uma mudança que não foi estabelecida com segurança até o momento<sup>23</sup>.

A fronteira de oxigênio livre permanece mais próxima da superfície em solos pantanosos e pântanos. Segundo M. Hasselmann, em nossas latitudes, o primeiro não tem oxigênio livre, se cruzarmos uma camada de 30 centímetros. Sua presença é encontrada em diferentes subsolos a uma profundidade de vários

metros, às vezes dez ou mais, caso não haja nenhum obstáculo para se propagar na forma de rochas compactas que absorvem o oxigênio livre, cujos rastros podem ser revelados em sua face superior, em contato permanente com a água circundante.

As cavidades e rachaduras livres, acessíveis à filtração de ar, atingem excepcionalmente profundidades de algumas centenas de metros. Referimo-nos à prospecção de poços e minas, obra da humanidade civilizada, que marca a profundidade máxima quando excede 2 km, embora sua relevância seja insignificante na escala da biosfera.

Por outro lado, se as transferirmos para o nível do oceano, essas medidas perdem valor. As áreas baixas e profundas dos continentes tendem a ser menos profundas. A depressão continental máxima implica pouco mais de um quilômetro. O lago Baikal, um autêntico mar de água doce na Sibéria, rico em vida, está localizado a 1.050 metros abaixo do nível do mar.

Sem dúvida, a vida no continente, incluindo até mesmo a vida anaeróbica, nunca excede as profundezas do planeta que são acessíveis na hidrosfera. E parece que a vida nos estratos subcontinentais nunca atinge a profundidade média (3,8 km) da hidrosfera. No entanto, a perfuração recente para estudar a gênese do óleo e do sulfeto de hidrogênio reduz consideravelmente o limite inferior da vida anaeróbica. A gênese desses minerais frágeis parece se dever à vida e ocorre em temperaturas muito superiores às da superfície terrestre. Agora, mesmo que os organismos bacterianos envolvidos nesses processos fossem especialmente termodifílicos (um fator que não foi comprovado), eles viveriam em temperaturas em torno de 70 °C. Ou seja, a uma distância ainda maior isogeotérmica de 100 °C.

**§ 124.** Verificamos, assim, que a supremacia da vida na hidrosfera depende não só de seu maior volume, mas do fato de a existência da vida se confirmar ao longo da extensão marinha, à taxa de uma poderosa camada de 10 km de profundidade máxima e 3,8 km de profundidade média; por outro lado, em terra firme

(21% da superfície da Terra), a região de manifestações de vida nem sequer chega a uma espessura de 2,5 km, configurando-se no revestimento de algumas centenas de metros em média. Nesse fino estrato do continente, permeado de organismos vivos, a vida não vai além do nível do mar, exceto em casos raros.

Em escala planetária, a vida termina no continente ao nível do oceano; na hidrosfera, por outro lado, ela se infiltra em uma área de espessura média de 3,8 km.

#### A VIDA NA HIDROSFERA

§ 125. Apesar de uma aparência caótica, os fenômenos da vida na hidrosfera de fato têm características imutáveis ao longo da história geológica, desde a era Arqueozoica. É necessário abordá-los como elementos permanentes e estáveis do mecanismo do córtex global, não exclusivamente da biosfera. No fluxo de todas as eras geológicas, tais fenômenos persistem em certas regiões da hidrosfera, por mais que a vida e o oceano variem muito.

Esse mecanismo da biosfera subsiste, inalterado, em ciclos geológicos.

A densidade da vida, a manifestação de regiões vitalmente prolíficas, deveria servir de base para o estudo do mecanismo em questão. Na estrutura do oceano, chamaremos essas membranas de regiões e concentrações vitais. Elas podem ser consideradas subdivisões secundárias da área da crosta terrestre representada pela hidrosfera, já que são áreas de fato concêntricas em uma situação de continuidade, ou podem se tornar assim em certos períodos de sua história geológica. Portanto, as membranas e concentrações vitais representam, no oceano, as regiões de máxima transformação da energia solar. Os fenômenos oceânicos vitais são convenientes, se pretendermos cobri-los, da perspectiva da sua expressão, na história planetária. Somente sob essa condição seremos capazes de discernir o impacto geoquímico da vida na hidrosfera.

Além da densidade da vida, é necessário determinar as propriedades das membranas e as/das concentrações vitais:



*1. Do ponto de vista do caráter de sua matéria verde viva, bem como a sua localização.* Assim, elucidamos em que áreas da hidrosfera ocorre a formação da principal massa de oxigênio livre no planeta.

*2. Do ponto de vista da distribuição, no espaço e no tempo, da criação de novas gerações;* isto é, da ótica do fenômeno da reprodução nas membranas e concentrações vitais. Tal processo pode nos dar uma ideia quantitativa das leis de mudança regular às quais a energia química está sujeita, bem como a intensidade dela.

*3. Do ponto de vista dos processos químicos que se desenvolvem em membranas e concentrações vitais em relação à história de certos elementos químicos da crosta terrestre,* o impacto da matéria viva do oceano na geoquímica planetária se manifesta dessa maneira. Veremos como as funções das várias membranas e concentrações vitais são imutáveis, específicas e distintas no decorrer dos períodos geológicos.

**§ 126.** Como sabemos (§ 55), a superfície do oceano é coberta por uma membrana contínua de vida verde (plâncton). Representa o campo onde se forma o oxigênio livre, do qual o volume total da água é penetrado, no mesmo fundo, graças aos processos de difusão e convecção.

Os organismos autotróficos verdes do oceano, juntos, acumulam-se particularmente na faixa superior, sem descer 100 metros. Além de 400 metros, em geral apenas animais e bactérias heterotróficas são localizados.

Por um lado, toda a superfície oceânica é o território do fitoplâncton; por outro, plantas grandes, algas e ervas marinhas ocupam o primeiro posto por posições. Elas constituem dois tipos muito diferentes de formações, embora as diferenças em geral não sejam determinadas. Algas e vegetações verdes se desenvolvem prolificamente nas regiões costeiras rasas (concentrações costeiras); no entanto, em tempo hábil, as vegetações formam massas flutuantes no alto mar: como um exemplo notável, vamos recordar o mar dos Sargaços, cuja superfície excede 100.000 km<sup>2</sup> (concentrações de sargaços).

Organismos microscópicos unicelulares, que se aglomeram primariamente na superfície do oceano, no plâncton, representam a massa essencial da vida verde.

Isso se deve à maior intensidade de sua reprodução. A reprodução planctônica corresponde à magnitude V, igual a 250-275 centímetros por segundo (essa magnitude pode se tornar *milhares* de centímetros por segundo), enquanto, no caso das algas costeiras, normalmente flutua entre 1,5 e 2,5 centímetros por segundo (no máximo, algumas dezenas de centímetros). Se a conquista da superfície oceânica (correspondente à energia radiante captada por ela) dependesse apenas da velocidade V, o plâncton deveria ocupar uma área no mar 100 vezes maior do que a das grandes algas. A distribuição desses diferentes dispositivos para gerar oxigênio livre está efetivamente relacionada à ordem de tal magnitude. As algas costeiras são encontradas em regiões rasas do oceano<sup>24</sup>. A extensão dos mares<sup>25</sup>, de acordo com J. Schokalsky, não excede 8% da superfície do oceano, mas uma parte mínima dos mares é coberta por um manto de grandes algas e ervas. Oito centésimos significa o limite máximo de ocupação de superfície por plantas costeiras (um limite inacessível, na prática, para elas). As concentrações flutuantes de sargaços desempenham um papel ainda mais irrelevante. Sua maior concentração, no mar dos Sargaços, equivale a 0,02% da superfície oceânica.

**§127.** A vida verde, que muitas vezes passa despercebida pelo oceano, não cobre, nem remotamente, toda a manifestação vital da hidrosfera. O poderoso desenvolvimento da vida heterotrófica, tão característica nesta área, não costuma ser observado no continente. A impressão geral produzida pela vida marinha, provavelmente correta, é de que os animais, e não as plantas, ocupam a posição hegemônica e morrem, com sua marca, todas as manifestações da natureza viva que se concentra em seu seio.

Agora, essa vida animal não poderia se expandir se coexistisse com a vida vegetal verde. Sua distribuição depende disso, é o efeito de sua presença.

Precisamente, na íntima conexão entre as condições de nutrição e respiração dos reinos animal e vegetal está a formação de acumulações de organismos, membranas e condensações vitais no oceano.

§ 128. No volume global do oceano, a matéria orgânica é modesta. Em termos gerais, deve-se afirmar que a água do mar é inanimada. Mesmo as bactérias autotróficas (§ 94) e heterotróficas mal representam alguns centésimos de seu peso; a partir dessa perspectiva, são equacionadas com os poucos íons químicos das soluções marinhas. Apenas quantidades significativas de organismos vivos são detectadas nas membranas e concentrações vitais. Ambas em geral não cobrem mais de um centésimo de questões vivas. Apenas organismos vivos oportuna e transitoriamente acrescentam vários centésimos da massa da água do mar.

Geralmente, nas membranas e concentrações, a porcentagem de peso de seu conteúdo é mais do que um e pode ser igual a várias unidades.

Todas as concentrações e membranas vitais são regiões com intensa atividade química.

Em seu seio, a vida está em movimento perpétuo. No entanto, essas formações sem mantêm imóveis ou quase imóveis. Embora haja mudanças inumeráveis e contínuas na estrutura da hidrosfera, elas estabelecem equilíbrios estáveis. São tão constantes quanto definir o oceano como as correntes marítimas.

Com base nas características primárias, nas principais linhas de distribuição da vida no oceano, identificamos quatro concentrações estáticas vitais: duas membranas, o plâncton e o lodo do fundo; duas concentrações, as linhas costeiras (marinhas) e as do sargazo.

§ 129. A modalidade essencial e mais representativa de tais aglomerações vitais é *a fina membrana superior, abundante/profusa na vida verde: o plâncton*. Estima-se que cubra toda a superfície oceânica.

O mundo das plantas verdes às vezes explode em plâncton, mas o papel dos organismos animais heterotróficos, cuja existência

depende do fitoplâncton, pode ser igualmente decisivo para sua manifestação global na química planctônica.

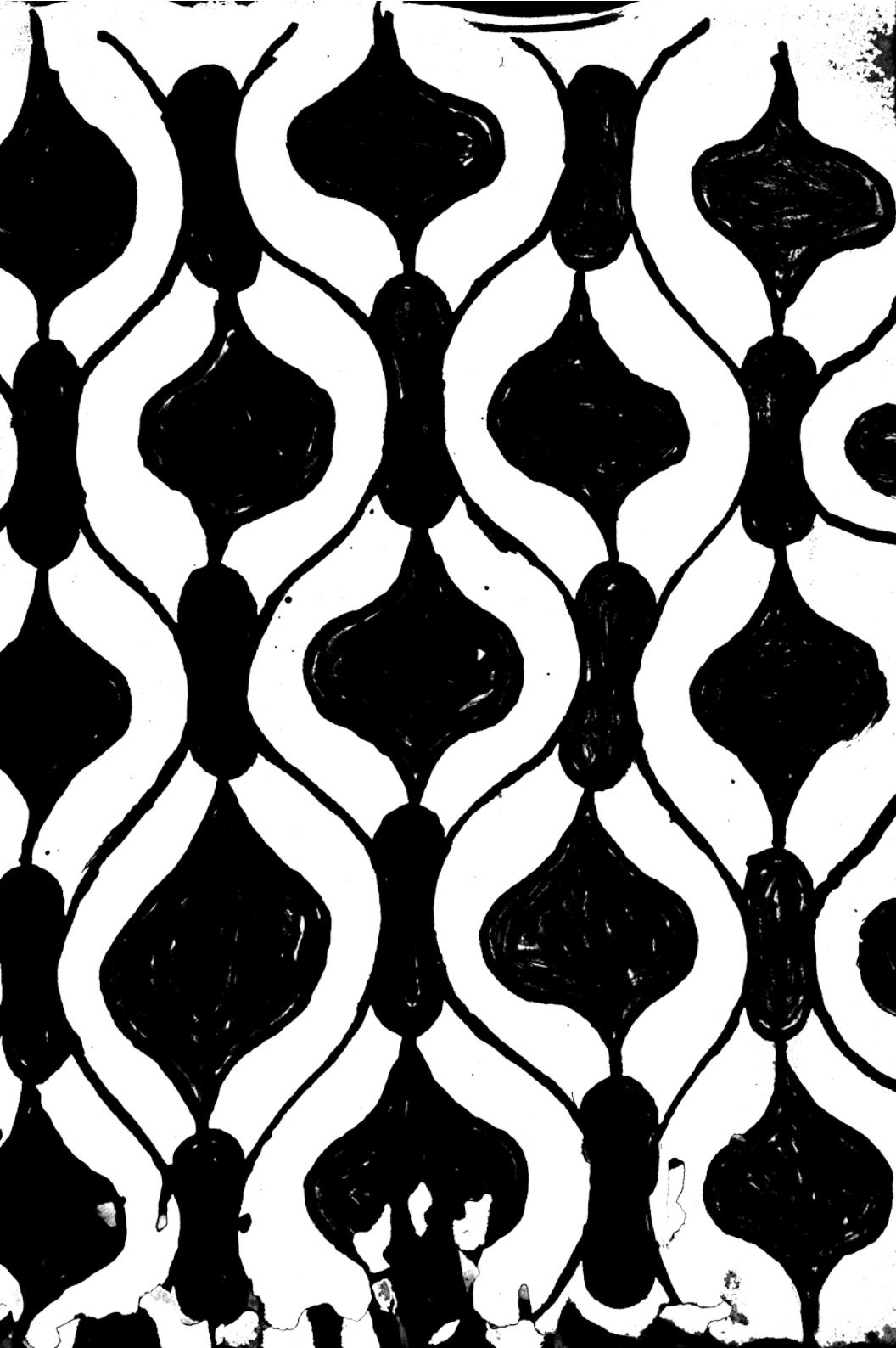
O fitoplâncton é sempre unicelular, mas os metazoários desempenham um papel importante no zooplâncton: podem proliferar, dentro deles, em quantidades nunca detectadas no continente.

Assim, ovos e peixes, corujas, crustáceos, larvas, estrelas do mar etc., são observados esporadicamente no plâncton oceânico, em uma enorme proporção, que excede a dos demais seres vivos.

Segundo M. Hjort, o número de indivíduos por centímetro cúbico varia, em média, para o fitoplâncton microscópico verde, entre 3 e 15; esse número aumenta, para todo o micoplâncton, para uma centena de indivíduos microscópicos (M. Allen, 1919). O número de células fitoplanctônicas não pode coincidir com o de indivíduos heterotróficos. Esse número não inclui bactérias nem a nanoplâncton. No final, isso nos força a admitir que a membrana de plâncton envolve centenas, milhares de indivíduos microscópicos, centros independentes de transmissão de energia geoquímica por centímetro cúbico (§ 48), deve haver centenas, talvez milhares em 1 cm<sup>3</sup>. Formulada em peso, a matéria viva assim disseminada corresponderá em média uns  $10^{-4} \cdot 10^{-3}$  % da massa total de água oceânica; e provavelmente pode exceder significativamente tais valores.

A espessura dessa camada, em geral localizada a uma profundidade entre 20 e 50 metros, não excede algumas dezenas de metros. Às vezes, o plâncton se eleva até a superfície do mar ou desce abaixo da linha indicada. A partir dessa fina membrana, o número de indivíduos acima e principalmente abaixo diminui rapidamente. Em mais de 400 metros, os indivíduos de plâncton em geral são amplamente dispersos.

Os organismos vivos, no volume global das águas oceânicas, cuja camada média tem uma espessura de 3,8 km e cuja profundidade máxima é de cerca de 10 km, constituem uma membrana muito fina, que representa em média a parte  $n \times 10^{-2}$  da espessura



total da hidrosfera. Do ponto de vista da química oceânica, tal fração será considerada ativa, e o restante da massa aquática bioquimicamente pouco ativa.

É evidente que, apesar de sua espessura, a membrana planctônica constitui um componente importante do mecanismo da biosfera, semelhante ao da camada de ozônio com sua proporção insignificante desse gás.

Sua área equivale a centenas de milhões de quilômetros quadrados e seu peso deve representar algo em torno de  $10^{15}$ - $10^{16}$  t.

**§ 130.** Outra concentração de vida, o *lodo do fundo*, é observada no fundo do mar e na fina camada de água adjacente que o absorve/permeia.

Esse estrato, devido ao seu tamanho e volume, assemelha-se à membrana planctônica, embora a exceda de forma significativa pelo seu peso.

Ele se distribui em duas zonas: a primeira, a faixa superior ou *pelogen* (morfogênica)<sup>26</sup>, localiza-se na região do demandante livre. Na superfície, está cheia de vida animal, os metazoários desempenhando um papel proeminente. Relacionamentos muito complexos são estabelecidos entre os organismos dessa biocenose bentônica, que estamos começando a investigar a partir de uma abordagem quantitativa.

Essa fauna tem um enorme desenvolvimento localmente. Como já mencionamos, no caso dos metazoários bentônicos, as concentrações de matéria orgânica originam-se de uma ordem análoga, por hectare, às aglomerações de Metaphyta no continente em situações ótimas de desempenho (§ 58).

Esses lodos vivos e os bentos em contato com eles sem dúvida compõem grandes condensações de matéria orgânica a uma profundidade talvez superior a 5 km.

Indivíduos de animais bentônicos diminuem, numérica e sensivelmente, de 4-6 km. Nos poços mais profundos, após 7 km, os animais macroscópicos podem desaparecer.

Sob os bentos, o lodo de fundo forma o fundo da primeira tira. Os protistas predominam lá em uma proporção enorme,

jogando as bactérias um papel principal em virtude de sua energia geoquímica transbordando. Apenas a fina lâmina superior, de espessura de poucos centímetros, a área morfogênica, contém oxigênio livre; embaixo dela há uma espessa camada de lama saturada de bactérias anaeróbias, perfurada talvez por incontáveis seres escavadores.

Todas as reações químicas ocorrem em um meio claramente desoxidante. A função dessa camada relativamente fina na química da biosfera é enorme (§ 141). A espessura da membrana inferior, incluindo cada um dos lodos, às vezes ultrapassa 100 metros. No entanto, ela pode ser mais espessa, por exemplo, nas regiões abissais do oceano, onde vivem organismos como os lírios mariinhos, cuja importância nos processos químicos do planeta parece ser notável. Hoje ainda estamos impossibilitados de determinar a espessura de tal concentração de vida, mas estimamos que esteja em uma média entre 10-60 metros.

§ 131. O plâncton e a membrana profunda penetram toda a hidrosfera. Se a superfície do plâncton passou a ser, em resumo, semelhante à do oceano, ou seja, igual a  $3,6 \times 10^8 \text{ km}^2$ , a superfície da membrana inferior deve ultrapassá-la de modo considerável, uma vez que acomoda a complexidade e as irregularidades do relevo submarino.

A essas duas membranas que circundam a hidrosfera somam-se outras duas concentrações vitais intimamente ligadas em sua existência com a superfície planetária rica em oxigênio livre: nos referimos às concentrações naturais de vida verde, muito ligada ao plâncton, as *concentrações costeiras e o sargão*.

Às vezes, as *concentrações costeiras* cobrem todo o volume de água no fundo do oceano, à medida que se adaptam às regiões menos profundas da hidrosfera.

Sua área não supera, em nenhum caso, um décimo da superfície oceânica. Quanto à espessura, cobre algumas centenas de metros, 500 metros, atingindo excepcionalmente quilômetros. Eles tendem a se acumular em massas articulares com a membrana planctônica e o lodo de fundo.

As concentrações costeiras vitais estão sempre ligadas às regiões mais acessíveis, os mares e as áreas do oceano perto das costas. Estão relacionados à infiltração nas águas e nos raios solares luminosos, bem como aos térmicos, à erosão continental e à contribuição de soluções aquosas, ricas em detritos orgânicos e em poeira terrestre, em suspensão, pelos rios. A quantidade geral dessa vida será necessariamente menor do que aquela que está ligada às membranas planctônica e de fundo, uma vez que as profundidades que não excedem um quilômetro não representam sequer um décimo da superfície oceânica. Parte dela é uma floresta de algas e vegetações marinhas: acúmulo de moluscos, formação e corais, algas calcárias e briozoários.

§ 132. As concentrações de sargaço, ao que tudo indica, ocupam uma posição especial que, anteriormente, atraía pouca atenção e recebeu diferentes explicações. Elas diferem das membranas planctônicas por sua autonomia em relação à erosão continental e a contribuição dos produtos orgânicos pelos rios. Em contraste com os litorais, são acumulações oceânicas, observadas na superfície das regiões profundas do oceano, sem qualquer relação com os bentos ou com o lodo do fundo.

Durante muito tempo foram consideradas formações secundárias, restos flutuantes de concentrações costeiras levadas por ventos e correntes marítimas. Sua presença em áreas específicas do oceano era, portanto, o resultado da distribuição de ventos e correntes, sendo áreas em abundância.

Opiniões como os anteriores ainda são assunto para a literatura científica, mas os fatos os invalidam, pelo menos no que diz respeito ao “mar dos Sargaços” no Oceano Atlântico, o maior e o mais estudado sobre as concentrações dessa classe.

Encontramos uma fauna e flora peculiares, com alguns representantes que, sem dúvida, vêm dos bentos das regiões costeiras. É provável que L. Germain (1924) estivesse certo quando se referiu à adaptação lenta desta fauna e desta flora às novas condições, à evolução da matéria costeira viva afetada pelo lento afundamento continental no decorrer dos períodos geológicos ou pela

imersão de grupos de ilhas, agora desaparecidas, que já estiveram onde se localiza o mar dos Sargaços.

O futuro mostrará se essa explicação pode ou não ser aplicada a todas as outras numerosas concentrações de vida desse tipo. Mas a questão permanece: encontrar um tipo de concentração de vida, rica em grandes organismos vegetais, povoado por inúmeras espécies de animais singulares, de membranas diferentes, planctônicas e de fundo, e de concentração costeira. A contabilidade exata não foi feita, mas, aparentemente, a área do oceano que englobam é pequena, incomparavelmente menor que a área de aglomeração costeira.

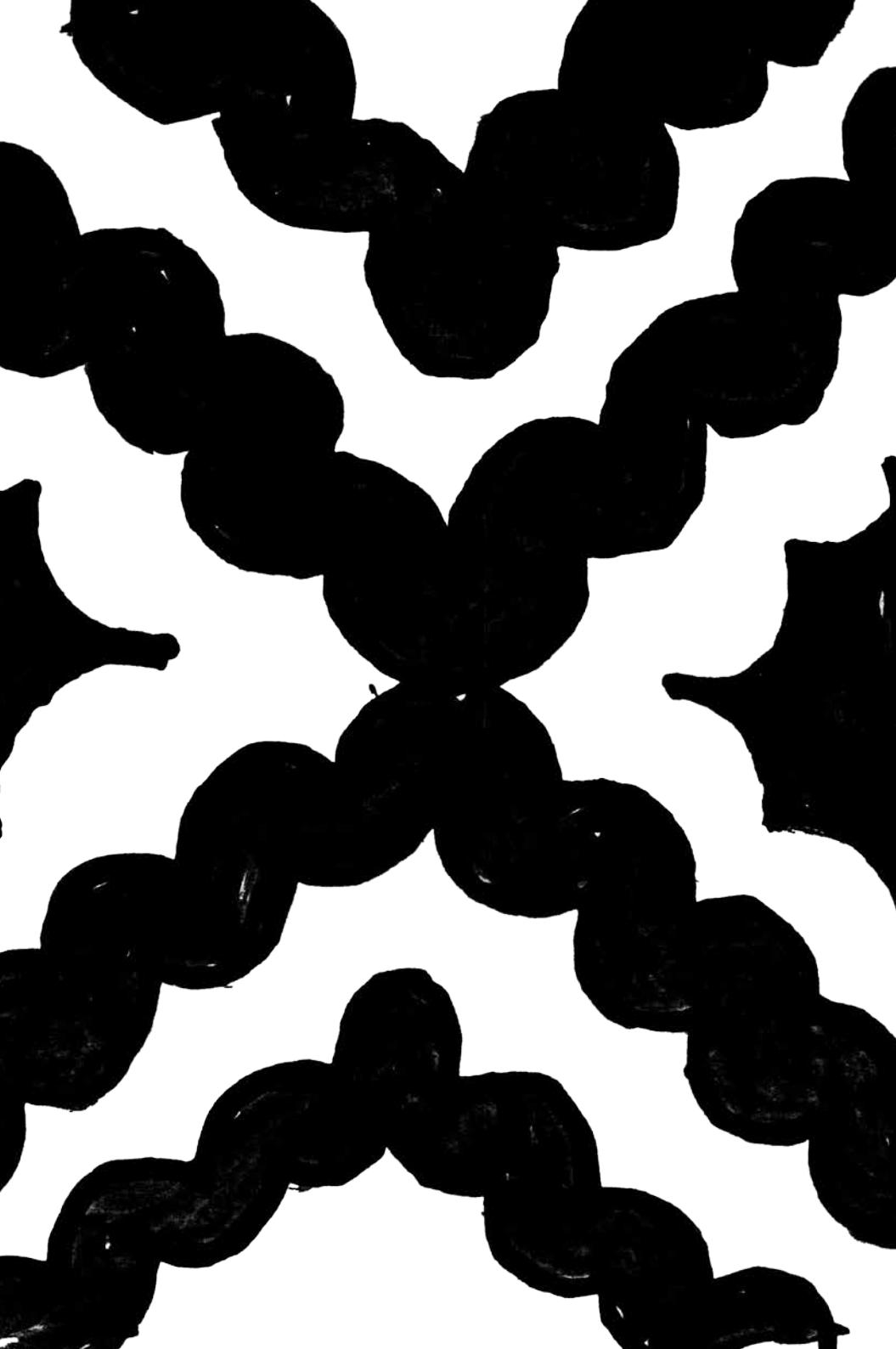
§ 133. A partir dos fatos apresentados, infere-se que apenas 2% da massa total do oceano seja ocupada por concentrações vitais. Os 98% restantes abrigam a vida em estado de dispersão.

Sem dúvida, essas concentrações e membranas de vida exercem uma forte influência em todo o oceano e afetam, em particular, sua composição química, seus processos químicos e seu regime de gás, mas os organismos localizados nessa espessura, nas camadas intermediárias, não introduzem significativas mudanças mesmo para quantificar o fenômeno.

Dessa forma, em toda a nossa consideração sobre a importância da vida na biosfera, podemos deixar de lado a massa principal da água oceânica e levar em conta apenas quatro áreas de aglomeração: as membranas planctônicas e do fundo do mar, as condensações costeiras e os sargaços.

§ 134. Em todas essas biocenoses, a reprodução ocorre com interrupções temporais, em um certo ritmo. O ritmo da reprodução corresponde ao ritmo do trabalho geoquímico da matéria viva. O ritmo da reprodução das membranas e aglomerações determina alterações na sua atividade química para todo o planeta.

Como sabemos, o traço mais característico para as duas membranas oceânicas vitais é a supremacia em seu seio de protistas, um pequeno organismo dotado da velocidade máxima de reprodução. É improvável que a velocidade com que a vida é



transmitida, a magnitude V, sob condições favoráveis e normais de sua existência, seja inferior a 1.000 centímetros por segundo (§ 40). Portanto, os corpos com maior intensidade de trocas gasosas, sempre proporcionais à sua superfície, serão os que manifestam por hectare a energia geoquímica cinética máxima (§ 41), isto é, capaz de gerar, na unidade de tempo, a maior massa de matéria viva por hectare e atingir mais rapidamente o limite de fertilidade.

Os protistas parecem ter uma velocidade rápida para se reproduzir não são idênticos na membrana planctônica e no fundo. Nesse último, prevalecem as bactérias que penetram as massas maciças de resíduos de organismos maiores, em decomposição, cujo aglomerado prevalece. Na membrana planctônica, da perspectiva da massa material envolvida, as bactérias estão na segunda linha, enquanto as protistas e o protozoários verdes estão listados na primeira.

§ 135. Os protozoários não representam o componente principal da vida animal no plâncton. Os metazoários são encontrados entre os animais: crustáceos, larvas, peixes jovens etc.

A taxa de reprodução dos metazoários em geral é mais lenta que a dos protozoários. No caso de seres superiores, a velocidade com que a vida é transmitida é calculada em frações de um centímetro por segundo. Quanto aos peixes e crustáceos do plâncton, a magnitude V não parece ser inferior a algumas dezenas de centímetros

Uma enorme quantidade de metazoários, muitas vezes na forma de indivíduos volumosos, constitui a característica da camada de vida do fundo nos bentos oceânicos. Sua reprodução é realizada, em certos momentos, a uma velocidade menor que a dos pequenos organismos do plâncton. Os organismos dotados de baixa intensidade de reprodução podem ser observados.

Os metazoários e as metáfitas representam as concentrações costeiras e sargacos, os protistas de diferentes espécies ocupam no fim das contas uma posição secundária, não sendo os que determinam a intensidade dos processos geoquímicos dentro de tal



biocenosis. Nessas regiões, em especial nas concentrações costeiras, os metazoários começam a dominar diretamente, tornando-se os principais indicadores. A importância que podem ter é evidente; por exemplo, nas aglomerações de corais, hidroides, crinoides ou briozoários;

§ 136. A cadênciā da reprodução e a regularidade de seu ritmo estão longe de ser completamente entendidas pelo pensamento científico. Sabemos apenas que a reprodução é realizada com pausas e que existe em um universo circundante, uma ordem sequenciada de tal processo, que está intimamente relacionada a fenômenos astronômicos. A reprodução depende da quantidade de luz e calor do Sol, da quantidade de vida, do caráter do ambiente.

A intensidade da reprodução orgânica, singular para cada espécie, está relacionada à migração de átomos, que são mais necessários à vida do organismo, quanto mais abundantemente intervêm em sua composição. Na atual conjuntura, a membrana planctônica nos fornece o cenário menos sombrio desse fenômeno.

§ 137. A alteração causada pela reprodução é sempre realizada ritmicamente e corresponde às oscilações do ambiente vital que se repete a cada ano, ou seja, uma função dos movimentos rítmicos do oceano: as marés, as mudanças térmicas, a salinidade da evaporação, a intensidade da luz solar; todas as origens cósmica.

Sob tais fenômenos, uma onda que cria matéria orgânica, na forma de novos indivíduos, se espalha durante a primavera pelo oceano. Sua abrangência é reduzida no verão. E se manifesta pela performance anual de quase todos os seres superiores e influencia a composição do plâncton. “Com uma imutabilidade comparável àquela do advento do equinócio da primavera e do aumento das temperaturas, com precisão idêntica, a massa animal e vegetal do plâncton, que povoa um dado volume de águas marinhas, atinge seu clímax anual para diminuir de novo mais tarde.” (J. Johnstone, 1911).

O cenário desenhado por Johnstone refere-se às nossas latitudes, mas *mutatis mutandis* poderia ser aplicada a todo o oceano.

O plâncton representa uma biocenose; todos os organismos que a integram estão intimamente ligados, em sua existência, uns aos outros. Há uma predominância de crustáceos copépodes, que se alimentam de diatomáceas, como, por exemplo, no norte do Oceano Atlântico.

É possível observar um ritmo regular que se repete anualmente nos mares do nordeste da Europa. Entre fevereiro e junho (para a maioria dos peixes, entre março e abril), o plâncton transborda de ovos de peixe. Na primavera, a partir de março, as diatomáceas silicosas reproduzem-se (*Biddulphia*, *Coscinodiscus*, mais tarde algumas espécies de dinoflagelados). O número de diatomáceas e piridinas regredem rapidamente no verão e é substituído por copépodes e outros representantes do zooplâncton. No outono (setembro, outubro), destaca-se um novo surgimento de fitoplâncton, de menor intensidade. Os meses de dezembro e, acima de tudo, janeiro e fevereiro são caracterizados por uma letargia vital, por conta da redução do processo de reprodução.

Essa alternância do ritmo reprodutivo é específica, constante e diferente para cada organismo; e se repete todos os anos com uma precisão imutável que caracteriza todos os fenômenos de origem cósmica.

#### CICLOS GEOQUÍMICOS DAS CONCENTRAÇÕES E MEMBRANAS VITais DA HIDROSFERA

**§ 138.** O ritmo geoquímico de reprodução é expresso pelo ritmo dos processos químicos terrestres. Toda camada e toda concentração de vida representam uma área na qual certos compostos químicos são formados.

Deve-se notar, para toda a matéria viva, que os elementos químicos, uma vez incorporados aos círculos vitais, não tendem mais a migrar; permanecendo ali de forma eterna. Há sempre uma pequena porção que se separa na forma de minerais vãos. Essa parte é precisamente a que aparece como a criação da química oceânica. A intensidade com que os organismos se reproduzem tem um impacto na intensidade com que os corpos vadosos se formam.

A camada planctônica é o principal campo do qual o oxigênio livre é liberado, um produto vital dos organismos verdes. Nela, estão concentrados os compostos de nitrogênio, que desempenham um papel crucial na química terrestre desse elemento. A camada representa o centro no qual os compostos orgânicos de água oceânica são feitos. Várias vezes por ano, o cálcio se acumula na forma de carbonatos; silício, na forma de opalas. Eles acabam se depositando na camada do fundo. Os resultados desse trabalho, geologicamente acumulados, podem ser observados nas espessas camadas de rochas sedimentares, na parte orgânica das rochas calcárias (algas microscópicas, foraminíferos) e nos depósitos silicosos (diatomáceas e radiolários).

**§ 139.** De certo modo, as concentrações de sargaços são parecidas com as linhas costeiras, por seus produtos químicos, à camada planctônica. Eles também participam ativamente da criação de oxigênio livre, compostos de nitrogênio oxidado, compostos de carbono oxidados e nitrogenados, compostos de cálcio.

Ao que tudo indica, em tais regiões haveria concentrações de magnésio, um elemento envolvido na composição das partes sólidas dos organismos, em quantidades menores que o cálcio, mas, no entanto, em proporções significativas e importantes, uma porcentagem de magnésio passaria diretamente, por essa via, para ser integrado na composição dos minerais vadosos.

Muito menos do que a camada planctônica, essas acumulações de vida são importantes na história do silício, embora aqui também sua circulação por meio da matéria viva seja muito intensa.

**§ 140.** A história de todos os elementos químicos em concentrações e camadas de vida é caracterizada por dois processos divergentes: primeiro, pela migração de elementos (distintos e determinados para cada um) por meio da matéria viva; em segundo lugar, por sua liberação na forma de compostos vadosos, escapando dos circuitos vitais.

Uma separação similar é inestimável em um curto ciclo de vida, por exemplo, de um ano, uma vez que a quantidade de

elementos que, em tal intervalo de tempo, deixam o ciclo de vida é insignificante. A emigração só será perceptível após longos períodos, já não históricos, mas geológicos. Assim, as massas de matéria inerte em estado sólido são criadas na crosta terrestre que reproduzem várias vezes o peso da matéria orgânica existente, a qualquer momento, no planeta.

Dessa perspectiva, a camada de plâncton se distingue claramente das concentrações costeiras<sup>27</sup>. O ciclo de sua vida libera quantidades infinitamente maiores de elementos químicos do que a planctônica, de modo que elas têm um maior vestígio na estrutura da crosta terrestre.

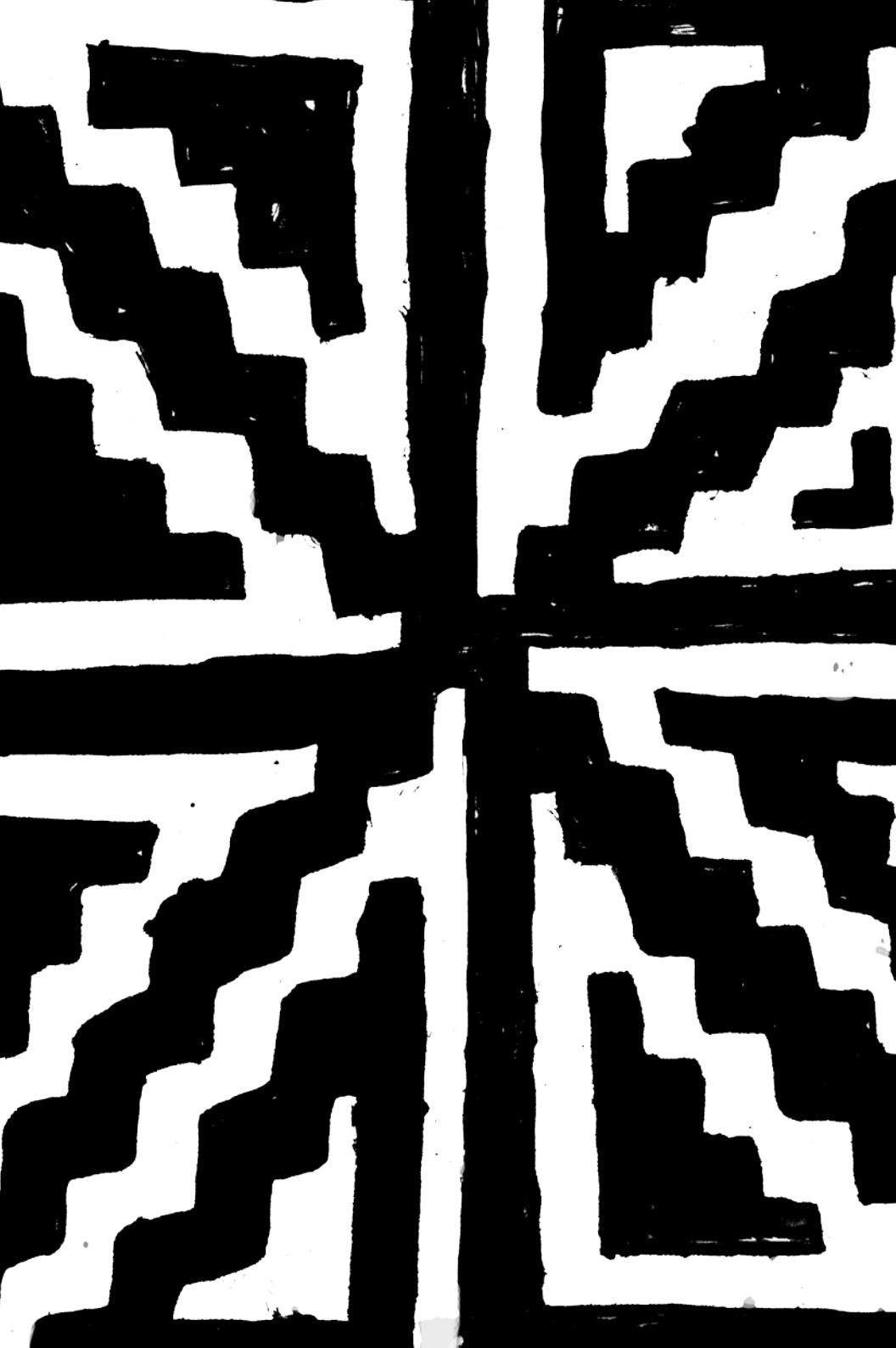
Nas áreas mais baixas das concentrações costeiras, próximo da camada do fundo do mar, bem como nas faixas adjacentes ao continente, é onde esses fenômenos são preferencialmente observados. No segundo caso, a criação de compostos orgânicos sólidos de carbono e nitrogênio é típica, assim como a evaporação do ácido sulfídrico, ligada à liberação de enxofre da região da crosta terrestre estudada. É por causa desse processo bioquímico que os sulfatos deixam os lagos e baías salgados que se formam nas bordas das bacias marinhas.

**§ 141.** Não há limite definido, no caso de concentrações costeiras, que separe as reações químicas do fundo e da superfície; a fronteira, no entanto, é muito clara no meio do oceano, onde ambas as camadas vitais, quimicamente ativas, são separadas umas das outras por um volume de água quimicamente inerte, de uma espessura de vários quilômetros.

Em concentrações costeiras, as fronteiras entre as camadas da hidrosfera em geral se aproximam e desaparecem em mares rasos e próximos da costa.

Nesse último caso, se funde a ação de todas as aglomerações vitais, e áreas de trabalho bioquímico especialmente intenso de vários tipos passam a ser observadas.

As concentrações de organismos dotados de energia geoquímica máxima, as bactérias, destacam-se na linha de frente.



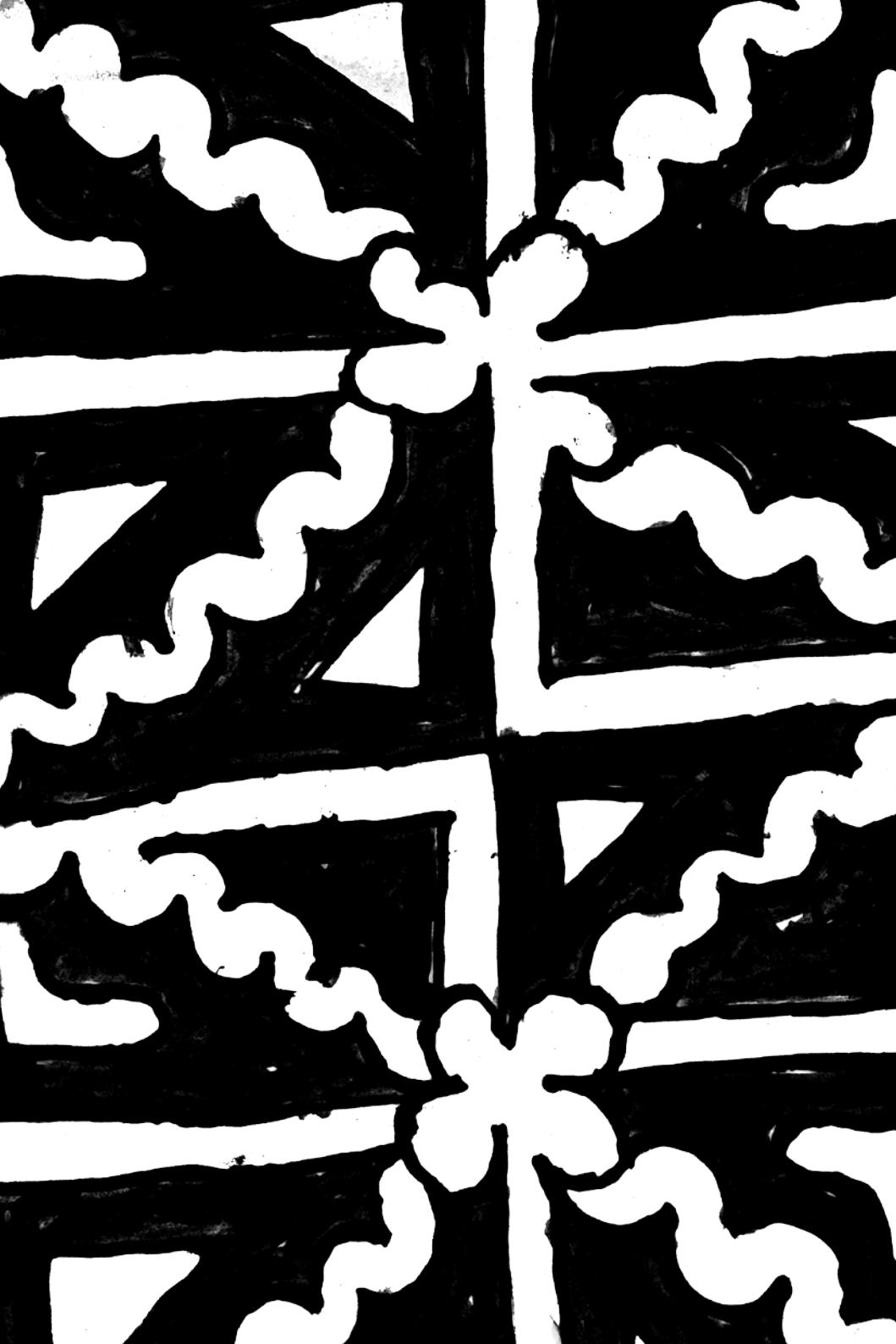
As condições químicas do meio usual suportam, ao mesmo tempo, uma mudança abrupta, pois, devido à abundância de compostos, principalmente de produtos orgânicos que absorvem avidamente o oxigênio livre fornecido pela superfície, um meio redutor é estabelecido na membrana do fundo, no lodo marinho. São os domínios das bactérias anaeróbicas. Apenas uma fina membrana de limo, de poucos milímetros, a região (*pelogen*) morfogênica, constitui o campo dos processos bioquímicos de intensa oxidação, nos quais se formam nitratos e sulfatos. Essa lámina separa a população superior das concentrações vitais do fundo (análogas às linhas costeiras devido às suas manifestações químicas) da população do meio redutor, do lodo inferior, em um lugar praticamente desconhecido em outros lugares da biosfera.

Na realidade, o equilíbrio estabelecido entre o meio oxidante e o meio redutor é continuamente perturbado pelo incansável zelo dos animais escavadores; reações bioquímicas e químicas ocorrem em ambas as direções, forçando a criação de corpos instáveis ricos em energia química livre.

No entanto, é impossível nesse momento avaliar o escopo geoquímico desse fenômeno. Por outro lado, a peculiaridade característica das camadas do fundo é o depósito incessante de restos orgânicos em putrefação que vêm das camadas planctônicas, dos sargazos, dos mares e oceanos

Esses detritos orgânicos são sondados com bactérias, principalmente anaeróbias; elas contribuem para reforçar o caráter de redução química do meio constituído pelas camadas do fundo.

**§ 142.** As concentrações vitais do fundo, em relação ao caráter de sua matéria viva, cumprem um papel único na biosfera; elas participam de maneira essencial, na criação de sua matéria inerte. De fato, os produtos básicos de seus processos bioquímicos, em condições aeróbicas, sem oxigênio livre, não são gases, mas corpos sólidos ou coloidais que, com o passar do tempo, tornam-se principalmente sólidos. Essas regiões atendem a todas as condições propícias à conservação dos organismos, uma vez que, quando mortos, escapam rapidamente às condições bioquímicas



usuais em que se decompõem e apodrecem, assim como seus restos; para que tais processos ocorram, o meio deve conter oxigênio livre, transformando grande parte da matéria orgânica em produtos gasosos, que não são consumidos.

Já em uma profundidade rasa, na lama marinha, não só a vida aeróbica, mas também a anaeróbica, se extingue. À medida que os resíduos vitais e as partículas de matéria inorgânica em suspensão são depositadas, as camadas inferiores do lodo marinho se tornam inanimadas e os corpos químicos criados pela vida não têm chance de se transformar em gases ou de se integrar em novas formas de vida. A membrana de vida de lodo nunca excede alguns metros, enquanto cresce sem cessar na superfície. Nas zonas inferiores, a vida é inexoravelmente extinguida.

O “desaparecimento” de detritos orgânicos, sua gaseificação, é sempre um processo bioquímico. Nas camadas azoicas os restos orgânicos são modificados de forma diferente, gradualmente; com os ciclos geológicos, eles mudam para minerais vadosos sólidos e coloidais.

Os produtos de uma gênese semelhante nos cercam em todos os lugares, modificados por processos químicos com a passagem do tempo e configuraram, sob o aspecto de rochas sedimentares, as camadas superiores do planeta, atingindo uma espessura média de vários quilômetros. Essas rochas tornam-se gradualmente metamórficas, suavizam mais alterações e, penetrando em regiões onde reinam as altas temperaturas, na camada magmática da Terra, integram-se na composição de rochas compactas, hipoabissais, freáticas ou juvenis, que com o tempo reintegram-se na biosfera devido à energia da qual a alta temperatura dessas camadas é um expoente.(§ 77, 78).

Esses produtos carregam energia livre, transmitida pela vida em energia química, originalmente capturada pelo organismo verde, na biosfera, na forma de radiações cósmicas e raios solares.

**§ 143.** As camadas de vida do fundo, assim como as concentrações costeiras sobrepostas, merecem atenção especial ao avaliarmos o trabalho químico da vida da matéria em nosso planeta.

Elas configuram regiões quimicamente ativas e poderosas da crosta terrestre, que operam com vagareza, mas constância ao longo de todas as idades geológicas.

A distribuição muito variada na sucessão dessas eras, dos mares e continentes e da superfície da Terra nos ilustra sobre o deslocamento planetário das camadas e concentrações de vida no tempo e no espaço.

A importância geoquímica das camadas vitais de fundo é muito considerável para a sua zona de oxidação superior (especialmente os bentos), bem como para as camadas redutoras inferiores. Essa importância aumenta nas regiões onde são confundidas com as concentrações costeiras e onde o oxigênio livre, e os produtos geoquímicos ligados a ela e o trabalho da vida verde são adicionados aos produtos usuais; ou seja, acima de 400 metros (§ 55).

O meio de oxidação da camada de fundo é claramente manifestado na história de muitos outros elementos químicos, além de oxigênio, nitrogênio ou carbono.

Primeiro, esse meio altera profundamente a história terrestre do cálcio. É muito característico que esde seja o metal predominante na matéria viva. É provável que sua proporção exceda, em peso, um centésimo da composição média da matéria viva. Em múltiplos organismos, principalmente marinhos, a proporção de cálcio excede 10%, até 20%. Deste modo, pela ação da matéria viva, o cálcio dissocia-se na biosfera do sódio, magnésio, potássio e ferro, com os quais é possível compará-lo em termos quantitativos e com os quais se combina, em moléculas e os processos vitais de organismos na forma de carbonatos e fosfatos complexos, mais raramente de oxalatos, também persistem, sob essa mesma forma um tanto alterada, nos minerais vadosos de origem bioquímica.

O oceano, principalmente em suas regiões vitais, costeiras e profundas, constitui o mecanismo pelo qual as concentrações de compostos de cálcio do planeta se originam, ausentes em áreas recentes de sua crosta, ricas em silício, e em regiões freáticas profundas.

Pelo menos  $6 \times 10^{14}$  gramas de cálcio são gerados anualmente no oceano no modo carbonato. Existem entre  $10^{18} \times 10^{19}$  gramas de cálcio em um estado de migração permanente no ciclo de vida da matéria orgânica, o que implica uma porção considerável do cálcio total existente na crosta terrestre (cerca de  $7 \times 10^{23}$ ) e uma porção muito considerável de cálcio na biosfera. O cálcio se concentra não apenas pela ação de organismos bentônicos que têm uma alta taxa de transmissão de vida – moluscos, crinóides, estrelas do mar, algas, corais, hidróides e outros –; mas também é fixado pelos protistas da lama marinha e, em especial, o plâncton, incluindo o nanoplâncton, bem como as bactérias dotadas da energia cinética geoquímica máxima da matéria viva.

Ao liberar os compostos de cálcio que formam montanhas maciças inteiras com um volume de alguns milhões de quilômetros cúbicos, a energia solar regula a atividade de organismos e determina a química da crosta terrestre, como ocorre através da decomposição de ácido carbônico e de água, criando assim compostos orgânicos e oxigênio livre.

O cálcio é essencialmente liberado na forma de carbonatos, mas também fosfatos. Os rios o transportam para os oceanos; no continente, a sua parte principal já passou por outra forma devido à ação da matéria viva terrestre (§ 156).

**§ 144.** Tais regiões onde a vida está concentrada exercem uma impressão análoga na história de outros elementos habituais da crosta terrestre, entre eles, a do silício, alumínio, ferro, manganes, magnésio e do fósforo.

Muitos enigmas persistem nesses complexos fenômenos naturais, mas o resultado final, a enorme importância dessa camada de vida na história geoquímica dos elementos listados, não deixa dúvidas.

Na história do silício, a influência da camada de fundo é manifestada por meio da formação de sedimentos dos restos de organismos siliciosos originários do plâncton, do fundo: radiolários, diatomáceas, esponjas do mar. Em suma, as maiores concentrações

conhecidas de sílica livre têm origem, atingindo um volume de milhões de quilômetros cúbicos. Essa sílica livre, inerte e pouco propensa a ser modificada na biosfera é um potente fator químico em sua qualidade como portadora de energia química livre nas camadas metamórficas e magmáticas da Terra, dado seu caráter químico ácido de anidrido livre.

Não há dúvida sobre a segunda reação bioquímica que ocorre, cuja importância ainda não podemos elucidar. Referimo-nos à decomposição, pelo trabalho das diatomeas e talvez das bactérias, dos aluminossilicatos de estruturas caulinitas que, por um lado, provoca a formação dos depósitos de sílica livre dos quais já falamos e, por outro, a criação de hidróxidos de alumínio. Ao que parece, esse processo não é patrimônio exclusivo do lodo marinho. De acordo com a pesquisa de J. Murray e R. Irvin, isso também ocorreria em partículas de argila suspensas na água do mar, que por sua vez são o resultado de processos bioquímicos de alteração superficial da matéria inerte dos continentes e ilhas.

§ 145. A importância dessas regiões e de suas reações bioquímicas é repetida na história do ferro e manganês. O resultado dessas reações também é questionado: nos referimos à gênese das maiores concentrações desses elementos conhecidos na crosta terrestre; por exemplo, os minerais de ferro da Era Terciária, Mesozoico, de Kertch, na Lorena. Tudo indica que essas limonitas e esses cloretos ricos em ferro foram formados com a intervenção direta de manifestações vitais. Mesmo quando o fenômeno, em nível químico, não é perfeitamente elucidado, o fato fundamental, seu caráter bioquímico e bacteriano, é indiscutível. Trabalhos recentes dos pesquisadores russos B. Perfilev, P. Butkevitch e B. Issatschenko (1926-1927) confirmaram tal fato.

Os mesmos processos são repetidos na extensão total da história geológica desde a era pré-cambriana (arcaica). Assim, por exemplo, as maiores concentrações antigas de ferro em Minnesota foram formadas.

Os numerosos minerais de manganês e suas concentrações máximas na Transcaucásia têm um caráter semelhante.

As transições ocorrem entre minérios de ferro e manganês; na atualidade, em espaços similares no fundo do mar, ocorrem eventos semelhantes, cuja origem bioquímica bacteriana é praticamente segura.

§ 146. A gênese dos compostos de fósforo que, ainda hoje, estão depositados no fundo do mar em condições desconhecidas, tem semelhanças. Sua relação com os fenômenos da vida, com processos bioquímicos, não é discutida, mas continuamos inferindo o mecanismo exato do processo.

É um fato comprovado que o fósforo dos depósitos de fosfrita dessa classe, na forma de concreções, conhecido na extensão de toda a história geológica, pelo menos, desde a cambriana, tem origem orgânica. Em todo lugar está ligado às concentrações vitais do fundo do mar. Ainda hoje, embora em menor escala, podemos encontrar concentrações de fosforita nas áreas próximas da África do Sul, por exemplo.

Sem dúvida uma parte desse fósforo já havia sido acumulada pelos organismos durante sua existência na forma de fosfatos complexos, concentrada em várias áreas do corpo, ricas em fósforo.

No entanto, o fósforo dos organismos, tão vitalmente essencial, não costumam abandonar o ciclo da vida. As condições sob as quais ele pode emigrar não são claras; tudo parece indicar, entretanto, que, junto com o fósforo dos esqueletos (compostos de cálcio sólido), o fósforo dos compostos orgânicos coloidais, assim como os fosfatos dos humores orgânicos, se transforma em concreções e participa, dessa maneira, na emigração do ciclo de vida.

A emigração de fósforo é realizada quando organismos com esqueletos que o contêm em abundância perecem, e as condições que impedem os processos habituais de alteração de seus corpos, proporcionando um ambiente favorável para a atividade vital de bactérias específicas.

Seja como for, a origem biogênica dessas concentrações de fósforo é estabelecida, sua ligação íntima e permanente com o lodo de fundo, bem como a reprodução incessante de fenômenos análogos no curso de todos os tempos geológicos.

Além disso, as maiores concentrações de fósforo conhecidas, como depósitos terciários no norte da África ou em estudos ambientais no sudeste da América do Norte, se acumulam.

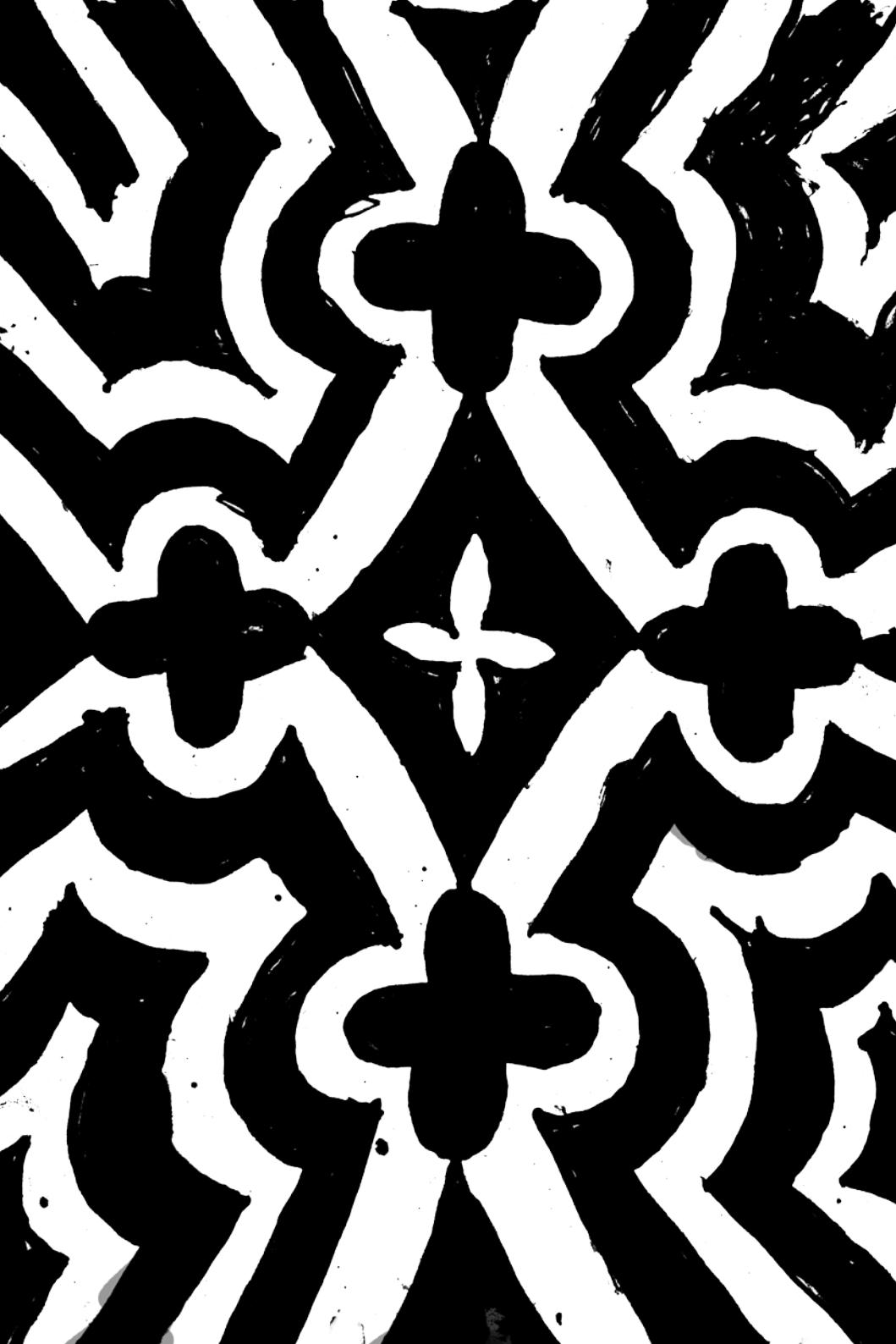
§ 147. O conhecimento sobre o trabalho químico da matéria viva na camada do fundo do mar é muito imperfeito. Sua importância não é questionada na história do magnésio, de bário, e poderia afetar a de outros elementos como o vanádio, estrôncio ou urânio. Estamos diante de uma vasta composição de fenômenos pouco explorados pelas ciências experimentais.

Outra área da camada do fundo, a inferior desprovida de oxigênio, é ainda mais insondável e enigmática. É a região da vida bacteriana anaeróbica e os fenômenos físico-químicos relacionados aos compostos orgânicos que a acessam. Tais compostos foram criados em um novo meio rico em oxigênio por organismos vivos únicos, diferentes daqueles que povoam nosso contexto de vida comum.

Embora deixemos de lado principalmente os processos que ocorrem no fundo do mar e vejamos obrigados a recorrer a conjecturas para responder às múltiplas questões que dizem respeito a eles, não é apropriado dispensar tais processos. É preciso levar em consideração ao avaliar o papel da vida no mecanismo da crosta terrestre.

Duas generalizações empíricas estão acima de qualquer incerteza: 1) a importância desses depósitos na lama marinha, ricos em detritos orgânicos, na história do enxofre, fósforo e ferro, cobre, chumbo, prata, níquel, vanádio, presumivelmente de cobalto, além de outros metais escassos; 2) a reprodução desse fenômeno em vários períodos geológicos em uma escala importante, destacando o vínculo que o liga às condições fisico-geográficas específicas de dessalinização secular de bacias marinhas e o caráter biológico dessas condições.

§ 148. O enxofre está, sem dúvida, diretamente envolvido na liberação de organismos vivos especiais: bactérias que produzem sulfeto de hidrogênio, sulfatos de decomposição ou compostos orgânicos complexos contendo enxofre. O sulfeto de hidrogênio



liberado nesse processo participa de reações químicas e produz metais sulfurosos. Essa evolução bioquímica do sulfeto de hidrogênio é um fenômeno característico dessa área e pode ser observado continuamente em toda a lama marinha, e em suas partes externas, sendo rápida e bioquimicamente oxidada em sulfatos.

O caráter bioquímico dos compostos dos metais remanescentes não é tão claro. No entanto, tudo indica que o ferro, o cobre, o vanádio e talvez outros metais associados ao enxofre tenham sido criados pela alteração de organismos ricos em tais elementos. Por outro lado, é provável que a matéria orgânica do iodo marinho tenha a propriedade de fixar metais, de incorporá-los a partir de soluções diluídas; os próprios metais, no entanto, às vezes não têm qualquer relação com a matéria viva.

No entanto, sabemos que a liberação de metais não ocorreria se não houvesse restos orgânicos; isto é, se a lama marinha não consistisse, em sua parte orgânica integral, em um produto de matéria viva.

Tais processos são observados hoje em grande escala no mar Negro (gênese do sulfeto de ferro) e, em menor escala, em muitos outros casos. Para o resto é possível estabelecer seu poderoso desenvolvimento em diferentes períodos geológicos. Assim, enormes quantidades de cobre foram liberadas na biosfera a partir de soluções ricas em matéria orgânica e organismos de composição química específica, em vários locais da Eurásia nos períodos permiano e triássico.

§ 149. Do exposto, segue-se que, ao longo de todos os períodos geológicos, a mesma distribuição da vida persiste; bem como que sua manifestação se repete na química planetária. As mesmas camadas de vida planctônicas e de fundo, as mesmas concentrações vitais<sup>28</sup> existiram no curso de todos os tempos, sendo um componente do mesmo mecanismo bioquímico que não deixou de funcionar em centenas de milhões de anos.

Os deslocamentos contínuos do continente e do mar determinaram que as mesmas regiões quimicamente ativas, formadas por matéria de vida, camadas e concentrações vitais da biosfera,

são transferidas para a superfície do planeta. Essas concentrações e camadas foram transplantadas de um lugar para outro, como manchas na face da terra.

Para estudar os depósitos geológicos primitivos, nenhum dado sugere que tenha havido qualquer mudança na estrutura da hidrosfera ou em suas manifestações químicas.

Do ponto de vista morfológico, entretanto, o mundo vivo foi radicalmente transmutado durante os mesmos ciclos. Sua evolução não exerceu nenhuma influência significativa nem na quantidade de matéria viva nem em sua posição química média: a evolução morfológica deve ter afetado certas áreas, sem interferir com as manifestações vitais dentro da estrutura química do planeta.

No entanto, a evolução morfológica está indubitavelmente ligada a processos complexos de caráter químico, a alterações químicas, que, contempladas em escala individual e mesmo em escala de espécies, foram importantes. Assim, novos compostos químicos foram criados, outros desapareceram quando certas espécies foram extintas, mas o fenômeno não teve um impacto significativo nas linhas mestras do impacto geoquímico da vida nem em sua expressão planetária. Mesmo um fenômeno bioquímico de enorme envergadura, a criação do esqueleto metazoário rico em cálcio, em fósforo, por vezes em magnésio, não deixou vestígios na história geológica desses elementos. No entanto, é muito provável que, em um tempo anterior, na era paleozoica, os organismos não tivessem um esqueleto semelhante: essa hipótese, muitas vezes considerada uma generalização empírica, explica efetivamente muitos aspectos importantes da história paleontológica do mundo orgânico.

Embora tal fenômeno não tenha afetado a história geoquímica do fósforo, cálcio ou magnésio, deve-se admitir que, na etapa anterior à criação dos metazoários providos de esqueletos, a formação, na mesma escala, de compostos de estes elementos devido à atividade dos protistas, além das bactérias; tal processo continua acontecendo hoje, mas sua funcionalidade, no passado, deve ter sido infinitamente mais relevante e universal.

Se ambos os fenômenos, diferentes na ótica da cronologia geológica e seus mecanismos, causaram a migração biogênica dos mesmos átomos em massas idênticas, a mudança morfológica, porém drástica, não teria impacto sobre a história geoquímica do cálcio, de magnésio ou fósforo. Tudo nos leva a pensar que um fato dessa ordem de fato ocorreu na história geológica da Terra.

#### A MATERIA VIVA EM TERRA FIRME

**§ 150.** O continente oferece um panorama absolutamente diferente em comparação com a hidrosfera. Em última análise, há apenas uma camada de vida, formada pelo solo com a flora e a fauna que ali habitam.

Agora, na superfície dessa única camada de vida, é necessário separar as concentrações aquosas da matéria viva, as bacias hidrográficas, que, do ponto de vista bioquímico, e até mesmo meramente biológico, bem como no que diz respeito ao seu impacto geológico, claramente divergente em relação a terra firme.

A vida cobre a terra com uma camada quase contínua; encontramos traços de sua presença até mesmo nas geleiras e nas neves perpétuas, nos desertos, nos picos das montanhas. Não se pode falar da ausência de vida na superfície do continente; só podemos falar de ausência temporária, de baixa intensidade. Assumindo uma ou outra maneira, a vida se manifesta em toda parte. Os espaços terrestres onde há concentração baixa e pobre de vida (desertos, geleiras, neve perpétua, picos nevados) representam apenas 10% de sua superfície. O resto é, por excelência, uma camada ininterrupta de vida).

**§ 151.** Não é uma cobertura espessa, pois mal chega a medir algumas dezenas de metros acima do nível do solo nas áreas povoadas de florestas, limitadas a poucos metros nos campos e estepes.

As selvas dos países equinociais, onde as árvores alcançam maior desenvolvimento vertical, formam camadas vitais com espessura média entre 40 e 50 metros. Os espécimes mais altos alcançam até 100 metros, mas são perdidos entre a massa total de

arbustos, portanto, podem ser descartados devido ao seu impacto mínimo.

A vida penetra as profundezas do solo e subsolo apenas alguns metros.

A vida aeróbia para a uma profundidade de 1-5 m, já a anaeróbica segue ainda até algumas dezenas de metros.

Em nenhum ponto ela vai além de 1-5 m, abaixo da camada de solo e do subsolo superior.

Portanto, a camada de vida cobre a superfície dos continentes com um manto cuja espessura sobe para várias dezenas de metros (massas arbóreas) e é limitado a alguns metros (ervas e arbustos).

As atividades da civilização humana que interferem nas mudanças da estrutura dessa cobertura são incomparáveis em qualquer parte da hidrosfera.

Tais alterações implicam, na história geológica do planeta, em um novo fenômeno cujo efeito geoquímico ainda não foi avaliado. Um de seus maiores expoentes consiste na destruição sistemática das florestas no curso da história da humanidade; isto é, na supressão das áreas mais ativas da cobertura de vida.

**§ 152.** Também fazemos parte dessa camada; as alterações que foram feitas em sua composição e em sua manifestação no decorrer do ciclo solar anual são patentes.

Os organismos que se desagregam pela quantidade de matéria coberta e pela vida são as plantas verdes e nesse grupo temos ervas e árvores; já entre a população animal, destacam-se insetos, parasitas e talvez aracnídeos.

Em geral, em contraste com a vida nos oceanos, a matéria viva de segunda ordem (animais, organismos heterotróficos) desenvolve uma função secundária na composição do estrato continental. As áreas mais ativas: as grandes florestas tropicais de países tropicais, como o Hilo da África, ou as florestas do Norte, a Taiga às vezes resultam em desertos a partir da ótica de animais superiores (mamíferos, pássaros, vertebrados diversos). Os antropoides, cuja presença é para nós praticamente irrelevante, constituem um



problema muito raro dessas concentrações poderosas de organismos verdes.

No entanto, nessa camada continental, as oscilações sazonais da vida não são mascaradas, devido às fases de latência e eclosão na reprodução, na manifestação da energia vital geoquímica. Para verificar esse fato, não foram necessários esforços comparáveis aos exigidos para a camada planctônica. Em nossas latitudes, a vida diminui no inverno, e se amplia e floresce na primavera. O mesmo fenômeno é refletido em todos os lugares sob formas múltiplas e infinitas, com maior ou menor vigor, dos polos aos trópicos.

Não é um fenômeno expresso apenas, claramente, no caso da flora e fauna verde associadas a ele; essas fases também afetam o solo, sua vida invisível. Infelizmente, é um fenômeno pouco estudado, embora seu papel na história do planeta, como veremos, seja muito mais relevante do que o que se admitiu até agora.

Em suma, para todas as camadas vitais da hidrosfera e do continente, há fases, reguladas pelo Sol, de intensidade de reprodução, de ativação de energia geoquímica, de expansão da matéria viva, de “agitação” dos elementos químicos que ela abrange. Os processos geoquímicos estão sujeitos a pulsações que crescem e diminuem sucessivamente. As leis numéricas que sem dúvida as governam ainda não foram descobertas.

**§ 153.** Fenômenos geoquímicos relacionados ao estrato continental são muito característicos e nos permitem diferenciar com clareza essa camada das membranas oceânicas.

Os processos de emigração dos elementos químicos fora do ciclo de vida nunca levam à configuração, na cobertura viva do continente, de concentrações de minerais vadosos semelhantes aos depósitos marinhos. Milhões de toneladas de carbonatos de cálcio e magnésio (calcário e calcários dolomíticos), silício (opalas etc.), hidróxidos de ferro (limonites), compostos de manganês hidratado (pirolusitas e psilomelanos), de fosfatos de cálcio complexos (fosforitas) etc. (§ 143). Todos esses corpos têm origem marinha, são

em todos caso aquosos. Os elementos químicos da matéria viva do continente migram do ciclo de vida com menos frequência, mesmo que algumas partes de seu corpo tenham sido destruídas, os componentes materiais são absorvidos imediatamente por novos organismos ou são difundidos na atmosfera sob o Forma de produtos gasosos. Os gases biogênicos  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$  são instantaneamente capturados na troca gasosa de matéria viva.

Assim, um equilíbrio dinâmico complexo é estabelecido, em virtude do qual o enorme trabalho geoquímico implantado pela matéria terrestre viva, no curso de milhões de anos de existência, e dificilmente deixa traços visíveis nos corpos sólidos que formam a crosta. Os elementos químicos da matéria terrestre viva estão em movimento contínuo na forma de gases e organismos vivos.

**§ 154.** Uma proporção insignificante do peso dos restos sólidos, que, no entanto, provavelmente equivale a vários milhões de toneladas, anula o equilíbrio dinâmico do ciclo de vida do continente. Essa massa é adicionada sob a forma de um pó muito fino, “vestígios” de “matéria orgânica” composta principalmente de compostos de carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e, em menor quantidade, de fósforo, enxofre, ferro, silício etc. A biosfera, toda ela, está impregnada dessa poeira fina da qual uma pequena parte, ainda indeterminada, migra do ciclo de vida, às vezes por um longo tempo de milhões de anos.

Esses restos orgânicos atravessam toda a matéria da biosfera, viva e inerte, acumulando-se em todos os minerais vadosos, em todas as águas superficiais, e são transportados para o mar por rios e meteoros. Sua influência no desenvolvimento das reações químicas da biosfera é enorme e análoga à da matéria orgânica dissolvida em águas naturais, da qual já tratamos anteriormente (§ 93). Os detritos orgânicos vitais penetram com energia química livre o campo termodinâmico da biosfera; em virtude de suas escassas dimensões, eles têm facilidade em originar sistemas de dispersão aquosa e soluções coloidais.

**§ 155.** Esses restos estão concentrados em solos sólidos, que,

no entanto, não podem ser considerados matéria inerte, sem mais demoras. A matéria viva muitas vezes consegue neles dezenas de centésimos de peso. É a região onde a energia geoquímica máxima da matéria orgânica está concentrada, seu laboratório mais importante do ponto de vista dos resultados geoquímicos, o desenvolvimento de processos químicos e bioquímicos que ocorrem lá.

Devido à sua relevância, essa região é equiparada à do lodo da camada oceânica do fundo (§ 141), mas difere da mesma pelo predomínio do meio oxidante. Em vez de medir alguns milímetros ou centímetros de espessura, como no lodo de fundo, esse meio pode exercer o medidor nos solos. A presença de animais escavadores também é um importante fator para a homogeneização.

O solo é a região da alteração de superfície resolutiva em um meio rico livre de oxigênio e ácido carbônico, em parte formado pela matéria viva que reside em seu seio.

Em contraste com a bioquímica subterrânea do continente, as formações químicas do solo não interferem inteiramente nos vórtices dos elementos que, segundo o símile de G. Cuvier, constituem a essência da vida. Eles não se tornam modalidades gasosas de corpos naturais, deixam temporariamente o ciclo de vida e afetam outro grande fenômeno planetário, a composição da água natural e a água salgada de oceano.

O solo está vivo na medida em que está úmido. Seus processos são realizados em meio aquoso, soluções ou sistemas de dispersão.

A partir disso, é determinada a diferença entre o caráter que distingue a manifestação da matéria viva do solo, do ponto de vista da química planetária, e dos organismos vivos que nela residem, onde o mecanismo da água na terra desempenha o papel principal.

**§ 156.** Na terra, a água está em constante movimento, fazendo parte de um processo cíclico geoquímico. Este ciclo é causado pela energia do Sol, pelos seus raios térmicos. A energia cósmica é expressa dessa maneira em nosso planeta na mesma medida que através do trabalho geoquímico da vida. A ação da água, no mecanismo de toda a crosta terrestre, é absolutamente decisiva,

e esse fato se manifesta ainda mais força na biosfera. A água não só participa, em mais de dois terços do seu peso médio, na composição da matéria viva (§ 109), mas sua presença é uma condição essencial para a reprodução de organismos, para a manifestação da energia geoquímica. Graças à água, a vida é parte integrante do mecanismo planetário.

Na biosfera, não apenas a água é inseparável da vida, mas também a vida não é separável da água. É difícil estabelecer onde começa a influência de uma, da água, e onde termina a da outra, a matéria viva heterogênea.

O solo é instantaneamente incluído no ciclo geoquímico da água; os meteoros o saturam completamente. O solvente e a ação mecânica das águas superficiais penetram em toda a sua massa. Tais águas dissolvidas cessam de modo constante suas áreas ricas em resíduos orgânicos na forma de solução e suspensão. A composição da água, ligada ao solo, é imediatamente ditada por sua química; trata-se uma manifestação de sua bioquímica. Assim, o solo determina com clareza a composição essencial da água dos rios, onde todas essas águas superficiais são finalmente despejadas.

*Os rios desembocam nos mares, e a composição da água oceânica, pelo menos de sua parte salina, é obra principalmente do trabalho químico do solo, devido à sua biocenose ainda pouco conhecida.*

O caráter oxidante do solo desempenha um importante papel: ele se manifesta pelos produtos finais de matéria orgânica. O sulfato e o carbonato predominam nas águas de rio; o sódio está ligado ao cloro. Em estreita relação com a bioquímica desses elementos no solo, sua característica na água do rio difere claramente dos compostos sólidos que eles produzem em camadas terrestres desprovidas de vida.

**§ 157.** Observa-se também, no que diz respeito à circulação de água na terra, outras manifestações químicas regulares de matéria viva que habitam esta região.

A vida que preenche as bacias híbridas distingue-se de maneira clara, por seus efeitos, da vida sobre a terra.

Nas bacias hidrográficas, podem ser vistos fenômenos amplamente análogos aos das camadas e concentrações vitais da hidrosfera; é possível observar, em menor escala, a camada planctônica, o leito e as concentrações costeiras. Não apenas os processos do meio com oxigênio são verificados, mas também as reações químicas que ocorrem no meio redutor. Por fim, a emigração dos elementos químicos fora do ciclo de vida desempenha um papel importante, bem como a formação de produtos sólidos, que mais tarde passam a fazer parte da composição das rochas sedimentares da crosta terrestre. Parece que o processo de liberação de corpos sólidos na biosfera está ligado, como na hidrosfera, aos fenômenos do meio redutor, à rápida combinação de oxigênio livre e, por fim, ao desaparecimento da vida aeróbica, dos protistas, além do desaparecimento de sua vida anaeróbica.

Embora exista uma semelhança em linhas gerais, o impacto geoquímico desse fenômeno difere daquilo que observamos na hidrosfera.

**§ 158.** Isso está relacionado à clara diferença entre a hidrosfera e as bacias hidrográficas do continente. A distinção química fundamental consiste na qualidade doce de seu corpo principal de água; a distinção física, na profundidade rasa dessas bacias. A maior parte da água, no continente, não se limita a rios, mas a lagoas, lagos e pântanos. Dado o seu baixo nível, configura apenas uma concentração de vida, doce ou salobra. Em mares de água puramente doce, por exemplo, em Baikal, são observadas membranas vitais segregadas, análogas às oceânicas. Mas os lagos profundos são uma exceção.

O papel bioquímico dos lagos não coincide com o dos corpos aquáticos oceânicos; a divergência se expressa, em primeiro lugar, no fato de haver outros produtos que são liberados nas extensões de suas águas. O primeiro lugar é ocupado por compostos de carbono. Mesmo quando a sílica, os carbonatos de cálcio e os hidróxidos de ferro são formados na camada de fundo e nas concentrações vitais das bacias no continente, sua importância é secundária

em relação à liberação de corpos de carbono. É somente nessa região que corpos sólidos vadosos, estáveis em carbono, hidrogênio e nitrogênio, pobres em oxigênio, são criados em um grau notável; ou seja, todos os carvões e produtos betuminosos da Terra. Eles representam as formas estáveis dos minerais vadosos que, ao deixar a biosfera, se integram em outros compostos orgânicos de carbono. O carbono é liberado na forma livre de grafite quando conclui sua transformação em regiões metamórficas.

A causa de corpos sólidos carbo-nitrogenados originados nas bacias hidrográficas (salobras ou de água doce) não foi elucidada, mas sempre ocorreu na história geológica. Não existem concentrações desses corpos, mesmo que de pouca importância, na água marinha, e eles nunca foram criados pela química do oceano. Não sabemos se esse é um efeito do caráter químico do ambiente ou da estrutura da natureza viva, ou seja, devido à ação de um ou de outro, o que não é questionado é a relação de tal fenômeno com o caráter da vida

As concentrações dessas matérias orgânicas envolvem potentes centros de potências energéticas “raios de sol fósseis”, na metáfora de J. R. Mayer, cuja importância na história da humanidade é enorme, sem ser um fato indiferente para a economia da natureza. Cabe levantar uma ideia sobre a escala das manifestações desse processo ao avaliar as reservas de carvão conhecidas.

Parece provável que, nessas mesmas concentrações de água doce ou salobra, seja apropriado procurar as principais fontes de formação dos grandes depósitos de hidrocarbonetos líquidos, de petróleo.

Paralelamente ao que se observa no caso dos carvões nas áreas de continente, essas bacias estariam localizadas próximas aos mares. A gênese do óleo não constitui um processo de superfície, trata-se de um fenômeno de decomposição de detritos orgânicos, aparentemente bioquímico, que ocorre fora do oxigênio livre, próximo aos limites inferiores da biosfera. O conceito da escala de manifestações desse processo pode ser obtido levando-se em conta a quantidade de carvão que conhecemos.



É possível que tais bacias de carvão se formassem em áreas próximas dos mares.

O que mais nos parece é que, nessas mesmas condensações de água doce, devemos procurar os principais locais de hidrocarbonetos líquidos: petróleo, cuja dependência das acumulações de vida da biosfera pode ser considerada com bastante precisão para os principais tipos de campos petrolíferos.

**A RELAÇÃO ENTRE AS MEMBRANAS E AS CONCENTRAÇÕES  
DE VIDA ENCONTRADAS NA HIDROSFERA COM AS  
ENCONTRADAS EM TERRA FIRME**

**§ 159.** Diante do já exposto, temos que a vida, em sua totalidade, compõe um conjunto indivisível e indissolúvel cujas partes, além de estarem relacionadas umas das outras, estão também relacionadas ao ambiente inerte da biosfera.

Temos conhecimento apenas dos contornos mais gerais do fenômeno. O fato mais importante é *a existência da biosfera durante todos os períodos geológicos, desde suas manifestações mais antigas, desde a era arqueozoica*.

*Essa mesma biosfera, em suas principais características, representava o mesmo aparato químico.*

Vemos que, invariavelmente, ao longo do tempo geológico, sob a influência de uma corrente constante de energia solar radiante na biosfera, esse aparato químico agia, criava e mantinha em sua atividade a matéria viva.

Esse aparelho é constituído de certas concentrações de vida que, apesar de continuamente transformadas, ocupam posições idênticas nas camadas da Terra que correspondem à biosfera. Essas condensações de vida, camadas e concentrações vitais, formam subdivisões secundárias específicas das camadas da superfície do planeta.

Formam suas regiões quimicamente ativas, onde os diversos sistemas estáticos de equilíbrio dinâmico de elementos químicos terrestres se acumulam.

São as regiões onde a energia radiante do Sol, que é irradiada por todo o globo, é transferida para energia *química terrestre livre*. O grau de transformação depende de quais elementos químicos estão envolvidos. A existência dessas regiões do planeta está ligada à energia recebida do Sol, por um lado, e às propriedades da matéria viva, que acumula e transforma a energia em energia química terrestre, por outro. As propriedades e a distribuição dos elementos químicos, por sua vez, também desempenham um papel importante.

**§ 160.** Todas as concentrações de vida se interligam. Uma não pode existir sem a outra. Essa conexão entre diferentes camadas de vida, concentrações e sua natureza invariável é uma característica eterna do mecanismo da crosta terrestre, que se manifesta ao longo de todo o tempo geológico.

Assim como nunca houve um período geológico independente do continente, também não houve período em que o continente existisse sozinho. Somente a pura fantasia científica tornou possível conceber o nosso planeta como um esferoide banhado pelo oceano, na forma da “Pantalassa”, de E. Suess, ou como uma península árida, nivelada e sem vida que I. Kant concebera na época, e, mais recentemente, P. Lowell.

O continente e o oceano coexistiram desde as idades geológicas mais antigas. Essa coexistência corresponde à história geoquímica da biosfera, sendo uma característica definidora de seu mecanismo.

Desse ponto de vista, as tentativas de explicar a origem dos organismos terrestres a partir de organismos marinhos são insustentáveis e fantasiosas. A vida na superfície no tempo geológico é tão antiga quanto a vida marinha; suas formas se desenvolvem e se alteram, mas essa mudança sempre ocorre na superfície da Terra e não nas águas oceânicas.

Se não fosse assim, deveríamos ter passado por um período revolucionário, por um período de uma mudança repentina no mecanismo da biosfera, que deveria ter sido detectado pelos processos geoquímicos. Isso, entretanto, não ocorreu.

Desde o período arqueano, o mecanismo do planeta e a biosfera de modo geral não mudaram.

*A vida, em seus traços essenciais, se mantém inalterada, tendo mudado apenas de forma ao longo do curso da história geológica.*

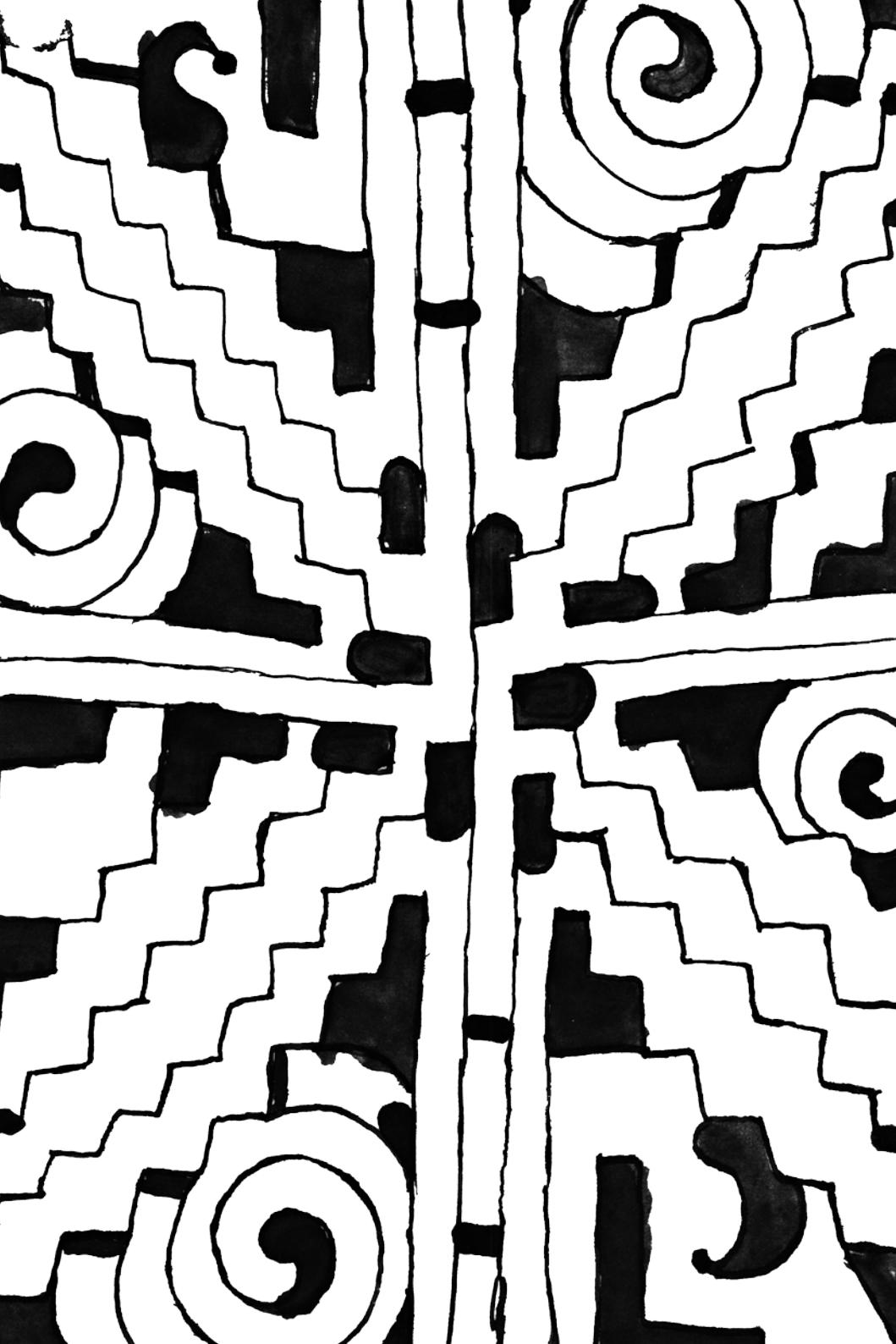
Na realidade, todos as membranas vitais — planctônicas, do leito oceânico, do solo — e todas as concentrações vitais — litoral, sargão, doce ou salobra — sempre existiram em seu seio.

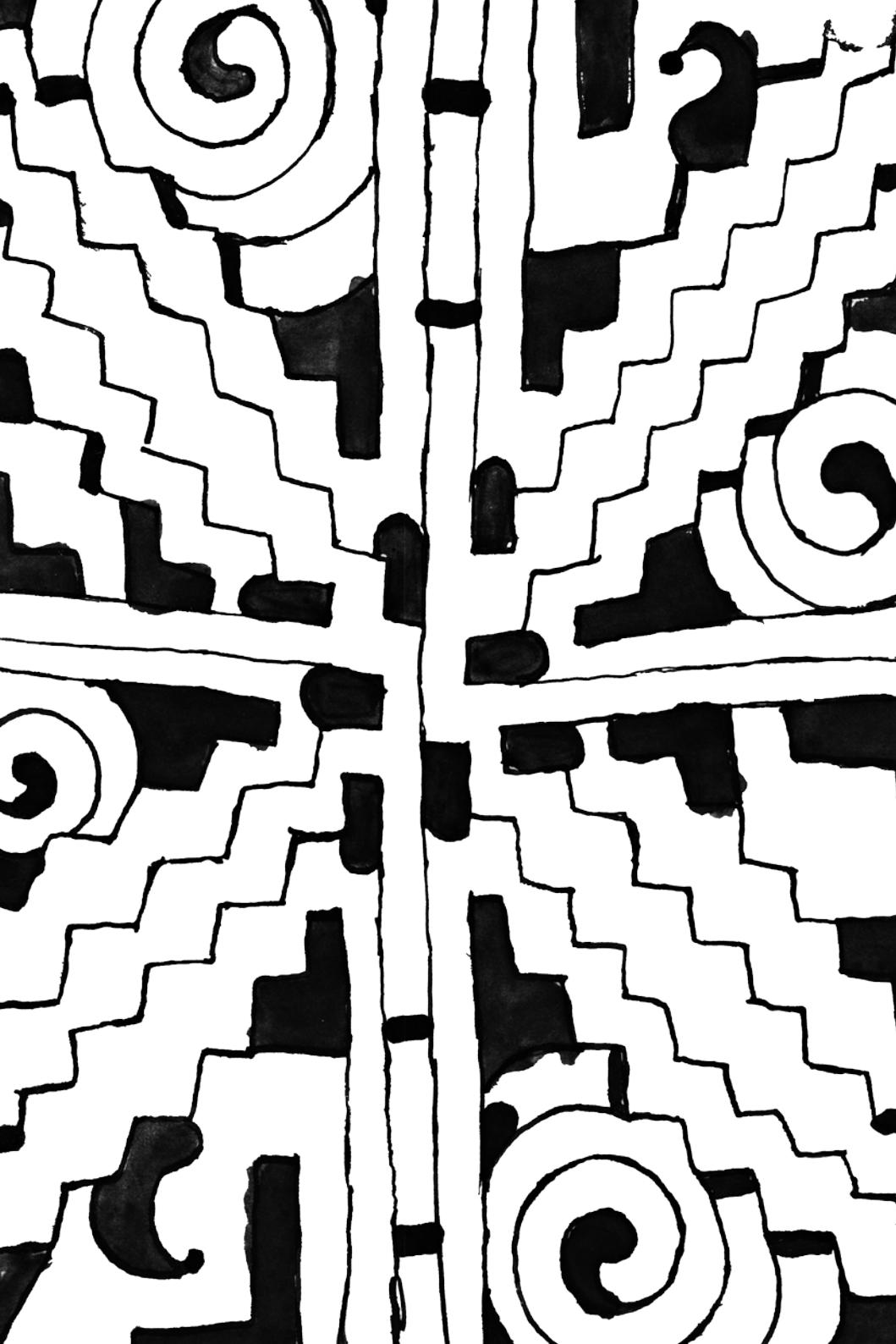
As relações mútuas entre elas, a quantidade de matéria envolvida, são aquelas que foram alteradas, que sofreram alterações ao longo do tempo. No entanto, essas mudanças não precisaram ser muito consideráveis, já que a contribuição da energia, na forma radiação solar, no decorrer das eras geológicas, é inalterável ou quase, a distribuição dela nas camadas e concentrações vitais tem ocorrido, necessariamente determinada pela matéria viva, a única e principal parte variável no campo termodinâmico da biosfera.

*Mas a própria matéria viva não é uma criação acidental.* Ela reflete sobre si mesma a energia solar, assim como suas concentrações terrestres a refletem.

Poderíamos levar a análise ainda mais adiante, aprofundar o complexo mecanismo constituído pelas membranas e concentrações vitais. Teríamos então que reconsiderar, em uma análise mais profunda, as formas não só dos organismos, mas de suas associações, da matéria homogênea viva e da estrutura da matéria viva na biosfera.







## NOTAS DO AUTOR

1. O domínio dos fenômenos de um organismo (“O campo de conhecimento das matérias vivas”) é diferente, termodinâmica e quimicamente, do “campo de conhecimento da biosfera”.
2. A mudança que está ocorrendo atualmente em nossas ideias sobre axiomas matemáticos deve ter uma repercussão na interpretação dos axiomas das ciências naturais, axiomas menos aprofundados pelo pensamento filosófico crítico.
3. Existem apenas indícios de baixas oscilações em torno da média fixa.
4. A expressão “P” do peso médio do organismo de uma espécie (representa o peso médio de um elemento da matéria viva homogênea) pode e deve, logicamente, ser substituída por aquela do número médio dos átomos correspondente ao indivíduo da espécie. É o número de átomos, e não o peso, que é um fenômeno real e que deve nos interessar no estado atual de nossos conhecimentos. Infelizmente, isso só pode ser calculado em casos excepcionais, devido à falta de análises químicas elementares dos organismos.
5. Corresponde ao peso específico do protozoário. De acordo com as novas medidas (ver P. Leontiev, 1926), o valor é aproximadamente da ordem de 1,05.
6. A expressão de “V” existe para todos os organismos, não apenas para os protozoários. A fórmula de “A” tem outro valor menor para os grupos superiores, *Metazoa* e *Metaphita*, devido aos fenômenos da respiração e à diferença fundiária entre a sua organização e a dos protozoários. Não podemos examinar aqui esses fenômenos por serem importantes e complexos.
7. Os micróbios habitam um meio gasoso que, a 0 °e 760 metros, não pode conter mais do que  $2.7 \times 10^{11}$  moléculas; na presença de bactérias, o número de moléculas gasosas por centímetro cúbico deve ser menor. Um centímetro cúbico de líquido – habitat de micróbios – deve conter muito menos que  $10^{19}$  moléculas gasosas: não pode haver, ao mesmo tempo, um mesmo número de micróbios.

8. Na figura 1, as superfícies são reduzidas a áreas, um raio de área igual à área da superfície do sol é usado como unidade.

Esses raios são:

O raio da área igual à superfície do Sol:

$$r = 4,3952 \times 10^6 \text{ quilômetros} = 1$$

O raio da área igual à superfície da Terra:

$$r_1 = 1,2741 \times 10^4 \text{ quilômetros} = 0,00918$$

O raio da área igual a 0,02 da superfície do Sol:

$$r_2 = 1,9650 \times 10^5 \text{ quilômetros} = 0,14148$$

O raio da área igual a 0,008 da superfície do Sol:

$$r_3 = 1,2425 \times 10^5 \text{ quilômetros} = 0,08947$$

A distância média da Terra até o Sol

na mesma escala é igual a  $215 = 1,4950 \times 10^8$  quilômetros

9. Ou seja, oscila em torno do estado estático estável, como é o caso em todos os equilíbrios.

10. V. Vernasdky. *Geoquímica*, 1924.

11. A palavra geosfera é usada por vários geólogos e geógrafos no sentido indicado. J. Murray (1910) e D. N. Sobleff (1926) são exemplos, todos baseados nas ideias de E. Suess.

12. Os eclogitos (rochas) sem dúvida não são conhecidos dos petrógrafos por sua estrutura, que não parece ser cristalina; eles correspondem pelo mesmo peso específico. Os eclogitos da parte superior da crosta terrestre correspondem às partes mais profundas que podem ser estudadas visualmente.

13. Assim, a densidade da matéria da estrela Sirius B. deve ser igual a 53.000. Há razões para acreditar que, de acordo com as ideias de N. Bohr e E. Rutherford (apesar de seus modelos serem apenas aproximações da realidade), nessa estrela, os elétrons estão mais próximos dos núcleos de seus átomos do que em átomos ordinários (F. Tirring, 1925). O deslocamento observados no espectro vermelho da Sirius B. e nas linhas especiais de corpos de densidades similares confirma essa enorme densidade, de acordo com a teoria da relatividade (Sr. Adams, 1925).

14. Em alta temperatura e alta pressão (§80), o vidro pode ser considerado magma especial: possivelmente corresponde a um novo modo de ocorrência dos elementos químicos.

15. Esses dois estados dos elementos podem ser modos distintos de depósitos.
16. O envelope (básico) basáltico eleva-se por baixo dos oceanos e provavelmente está localizado a uma profundidade (baseada no nível do mar) próxima a 10 quilômetros do oceano Pacífico e ainda mais considerável para o oceano Atlântico. Às vezes, considera-se que o envelope granítico sob o continente é de grande espessura (segundo Gutenberg, mais de 50 km sob a Europa e a Ásia).
17. O tempo “incomensurável” é uma noção antropocêntrica. De fato, existem manifestamente leis que ainda não foram estabelecidas ao tratar-se de uma duração definida da evolução da matéria viva na biosfera (mais de bilhões de anos).
18. Muitas vezes, procuramos os limites da vida nas propriedades físicas e químicas dos compostos químicos que formam o organismo, por exemplo, nas albuminas que coagulam a uma temperatura de 60-70°C. No entanto, capacidades complexas de adaptação do corpo não são levadas em consideração. Algumas albuminas no estado seco não mudam à temperatura de 100°C (M.E. Chevreul).
19. Essa impressão dos colaboradores de L. Pasteur na época de sua famosa discussão com G. Pouché parece ter uma importância maior para a determinação da temperatura máxima no campo térmico do que nos experimentos em culturas puras. Baseia-se no estudo das propriedades das infusões de feno, mais próximas do meio complexo da vida na crosta terrestre do que das nossas culturas puras.
20. Em peso, os organismos contêm de 60 a 90% de água (talvez até mais), isto é, 60-100% da solução aquosa.
21. De acordo com outros cálculos, os números são mil vezes menores: uma tonelada por 100 quilômetros cúbicos, um quilograma por 200 quilômetros cúbicos.
22. As profundidades dos oceanos atingem quase 10 quilômetros. Em tempos recentes, descobrimos uma profundidade de 9,95 km, perto das Ilhas Curiás. Anteriormente, a maior profundidade conhecida era de 9,79 km, perto das ilhas Filipinas.

23. Na grande maioria dos casos, as indicações relativas ao oxigênio livre vêm de erros de observação.
24. No caso de grandes profundidades perto da costa, a camada de algas marinhas ocupa uma área insignificante.
25. Isto é, nas profundidades abaixo de 1000 a 1200 metros, incluindo águas rasas.
26. Utilizamos esse termo, adotado pelos limnologistas (aqueles que estudam as águas interiores: lagos e pântanos) russos, proposto pelo sr. M. Solovieff.
27. Os fenômenos que ocorrem nas concentrações de *Sargassum* (gênero de algas) não são exatamente conhecidos.
28. Em todas essas concentrações litorais.

## NOTAS BIOGRÁFICAS

ARRHENIUS, Svante August (1859-1927) foi um químico e físico sueco. Recebeu o Nobel de Química em 1903 pela teoria eletrolítica da dissociação. Foi diretor do Instituto Nobel entre 1905 e 1927. Foi o primeiro a usar os princípios da físico-química para estimar que o aumento de dióxido de carbono na superfície aumentaria a temperatura da superfície terrestre. Seus estudos foram a base para compreender que a emissão desses gases na atmosfera era grande o suficiente para causar o aquecimento global.

BAER, Karl Ernst von (1792-1876) foi um biólogo, geólogo, meteorologista, médico e membro da Academia Russa de Ciências. Especializou-se e aprofundou no, até então, recente campo da embriologia, desenvolvendo os princípios da embriologia comparada.

BERNARD, Claude (1813-1878) foi um médico e fisiologista francês. Depois de estudar farmácia, obteve sucesso no teatro como dramaturgo e reorientou seus estudos em 1843, quando licenciou-se em medicina. Criou a medicina experimental baseada em evidências. Em 1865 escreveu a obra *Introdução ao estudo da medicina experimental*, na qual apresentou a linha hipotético-dedutiva formalizada como OHERIC: Observação-Hipótese-Experiencia-Resultado-Interpretação-Conclusão.

BOUSSINGAULT, Jean-Baptiste (1801-1887) foi um químico francês que contribuiu muito para a ciência agrícola, a ciência do petróleo e a metalurgia. Trabalhou nas minas de asfalto. Criou a primeira estação de experimento agrícola do mundo na propriedade de sua esposa em Pechelbronn, na França. Suas pesquisas trouxeram muitos avanços para a química de solos e plantas. Uma importante descoberta foi que a aplicação simultânea de fósforo e nitrogênio aumenta o crescimento das plantas.

BRIDGMAN, Percy Williams (1882-1961) foi um físico estadunidense. Recebeu o Nobel de Física em 1946 por suas investigações sobre alta pressão e suas equações termodinâmicas. Escreveu sobre o método científico e sobre outros aspectos da filosofia da ciência.

BUFFON, Georges-Louis Leclerc (1707-1788) foi um naturalista, matemático e escritor francês. Suas teorias foram publicadas em sua grande obra História natural, com 44 volumes, que influenciou duas gerações de naturalistas, como Jean-Baptiste de Lamarck e Charles Darwin.

CHOLODNY, Nikolai (1882-1953) foi um microbiologista russo que trabalhou no Jardim Botânico da Ucrânia. Foi um dos pioneiros na ideia de que os micróbios aderem às superfícies, usando a técnica de colar lâminas de vidro na terra por um determinado período de tempo e depois examiná-las com microscópio.

CROOKES, William (1832-1919) foi um químico e físico britânico. Trabalhou com espectroscopia. Identificou um novo elemento químico na tabela periódica devido à emissão verde brilhante no seu espectro, que hoje sabemos se tratar de um feixe de elétrons livres.

CUVIER, Georges (1769-1832) foi um naturalista e zoólogo francês conhecido como o “pai da Paleontologia”.

DALY, Reginald Aldworth (1871-1957) foi um geólogo canadense. Foi presidente da Sociedade Estadunidense de Geologia (*The Geological Society of America*) em 1932. Fez a documentação geológica da Costa do Pacífico, colecionando pedras e mapas estruturais de petrologia e morfologia. Uma de suas teorias é a de que a Lua foi ejetada da Terra, sendo o movimento continental inevitável para rebalancear o planeta. Daly também antecipou alguns aspectos das placas tectônicas, introduzindo a noção de mesosfera.

D'AZARA, Félix Manuel (1742-1821) foi um naturalista e oficial militar espanhol. Foi enviado pela coroa espanhola para território do rio da Prata, atual região do Paraguai, para uma suposta disputa com a coroa portuguesa, que, no entanto, nunca aconteceu. Azara permaneceu na região entre 1781 e 1801, mapeando os animais da área. Descreveu 448 pássaros e 78 quadrúpedes, 43 deles, novos para a ciência europeia. Publicou os ensaios com suas descobertas em Paris em 1801.

DARWIN, Charles (1809-1882) foi um naturalista, geólogo e biólogo britânico, célebre por seus avanços sobre evolução nas ciências biológicas. Publicou suas descobertas em 1859 no conhecido livro *A origem das espécies*, estabelecendo a ideia de que todos os seres vivos descendem de um ancestral em comum, e propôs a teoria de que os ramos evolutivos são resultado de seleção natural e sexual.

EDDINGTON, Arthur Stanley (1882-1944) foi um astrofísico, matemático e filósofo da ciência britânico que popularizou os conhecimentos científicos de sua época. Em 1919 publicou um artigo que anunciou a teoria da relatividade de Albert Einstein para o mundo anglófono. Estudou estatisticamente o movimento das estrelas e publicou sobre a constituição geoquímica das estrelas. Tornou-se diretor do observatório de Cambridge, onde foi professor e incentivador de Cecilia Payne. De 1920 a 1944 se concentrou no que chamava de “Teoria Fundamental”, cujo objetivo era a unificação da teoria quântica, teoria da relatividade e teoria da gravitação.

ENGELMANN, Theodor Wilhelm (1843-1909) foi um botânico, fisiologista e microbiólogo alemão. Seus experimentos analisam o efeito de diferentes cores de luz na atividade fotossintética e demonstraram que a conversão da energia luminosa para energia química acontecia no cloroplasto.

EHRENCBERG, Christian Gottfried (1785-1876) foi um biólogo, zoólogo e médico alemão. Estudou microgeologia, especialmente os corais do Oriente Médio, e se dedicou aos microorganismos e às bactérias que, até então, jamais haviam sido estudados de maneira sistemática. Era amigo de Alexander Von Humboldt, com quem trocou diversas correspondências.

FABRY, Charles (1867-1945) e BUISSON, Henri (1839-1944) foram físicos franceses famosos por provar a presença de ozônio em altas camadas da atmosférica, descobrindo assim a ozonosfera.

FARADAY, Michael (1791-1867) foi um cientista inglês que contribuiu com os estudos de eletromagnetismo, eletroquímica e eletricidade. Estabeleceu as bases para o conceito de campo eletromagnético na física, além de estabelecer que o magnetismo poderia afetar os raios de luz. É considerado um dos mais importantes cientistas da história, e nunca estudou em uma universidade, uma vez que concluiu apenas o ensino básico formal. FLEMING, Alexander (1881-1955) foi um biólogo, botânico e médico britânico. Publicou diversos trabalhos sobre bacteriologia, imunologia e quimioterapia. Descobriu, em 1928, a penicilina e, graças a isso, ganhou o Nobel de Medicina em 1945.

GIBBS, Josiah Willard (1839-1903) foi um cientista estadunidense que fez importantes contribuições no campo da física, química e matemática. Suas investigações em aplicações termodinâmicas transformaram a física-química em ciência. Junto com James Clerk Maxwell e Ludwig Boltzmann, explicou as leis da termodinâmica. Na matemática, contribuiu com a teorias sobre vetores.

GUTENBERG, Beno (1889-1960) foi um sismólogo alemão coautor da escala Richter. Foi Gutenberg que descobriu a camada hoje conhecida como astenosfera. A camada entre a astenosfera e a endosfera é chamada de "Descontinuidade de Gutenberg".

HARKINS, William Draper (1873-1951) foi um químico estadunidense que contribuiu com o campo da química nuclear. Pesquisou a estrutura do núcleo atômico e foi o primeiro a propor o princípio da fusão nuclear.

HESS, Victor Franz (1883-1964) foi um físico austríaco, naturalizado nos EUA. Suas pesquisas no ramo da física levaram à descoberta dos raios cósmicos. Recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1936.

HUMBOLDT, Alexander von (1769-1859) foi um cientista polivalente, que se especializou em diversas áreas, lançando as bases de ciências como geografia, geologia, climatologia e oceanografia. Nascido na Prússia, território atual da Alemanha, foi um viajante e explorador. Suas viagens mais conhecidas percorreram o território da América Central e América do Sul (1799-1804). Além das ciências naturais, foi um influente mecenas da literatura de sua época.

JEFFREYS, Harold (1891-1989) foi um geofísico, astrônomo, estatístico e matemático britânico. Seu livro *Teoria da probabilidade* fez grandes contribuições no campo científico. Foi dele a hipótese de que o centro da Terra é líquido.

KANT, Immanuel (1724-1804) foi um filósofo prussiano. Considerado o principal da era moderna, operou muito pela epistemologia. Historicamente é uma das maiores fontes do relativismo conceptual (nenhum ponto de vista é uma verdade absoluta), que dominou a vida intelectual do século XX.

KNIPKOVITCH, Nikolay M. foi um zoólogo especialista em peixes. A primeira embarcação de oceanografia, *The Andrey Pervozvanny*, foi construída para suas expedições oceanográficas. As viagens de 1922-27 aconteceram no mar de Azov e no mar Negro.

LAMARCK, Jean Baptiste de (1744-1829) foi um naturalista francês. Trabalhou no Museu de História Natural de Paris e desenvolve a sua teoria da evolução, publicada em 1809. Apesar da teoria da evolução aceita – que viria a ser a desenvolvida por Darwin (1859) –, a de Lamarck se faz importante como comparativo na mudança do pensamento científico,

além de fazer de Lamarck um dos primeiros a acreditar numa teoria da evolução numa época em que não havia muitos fatos para isso.

LAPLACE, Pierre-Simon (1749-1827) foi um conhecido cientista francês cujas investigações contribuíram com o desenvolvimento da engenharia, matemática, estatística, física, astronomia e filosofia. Publicou, entre 1799 e 1825, uma importante obra em cinco volumes, conhecida por *Mecânica celestial*, que traduziu o estudo geométrico de mecânica clássica para outro baseado em cálculos. Também desenvolveu a hipótese da névoa de origem do Sistema Solar e foi um dos primeiros cientistas a postular sobre buracos negros e a noção de colapso gravitacional.

LAVOISIER, Antoine (1743-1794) foi um nobre e químico francês. É considerado o “pai da química moderna”, pois descobriu que a composição química da água, dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. Além disso, foi o primeiro a escrever uma lista de elementos químicos e colaborou com a reforma da nomenclatura química. Por fim descobriu que, apesar de a matéria mudar de forma, sua massa continuava a mesma.

LIEBIG, Justus Von (1803-1873) foi um químico alemão. Institucionalizou o uso didático do laboratório de química. Foi um dos fundadores da química orgânica, descobriu uma enorme variedade de compostos orgânicos, mas seu feito mais conhecido é a fórmula NPK, uma fórmula-base para a criação de fertilizantes agrícolas.

LINNAEUS, Carolus (1707-1778) foi um botânico, zoólogo e médico sueco, criador da nomenclatura binomial e da classificação científica, considerado o “pai da taxonomia moderna”. Participou no desenvolvimento da escala Celsius (temperatura).

LOWELL, Percival (1855-1916) foi um matemático e astrônomo americano estadunidense que fundou o Observatório Lowell no Arizona. Fez importantes observações e anotações sobre o então chamado Planeta X, que, com a continuidade de sua pesquisa inicial por outros cientistas, viria ser chamado de Plutão.

MAYER, Julius Robert (1814-1878) foi um físico e químico alemão, um dos fundadores do campo de estudo da Termodinâmica. É conhecido por seus enunciados sobre os estados de conservação de energia, conhecida hoje como a primeira lei da termodinâmica “energia não é criada nem destruída”.

MENDELEEV, Dmitri (1834-1907) foi um químico e físico russo, criador da primeira versão da tabela periódica dos elementos químicos (com 60 elementos), prevendo propriedades de elementos que ainda não haviam sido descobertas. Suas descobertas são a base da versão atual da tabela periódica, com 118 elementos.

MOHOROVIĆ, Andrija (1857-1936) foi um meteorologista e sismólogo croata. Em 1909, após um terremoto em Pokuplje, 39 km a sudeste de Zagreb, ele concluiu que, quando atingem as fronteiras entre os diferentes tipos de material, as ondas sísmicas são refletidas e refratadas. Assim, um terremoto causa duas ondas longitudinais e transversais que se propagam pelo solo com velocidades diferentes. Ao analisar dados de diferentes pontos de observação desse terremoto, concluiu-se que a Terra possui várias camadas acima de um núcleo. Também foi o primeiro a estabelecer a descontinuidade que separa a crosta do manto terrestre (Moho).

MOHOROVIĆ, Stjepan (1890-1980) foi filho de Andrija Mohorović e também fez seus estudos na sismologia. Apresentou sua própria teoria sobre a composição e a formação da Lua (formação explosiva e de crateras lunares) e a previsão da existência de uma camada Moho na Lua. Em 1969 foi confirmada a existência dessa camada, feita por medições sísmicas pela equipe da Apollo 11.

NEWTON, Isaac (1643-1727) foi um cientista, astrônomo, alquimista, filósofo natural, físico e matemático inglês. Em 1687 publica *Princípios matemáticos da filosofia natural*, considerada uma das mais influentes obras da história da ciência, na qual descreve a lei da gravitação universal e as três leis de Newton, que fundamentaram a mecânica clássica, descrevendo como os movimentos da terra e dos corpos celestes são governados pelo mesmo conjunto de leis naturais.

ODDO, Giuseppe (1865-1954) foi um químico italiano. Publicou suas descobertas em 1914 acerca da tendência de abundância dos elementos químicos, conhecida como regra Oddo-Harkins.

PACZOSKI, Józef Konrad (1864-1942) foi um botânico polonês que cunhou o termo “fitosociologia”, que classifica as comunidades vegetais, suas composições e seu desenvolvimento, e a inter-relação entre as espécies.

PAYNE-GAPOSCHKIN, Cecilia (1900-1979) foi uma das mais importantes astrônomas e astrofísicas britânicas, naturalizada estadunidense. Estudou na Universidade de Cambridge, mas não recebeu diploma por ser mulher,

uma vez que os diplomas só passaram a ser concedidos a mulheres a partir de 1948. Foi para Harvard, nos EUA, e foi a primeira pessoa a mostrar que o Sol é composto primariamente de hidrogênio e hélio, em 1925. Em sua época, acreditava-se que o Sol possuía uma composição geoquímica similar à da Terra. Foi a primeira mulher a se tornar professora associada em Harvard, e sua cátedra foi a primeira ocupada por uma mulher no seu departamento, depois de anos. Sua tese de doutorado “Atmosferas estelares, uma contribuição para o estudo da observação da temperatura alta nas camadas revertidas de estrelas” (*Stellar Atmospheres, a Contribution to the Observational Study of High Temperature in the Rever-sing Layers of Stars*) foi muito influente.

PASTEUR, Louis (1822-1895) foi um cientista francês muito importante para a história da medicina e da química. Fez muitas pesquisas sobre as causas e a prevenção de doenças. Reconhecido pela criação da primeira vacina contra raiva.

PFEFFER, Wilhelm (1845-1920) foi um botânico alemão. Foi pioneiro no estudo moderno de fisiologia vegetal, incluindo movimentos termostáticos e de luz das flores, pesquisando o metabolismo vegetal. Publicou artigos sobre o uso da fotografia para estudar o crescimento das plantas, produzindo um pequeno filme de cromofotografia experimental com Étienne-Jules Marey que envolvia os estágios de crescimento das plantas.

RUSSEL, Henry Norris (1877-1957) foi um astrônomo estadunidense que, juntamente com Ejnar Hertzprung, desenvolveu o Diagrama Hertzsprung-Russell, conhecido como HRD, que, simplificadamente, mostra as relações entre luminosidade das estrelas celestes (brilho) sobre temperatura (cor).

SAHA, Meghnad (1893-1946) foi um astrofísico indiano. Ficou conhecido pelo desenvolvimento da equação de ionização de Saha, usada para descrever condições físico químicas nas estrelas, estudada posteriormente por Cecilia Payne, que, a partir de sua equação, investigou a composição geoquímica das estrelas. Foi indicado inúmeras vezes ao Nobel de Física. O prêmio, no entanto, só foi concedido a físicos europeus e estadunidenses durante sua trajetória na ciência.

SHAPLEY, Harlow (1885-1972) foi um astrônomo estadunidense, orientando de Henry Norris Russel. Shapley usou a RR Lyrae, uma estrela

variável da constelação de Lyra para estimar o tamanho da galáxia Via Láctea e, assim, estipulou a posição do Sol. Em 1953, propôs o conceito hoje conhecido como “zona habitável”.

SCHUCHERT, Charles (1858-1942) foi um paleontologista estadunidense. Destacou-se no desenvolvimento da paleografia, estudo da distribuição de terras e mares no passado geológico.

SUESS, Eduard (1831-1914), nascido na Grã-Bretanha e naturalizado na região da atual Áustria, foi um geólogo especialista na geografia dos Alpes. Postulou a existência de duas das principais estruturas geográficas extintas da Terra: o supercontinente Gondwana e o mar de Tétis. Tratam, respectivamente, da maior zona de terra firme que hoje constituem os continentes do Hemisfério Sul, incluindo Antártida, América do Sul, África, Madagascar, Seicheles, Índia, Oceania, Nova Guiné, Nova Zelândia, e Nova Caledônia, e o oceano que separava duas grandes massas continentais durante o período Mesozoico.

THOMPSON, D'Arcy Wentworth (1860-1948) foi um biólogo e matemático escocês. Pioneiro da “biologia matemática”, abriu espaço para a explanação da *morphogenesis*, processo no qual padrões e estruturas corporais são formados em plantas e animais.

TIÚTCHEV, Fyodor Ivanovich (1803-1873) foi um poeta russo de grande importância. Filho de família nobre, cresceu cercado de influências literárias e foi diplomata. A família de seu pai tem raízes em personagens de contos épicos do século XV e a sua mãe pertencia a mesma família de Tolstoi. Sua poesia foi influenciada pelo Romantismo alemão. É lírica e filosófica, com meditações sobre o universo, o destino humano e a natureza.

WALLACE, Alfred Russel (1823-1913) foi um naturalista, geógrafo, antropólogo e biólogo britânico. Escreveu um ensaio com as bases da Teoria da Evolução em 1858, que foi apresentado junto a Charles Darwin na *Linnean Society of London*, o mais importante centro de estudos de história natural da Grã-Bretanha, em 1º de julho de 1858.

WILLIAMSON, Erskine Douglas (1886-1923) foi um geofísico escocês. Ficou conhecido por seus estudos experimentais e seus cálculos teóricos em física de alta pressão, físico-química, petrologia e geodinâmica. Publicou junto com L. H. Adams uma obra considerada uma das mais importantes

contribuições para a geofísica do início do século XX, elaborando a “equação Adams-Williamson”, que forneceu as bases teóricas para a determinação da estrutura interior da terra e de suas velocidades sísmicas.

WINOGRADSKY, Sergei Nikolaievich (1856-1953), cientista russo, tornou-se fundador da microbiologia moderna. Foi pioneiro no conceito de ciclo de vida.

WIESNER, Julius Ritter Von (1838-1915) foi um botânico especialista em fisiologia e anatomia vegetal. Professor da Universidade de Viena, fundou o departamento de fisiologia vegetal, contribuindo enormemente com as pesquisas sobre clorofila. Em 1881 seu trabalho foi lido e discutido por Charles Darwin.

## GLOSSÁRIO

### A abiógênese

Teoria da geração espontânea que considerava que a vida teria surgido de matéria não viva.

### átomo

Unidade básica da matéria.

### auxotróficos

Organismos que não têm capacidade de sintetizar algum composto orgânico necessário para seu crescimento.

### azoica

Expressão da geologia para referir-se ao tempo em que não havia seres na Terra. Período ou era azoica é o tempo no qual não havia vida no planeta. Como não se sabe exatamente quando a vida surgiu na Terra, esse tempo não consta oficialmente como uma era geológica.

### B bactérias autotróficas

Bactérias que produzem seu próprio alimento a partir de fotossíntese ou quimiossíntese.

### bactéria Fisher

*Vibrio Fischer* é uma espécie de bactéria marinha que vive em colônias dentro do corpo de seus hospedeiros. Muitos organismos do mar profundo dependem dessa bactéria para gerar luz, pois a *Vibrio Fischer* produz luz por meio de uma reação química que se dá dentro de suas células.

### bentos

(do grego, *benthos* = profundidade) Organismos que vivem em associação com o fundo dos ambientes aquáticos. As principais comunidades bentônicas estão, além do oceano profundo, nos recifes de coral, nos mangues, nos costões rochosos e nos estuários. Os bentos são a contraposição dos plânctons, seres pelágicos que vivem nas superfícies e não dependem diretamente das profundidades.

### Baikal

Lago que fica no sul da Sibéria, Rússia, e é considerado o mais antigo e profundo da Terra. Já foi chamado de mar do Norte.

### biocenose

Ou biota, comunidade biológica que habita e se relaciona em um mesmo lugar.

## C camadas de fase

Camadas que dizem respeito aos estados físicos (sólido, líquido e gasoso), suas mudanças e transições de uma fase para outra a partir de seu ponto crítico.

### corona solar

Envoltório luminoso do Sol que costumamos ver em eclipses solares.

### crimson

Em português, carmesim, que é um tom azul-avermelhado feito com os insetos *Kermes vermilio*.

### culturas puras

Também chamadas axênicas. São colônias de células genética e morfologicamente idênticas.

## E eclogitos

Rochas metamórficas densas com granulação grande que resultam de pressões superiores às que existem na crosta da Terra.

### eucariotas

Organismos vivos unicelulares ou pluricelulares constituídos por células com núcleo.

### equilíbrio mecânico

Acontece quando a força resultante sobre um corpo é nula.

## G gás supercrítico

Provavelmente refere-se ao “fluido supercrítico”, uma substância intermediária entre o estado líquido e o estado gasoso, por sua temperatura e pressão estarem acima do seu ponto crítico.

### generalização empírica/hipótese/descoberta científica

A estrutura clássica do pensamento e da prática científica pode ser vista como uma espiral. Por exemplo, com base em um conjunto de observações, em um dado momento no tempo, acreditava-se que as plantas tinham uma via comum de realização de fotossíntese, a chamada C<sub>3</sub>. Essa seria a generalização, “todas as plantas fazem fotosíntese de uma única forma”. Até que alguém constatou que havia um comportamento fotossintético distinto em algumas plantas. Assim se lançou a hipótese: “há uma forma de assimilação de carbono pelas folhas que se dá à noite, e não a partir da luz do sol”. Testou-se a hipótese, com base em um conjunto de premissas e práticas do método científico, e ela foi confirmada. Quando dessa confirmação, fez-se uma “descoberta científica”, de que existe uma outra via de fixação, hoje conhecida como “metabolismo ácido das crassuláceas”.

### grande caloria

forma mais antiga de definir quilocaloria.

## I intemperismo

É como são chamados os processos naturais que colaboram para a formação do relevo.

### iridescente

Que reflete as cores do arco-íris, furga-cor.

### isostática

Ou movimento isostático, é o termo da geologia para referir-se ao estado de equilíbrio gravitacional e suas alterações nas placas tectônicas.

### isótopos

Variante entre elementos químicos que possuem o mesmo número atômico (prótons), mas diferentes massas.

## L lámina de água

Água temporárias que se instalam sobre folhas, sobre o solo e sobre construções humanas.

## M metáfitos

Nome pouco utilizado na ciência hoje em dia, que diz respeito a todos os seres fotossintetizantes pluricelulares.

### metazoários

Também conhecidos como animais.

### minerais vadosos

Minerais formados desde a superfície do solo até o lençol freático.

### Mira Ceti

Estrela da constelação de Cetus (Baleia), visível no Hemisfério Sul, que tem como característica mudar sua aparência de forma significativa, variando o brilho da magnitude 2, seu brilho extremo, até a magnitude 10, quando só é possível vê-la por meio de telescópios. Foi a primeira estrela variável a ser descoberta. Hoje seu nome é usado como referência para uma classe de estrelas variáveis com colorações vermelhas.

### molécula

Grupos de átomos que se mantêm unidos.

## N nostoc

gênero de cianobactéria formado de colônias compostas de filamentos de células moniliformes (semelhantes a um colar) em um invólucro gelatinoso.

## O oitava

Termo usado tanto na música quanto na física para definir um intervalo de tempo no qual o comprimento de onda é reduzido pela metade ou duplicado.

**orthoptera**

Ordem de insetos que inclui gafanhotos, grilos, esperanças e paquinhas.

**P Pan-thalassa**

Pantalassa (do grego, *pan*, tudo, e *thalassa*, oceano) é como denominava-se o vasto oceano global que rodeava o supercontinente *Pangaea*, durante as eras do Paleozoico e início do Mesozoico.

**paragenéticas**

Refere-se ao conjunto de minerais que mostram ter evoluído associadamente em equilíbrio geoquímico e termodinâmico.

**plâncton**

do grego *planktos* = vaguear

Grupo de miniorganismos que vivem na superfície da água e podem ser zooplanctons ou fitoplanctons.

**protistas verdes**

Reino das algas e protozoários geralmente encontrados em ambientes aquáticos.

**protoplasma**

Conteúdo do interior das células de natureza coloidal; uma substância viva que reage e sente estímulos.

**protozoários**

Microrganismos eucarióticos, em geral unicelulares, que não têm capacidade de produzir seu próprio alimento e, assim, se alimentam de outros seres vivos.

**T termodinâmica**

Estudo da transformação de um tipo de energia em outra e das relações entre calor, trabalho e outras formas de energia.

**Q quadratura do círculo**

Um problema clássico de resolução da antiguidade, em que era necessário encontrar um quadrado com uma área igual à área de um círculo feito apenas com um compasso e uma régua.

**V Valdívia**

Nome da expedição científica alemã, liderada pelo biólogo marinho Carl Chun, que explorou, 1898-1899, as profundezas do oceano Pacífico.

**variável independente**

Variáveis são os fatores observáveis ou mensuráveis de um fenômeno. Variáveis independentes são as variáveis que afetam, influenciam ou determinam outras variáveis.

## BIBLIOGRAFIA

- Allen, E. R. "Some Conditions Affecting the Growth and Activities of *Azotobacter Chroococcum*." *Marine Biolog. Assoc., Plymouth, N. S.*, v.12, 1919.
- Arrhenius, S. "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground." *Philosophical Magazine*, 5th series, v. 41, 1896.
- Baer, K. E. von. *Entwicklungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion*. Königsberg: Bornträger, 1828.
- \_\_\_\_\_. *Reden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen und kleinere Aufsätze vermischten Inhalts, zwei Bände*. São Petersburgo: H. Schmitzdorff, 1864-1876.
- \_\_\_\_\_. *Studien aus der Geschichte der Naturwissenschaften*. São Petersburgo: H. Schmitzdorf, 1876.
- Bargagli Petrucci, G. "Studi sulla flora microscopia della regione boracifera toscana. V. L'ossidazione biologica dell'idrogeno solforato." *Nuovo Giorn. Bot. Ital. Firenze*, v. 21, n. S, 1914.
- Becquerel, P. "Recherches experimentales sur la vie latente des spores des mucorinees." *Comptes Rendu de Academie des Sciences*, Paris, v. 150, 1910.
- Bernard, C. *Leçons sur les propriétés des tissus vivant*. Paris: Baillière, 1866.
- \_\_\_\_\_. *La Science expérimentale*. Paris: J. B. Baillière and Son, 1878.
- \_\_\_\_\_. *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris: Librairie J. -B. Bailliére, 1878.
- Besredka, A. M. *Mestny Immunitet*. Paris: Soc. D'Editions Sci. France-Russie, 1925.
- Bogush, Anna & Edmunds, W.. (2012). Geochemistry of natural waters – The legacy of V.I. Vernadsky and his students. *Applied Geochemistry*. 27. 1871-1886. 10.1016/j.apgeochem.2012.07.005.
- Bottomley, W. B. "Some Effects of Organic Growth-Promoting Substances (Auximones) on the Growth of *Lemna minor* in Mineral Culture Solutions." *Proc. Roy. Soc. Lond.* v. 89, n. B, 1917.

Boussingault, J. B. *Agronomie, chimie agricole et physiologie*. Paris: Mallet-Bachelier, 2a ed., 1860-84.

\_\_\_\_\_, J. B. Dumas. 1841. "Recherches sur la véritable constitution de L'air atmosphérique." *Comptes Rendus XII*, 1860-84.

\_\_\_\_\_. *Chemical and Physiological Balance of Organic Nature*. Nova York: Saxton and Miles, 1844.

\_\_\_\_\_. *Essai de statique chimique des êtres organisés*. Paris: Fortin et Masson, 1844.

Bridgman, P. W. "The Compressibility of Several Artificial and Natural Glasses." *American Journal of Science*, série 5 v. 10, 1925.

Brown, H. T., F. Escombe. "Note on the Influence of Very Low Temperatures on the Germinative Power of Seeds." *Proceedings of the Royal Society* v. 62, 1898.

\_\_\_\_\_. "Static Diffusion of Gases and Liquids in Relation to the Assimilation of Carbon and Translocation in Plants." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* v. 193, 1900.

Buffon, G. L. L. *Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roy*. A Paris, De L'Imprimerie Royale, 1749-1767.

Butkevich, V. S. *Obrazovanie morskikh zhelezomargantsveykh otlozhenny i uchastvuyushchie v nem mikroorga'nizmy*. Trudy Morskogo nauch.-issled. inst, 1928.

Christensen, H. R. *Studen Uber Den Einflub der Bodenbeschaffenheit auf das bakterienleben und den stoffumsatz im erdboden*. Centralblatt fur Bakt. Abt. II, n. 1/7, bd. 43, 1915.

Christensen, H. R., O. H. Larson. *Untersuchungen über methoden zur bestimmung des kalbedurfisses des bodens*. Centralblatt fur Bakt Abt. II, bd. 29, 1911.

Cholodny, N. G. *Die Eisen bakterien. Beitrage zu einer Monographie*. Berlim: Verlag G. Fischer, 1926.

Cuénnot, L. C. M. "La Nouvelle théorie transformiste". *Revue générale des sciences*, 1894.

\_\_\_\_\_. *L'Influence du milieu sur les animaux*. Paris: Masson, 1894.

\_\_\_\_\_. *L'Adaptation*. Paris: G. Doin, 1925.

Cuvier, G. *Discours sur les révolutions de la surface du globe: et sur les changements qu'elles ont produits dans le règne animal*. Paris: Chez G. Dufour et Ed. D'Ocagne, 1926.

D'Azara, F. La. *Geografia Física y Esférica del Paraguay y Misiones Guaranies*. Taller de Impresiones Oficiales: La Plata, 1905.

Daly, R. A. "The Outer Shells of the Earth." *American Journal of Science* v. 15, 1928.

Dangeard, P. A. C. "Les Spectrogrammes en physiologie végétale". *Paris Bull. Soc. Bot.*, v. 57, 1910.

\_\_\_\_\_. "L'Action de la lumière sur la chlorophylle". *Comptes Rendu de Académie des Sciences*, Paris. v. 151, 1910.

\_\_\_\_\_. "Sur la détermination des rayons actifs dans la synthèse chlorophylle". *Comptes Rendu de Académie des Sciences*, Paris v. 152, 1911.

\_\_\_\_\_. "Sur les conditions de l'assimilation chlorophylle chez les cyanophycees". *Comptes Rendu de Académie des Sciences*, Paris, v. 152, pp. 967-9, 1911.

\_\_\_\_\_. "Sur l'adaptation chromatique complémentaire chez les végétaux". *Comptes Rendu de Académie des Sciences*, Paris, v.153, pp. 293-4, 1911.

\_\_\_\_\_. "L'Action de la lumière sur la chlorophylle." *Rev. Gen. Agron. Louvain*, pp. 51-2, 1911.

Darwin, C. *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London: John Murray, Albemarle Street, 1859.

Deriugin, K. M. "Reliktovoe Ozero Mogilnoe (ostrov Kildin v Barentsovom more)". *Trudy Petergov. estestv. nauchn. inst.* n. 2., 1925.

Desroche, P. "Action de diverses radiation lumineuses sur le mouvement des zoospores de *Chlamydomonas*". *Comptes Rendu de Académie des Sciences*, Paris v. 153, 1911.

\_\_\_\_\_. "Mode d'action des lumières colorées sur les Chlamydomonas". *Comptes Rendu de Académie des Sciences*, Paris v. 153, 1911.

\_\_\_\_\_. *Sur l'action des diverses radiations lumineuses sur les chlamydomonas*. Paris C. R. Ass. Franc. Avanc. Sci. Dijon v. 40, 1911.

\_\_\_\_\_. "Sur le phototropisme des zoospores de *Chlamydomonas steinii*". *Comptes Rendu de Académie des Sciences*, Paris, v. 152, 1911.

\_\_\_\_\_. "Sur une interprétation de la loi de Weber-Fechner." *Paris C. R. Soc. Biol.* v. 70, 1911.

- Ducloux, E. "Sur une piroplasmose bacilliforme de boeuf en tunisie". *Paris C. R. Soc. Biol.* 59, 1905.
- \_\_\_\_\_. "Sur un protozoaire dans la Lymphangite epizootique du mullet en Tunisie". *Paris C. R. Soc. Biol.* 64, 1910.
- Dumas, J. B., and J. B. Boussingault. *Essai de statique chimique des êtres organisés*. Paris: Fortin et Masson, 1844.
- Eddington, A. S. *Stellar Movements and the Structure of the Universe*. Londres: Macmillan and Company, 1914.
- \_\_\_\_\_. *Report on the Relativity Theory of Gravitation* 2<sup>a</sup> ed. Londres: Fletway Press, 1920.
- \_\_\_\_\_. *Space, Time and Gravitation; An Outline of the General Relativity Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1921.
- \_\_\_\_\_. *The Theory of Relativity, and Its Influence on Scientific Thought*. Oxford: The Clarendon Press, 1922.
- \_\_\_\_\_. *The Mathematical Theory of Relativity*. Cambridge: Cambridge University Press, 1923.
- Edmunds, W. & Bogush, Anna. (2013). "V.I. Vernadsky – Pioneer of Water-Rock Interaction". *Procedia Earth and Planetary Science*. 7. 10.1016/j.proeps.2013.03.141.
- Egounov, M. A. "Schwefeleisen und Eisenoxydhydrat in den Boden der Limane und des Schwarzen Meeres". *Annuaire Géologique et Minéralogique de la Russie*, v. 2, 1897.
- Ehrenberg, C. G. *Mikrogeologie: das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde*. Leipzig: L. Voss, 1854.
- Engelmann, W. *Bibliotheca zoologica: Verzeichniss der schriften über zoologie, welche in den periodischen weken enthalten und vom Jahre 1846-1860 selbstanstossig erschienen sind. Mit einschluss der allgemeinnaturgeschichtlichen, periodischen und paleontologischen schriften*. Victor Carus und Wilhein Engelmann. Leipzig: W. Engelmann, 1861.
- Fabry, C., H. Buisson. "L'Absorption de l'ultraviolet par l'ozone et la limite spectre solaire". *Journ. de astrophysique* v. 3, ser. 5, 1913.
- Fischer, A. *The Structure and Functions of Bacteria*. Oxford: Clarendon Press, 1900, trad. A. Coppen Jones.

Fleming, A. "Some Observations on the Opsonic Index with Special References to the Accuracy of the Method, and to Some of the Sources of Error", *Practitioner*, v. 80, 1908.

Germain, L. *La Vie des animaux à la surface des continents*. Paris: F. Alcan, 1924.  
\_\_\_\_\_. *La Faune des lacs, des étangs et des marais*. Paris: P. Lechevalier, 1925.

Gibbs, J. W. *Elementary Principles in Statistical Mechanics, Developed with Especial Reference to the Rational Foundation of Thermodynamics*. Nova York: C. Scribner's Sons, 1902.

Gutenberg, B. "Der Aufbau der Erdkruste auf Grund geophysikalischer Betrachtungen" *Z. Geophys.* Bd. 1, 1924.

\_\_\_\_\_. *Der Aufbau der Erde*. Berlin: Gebr. Borntraeger, 1925.

Harkins, W. D. "The Evolution of the Elements". *Journal of the American Chemical Society* v. 39, 1917.

Hess, V. F. *Die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre und ihre Ursachen*. Braunschweig: Vieweg, 1926.

Hjort, J., H. H. Gran. *Hydrographic-Biological Investigations of the Skager-rak and the Christiana Fiord*. Oslo, Noruega: Oscar Anderson, 1900.

Humbolt, A. von. *The Life, Travels, and Researches of Baron Humboldt*, Londres: Nelson, 1859.

Isachenko, B. L. "Mikrobiologicheskie issledovania nad gryazevymi oze-rami". *Trudy Geologich. kom*, v. 148, 1927.

Jeffreys, H. *The Earth: Its Origin, History and Physical Constitution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1924.

Johnstone, J. *Conditions of Life in the Sea: A Short Account of Quantitative Marine Biological Research*. Cambridge: Cambridge University Press, 1908.

\_\_\_\_\_. *Life in the Sea*. Cambridge: Cambridge University Press, 1911.

\_\_\_\_\_. *A Study of the Oceans*. Londres: Edward Arnold, 1926.

Kant, I. *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*. Königsberg; Leipzig: Petersen, 1755.

Klossovsky, A. V. *Meteorologia. Obshchy Kurs*. parte 1. Odessa: Ekonomich. Tipogr, 1908.

- \_\_\_\_\_. *Osnovy Meteorologii*. Odessa: Mathesis, 1914.
- Lamarck, J. B. *Hydrogéologie*. Paris: Muséum D'Histoire Naturelle, Jardin des Plantes, 1802.
- Lavoisier, A. *La Chaleur et la Respiration*. Paris: Masson, 1892.
- Leibig, F. V. J. *Organische Chemie in Ihrer Anwendung Auf Agricultur and Physiologie*. Londres: Taylor and Walton, 1847.
- Linnaeus, C. *Carl Linnaeus Systema Nature*. Estocolmo: apud Gottfr. Kiesewetter, 1740.
- Lowell, P. *The Evolutions of Worlds*. Nova York: Macmillan, 1909.
- MacFadyen, A. "On the Influence of the Prolonged Action of the Temperature of Liquid air on Micro-organisms, and on the Effect of Mechanical Trituration at the Temperature of Liquid Air on Photogenic Bacteria", *Proc. Royal Soc.*, 71, 1902.
- Mayer, J. *Die organische bewegung in ihren zusammenhang mit dem stoffwechsel*. Heilbronn: C. Drechsler'sche Buchhandlung, 1845.
- \_\_\_\_\_. "Quantitative Analysis of the Spring Water of Ramandroog", *Indian Annals II*, 1855.
- Mendeleev, D. *The Principles of Chemistry*. Londres: Gongmans, Green and Company, 1897, trad. G. Kamensky.
- Mengel, O. "Caractère climatique de Font-Romeu et de Mont Louis". *Memorial de l'Office National Meteorologique de France Ann.* 1, n. 5, 1923.
- Mohorovičić, A. "Das Beben vom 8.X.1909". *Jahrb. Meteorol. Observ. Zagreb Jahrg.* 9, 1910, TeillV, Abschn. 1.
- Murray, J. *The Ocean*. Nova York: Henry Holt & Co., 1913.
- Newton, I. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* v: I-III. Nova York: Cambridge University Press, 1726.
- Norris, H. N. "Some Problems of Sidereal Astronomy". *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* v. 5., 1919.
- Ocken, H. *Lehrbuch der naturphilosophie*. Zurique: F. Schulthess, 1843.

Oddo, G. "Die Molekularstruktur der radioaktiven atome". *Zeitschrift. anorg. Chem.* Bdd. 63, 1914.

Omeliansky, V. L. *Svyazivanie atmosfernogo azota pochvenimi mikrohami*. São Petesburgo: Rossiyskaya Akademiya Nauk, 1923.

Osborn, H. F. *Origin and Evolution of Life on the Theory of Action, Reaction and Interaction of Energy*. Nova York: Scribner's Sons, 1917.

Paczoski, J. K. *Prichernomarskie Stepi. Botaniko geografichesky ocherk*. Odesa: Slavyanskaya Tipografia, 1908.

Pasteur, L. *Études sur la bière, ses maladies, causes qui les provoquent, procédé pour la rendre inalterable; avec une theorie nouvelle de la fermentation*. Paris: Gauthier-Villars, 1876.

Payne, C. H. *Stellar Atmospheres: A Contribution to the Observational Study of High Temperature in the Reversing Layers of Stars, Harvard Observatory Monographs*, n. 1. Cambridge, Massachusetts: The Harvard Observatory, 1925.

Pearl, R. "Notes on the history of barred breeds of poultry". *Biological Bulletin* v. 22, 1912.

Perfil'ev, B. V. "Novye dannye o roli mikrobov v rudoobrazovani". *Izvestia Geologich. kom*, 1926.

Pfeffer, W. *Pflanzenphysiologie: ein Handbuch des Stoffwechsels und kraftwechsels in der Pflanze*, Bd. 1 & 2. Leipzig: Engelmann, 1881.

Reinke, J. *Einleitung in die theoretische Biologie*. Berlin, Pactel, 1901.

Saha-Meg-Nad. "Über ein neues Schema für den Atomaufbau". *Physikalische Zeitschrift* Bd. 28, 1927.

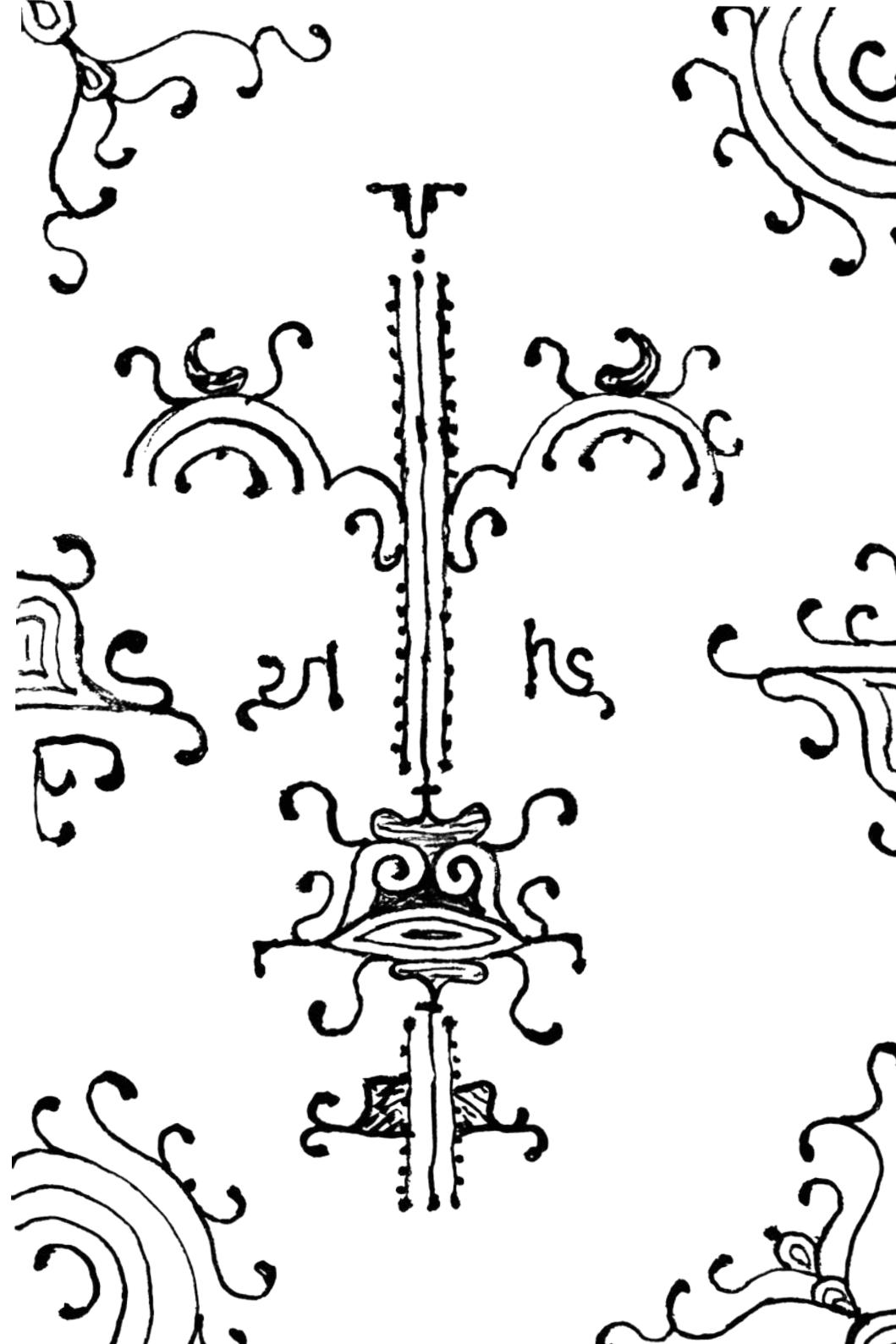
Schuchert, C. *Historical Geology*. New York: Wiley and Sons, 1924.

Semper, C. *Animal Life as Affected by the Natural Conditions of Existence*. Nova York: D. Appleton and Company, 1881.

Shapley, H. *The Stars*. Chicago: American Library Association, 1927.

Steffens, H. *Beyträge zur inneren Naturgeschichte der Erde*. Freyberg: In Verlag der Crazichen Buchhandlung, 1801.

- Soboleff, D. N. *Zemlia i Zhizn*, volume 1. Kiev, 1926.
- Suess, E. 1875. *Die Entstehung der Alpen*. Viena: W. Braunschweig, 1926.  
\_\_\_\_\_. *Das Antlitz der Erde*. vol. 1 1883; vol. 2, 1888; vol. 3, 1901; vol. 4, 1904. Prague und Vienna: F. Temsky. Leipzig: G. Freytag.
- Thompson, D. W. *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press, 1921.
- Tissandier, G. *Histoire des ballons et des aeronautes celebres*. Paris: H. Launette & Cie, 1887-1890.  
\_\_\_\_\_. *Bibliographie aeronautique: catalogue de livres d'histoire, des science, de voyages et de fantaisie, traitant de la navigation aerienne au des aerostats*. Paris: H. Launette & Cie, 1887.
- Tirring, H. "Tensoranalyt. darst. d. elastiz. theor". *Physikalische Zeitschrift* v. 26, 5 s. September, 7, 1925.
- Vernadsky, V. I., *Osnovy kristallografi*. Moscow: Univ. Tipografiya, 1903.  
\_\_\_\_\_. *Ocherki i rechi*, Petrograd, 1922  
\_\_\_\_\_. *La Géochimie*. Paris: Félix Alcan, 1924.  
\_\_\_\_\_. *Biosfera*. Leningrado: Nauka, 1926.  
\_\_\_\_\_. *La Biosphère*. Paris: Félix Alcan, 1928.  
\_\_\_\_\_. *Ensaios de Geoquímica*. Leningrado: 1927 (em russo)  
\_\_\_\_\_. "Algumas palavras sobre a noosfera". *Uspehi Sovremennoy Biologii* 18 (2), 113–120 (em russo).  
\_\_\_\_\_. *Biosfera e Noosfera*. Sci. Am. 33, 1–1, 1945. (em russo)  
\_\_\_\_\_. *The Biosphere*. David B. Langmuir, ed. Mark A. S. McMenamin, New York, Copernicus, 1997
- Williamson, E. D., and L. H. Adams. "Density Distribution in the Earth", *Journal of the Washington Academy of Sciences*, v. 13, 1925.
- Winogradsky, S. "Über Schwefelbakterien". *Bot. Ztg.* 45, 1887.  
\_\_\_\_\_. *Beitriige zur morphologie und physiologie der bacterien*. Liepzig: Zwickau, 1888.  
\_\_\_\_\_. "Ueber eisenbacterien". *Bot. Ztg.* 46, pp. 261-70, 1888..  
\_\_\_\_\_. "Recherches sur l'assimilation de l'azote libre de atmosphere par les microbes". *Arch. des sci. biolog.* St. Petersburg v.iii, pp. 297-352, 1895.  
Wiesner, J. *Die Entstehung des Chlorophyl der Pflanze. Eine physiologische Untersuchung*. Viena: Holder, 1877.



sol  
esfera da vida  
Rio de Janeiro, dois mil e dezenove.