

古生態學研究指南

P. Φ. 蓋格尔著

科学出版社

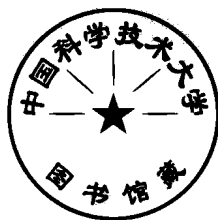
316

44

古生态学研究指南

P. Ф. 盖 格 尔 著

周明鎮 胡长康 译



科 学 出 版 社

1956 年 11 月

Р. Ф. Геккер
НАСТАВЛЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО ПАЛЕОЭКОЛОГИИ

Издательство Академии Наук СССР

Москва, 1955

內 容 提 要

本書通过簡易的文字和較多的插图，对古生态研究的性質、意义、野外調查与室內研究的内容和方法作了全面的系統介紹，古生态学是研究化石有机体与其周圍环境間的相互关系的一門科学，在地层鑑定、对比、岩相分析、沉积环境及古地理研究等方面的理論和实际应用上都有很大的意义，是最近十余年来，在地質和古生物科学的研究中特別受到重視和发展得快的一个新的方向。作者 Р. Ф. 盖格尔教授是苏联科学院古生物学研究所海洋無脊椎动物古生态研究室主任。

古 生 态 学 研 究 指 南

原著者	[苏] Р. Ф. 盖 格 尔
翻譯者	周 明 鎮 胡 长 康
出版者	科 学 出 版 社
	北京朝陽門大街117号
	北京市書刊出版业营业許可証出字第061号
印刷者	上 海 启 智 印 刷 廠
总經售	新 华 書 店

1956年11月第 一 版
1956年11月第一次印刷
(77)0001—4.642

書号：0594 字數：28,000
开本：850×1168 1/32
印張：1 3/16 插頁：2

定价：(11) 0.36 元

目 錄

緒言.....	1
任务和方法.....	3
野外观察.....	14
采集.....	18
图解說明.....	20
照相記錄.....	29
参考文献.....	29

緒 言

对地史时期生物遺骸的多方面深入的研究，除了許多其他的部門以外，还包括古生态学的研究。

古生态学是古生物学的一个部分，也就是总的生物科学的一部分。古生态学从事研究地史上有机体(动物和植物)与它們居住的环境間的相互关系。古生态学对于生物学的理論——进化学說——有头等重要的意义，因为有机界进化的問題在相当大的程度上是生态学上的問題(也就是古生态学上的問題)；适应性的起源的問題也是其中的一个問題。

对于在內部的和外部的因素的影响下进行的物种形成过程的深入的了解，是研究有机界进化問題的基础。对地史时期的外界因素的認識，也就是化石有机体的生活条件与环境，以及生活条件对生物体的影响，这是古生态学的任务之一。古生物学家在这些問題的解决上，需要地質科学方面——地質学和岩石学——的帮助。

古生物学家对这些重大的生物学上的問題的解决，目前还不够注意。古生物的工作絕大多数曾經是描述性的、純粹的形态学和系統分类方面的。但是，如果沒有考虑到它們的生态而确定的化石有机体的系統分类，就可能是——而事实上常常就是——人为的、表面的分类，而不是符合于各个种类之間的真正的亲緣关系的自然的分类。由于这种原因，当不注意生态学的时候，由于錯誤地确定系統发生的一系列的结果，就会得到关于进化过程方面的不正确的結論：把不是亲屬的种类認做是同一个发生系統的，而事实上仅仅是由于生活在相同的条件下，而引起的趋合現象。同样，相反地，有些种类可以根据某些特点人为地分得非常远，这些特点，在非生态学家的分类学家会觉得似乎是很重要的。而事实上，这些構造上的特征，是在生活条件的改变下引起的强烈的变化。我們不在这里細述这些錯誤；只有用个别特征的适应意义的揭露的方法才可以避免这些錯誤。

在地层学上应用化石的問題，我們同样也可以說：由于忽視某些生态上的基本原理，常常把由类似的群組和种类組成的不同时代的、同一个相的动植物群当作同时代的动植物群；同时，不同相的、同时代的动植物群，其中不包含共同的种类，描写成不同的地質时代了。經驗同样告訴我們，在特別詳細的地层划分中和在各个剖面层位对比中，古生态学的資料（同样如生物地层学的資料）可以起决定性的作用。

化石有机体的生物实質給研究者提供了許多資料，但是被研究的和被利用的可能性还很小。問題在于揭发动植物群化石对居住环境的依賴性、对环境的适应性、以及当揭发了有机体在这种环境之下的影响以后，使对化石动植物群的生态解釋可能認為化石有机体不仅仅是某一系統分类的代表，而且是地質时期的标誌；而且同样認為动植物群是环境的形成的参与者。在这环境里堆积了各种今天对人类具有实际的沉积物。

仅仅只有一类化石沉积物的研究，不会得到关于沉积物起源的足够清楚的图景；在这种情形下，其中含有的动植物群的古生态的分析能够闡明沉积岩形成条件的真相。如在确定沉积岩的时代时，生物的对象比沉积物有更确切的指示；以及在这种情形下，它們可能是居住环境更正确的标誌，同时也是沉积形成环境的标誌。

因此，我們可以認為化石动植物是确定生活条件的指示者，同时也是确定沉积条件的指示者。为了明了有用礦物沉积的成因，在复原生活环境沉积物形成环境的时候，我們可以利用已得的資料。同样，礦床产地的成因特点，在尋找、勘探、开采的目的之下絕對必須正确的完整的了解它們。因此，在这种情况下，岩石学和古生态学的方法具有同样的作用。

在苏联領土內地史时期的大陆和海洋的沉积是古生态学的研究的无穷尽的园地，但这方面的研究可說剛剛开始，而且可以說还没有开展。在我們面前有广大的，几乎是不尽常的活动的領域，拥有有趣的資料和最誘引人心远景的为理論和实际上的結論。

任务和办法

有机体是与它的生活条件相统一的。因此,为了解决古生态学问题——化石有机体的生活条件、生活方式和它们与居住环境的相互关系——应该运用保存到现在的化石有机体的遗骸和包括化石有机体本身的岩石资料。

这方面首要的任务是: 1) 阐明已绝灭的动植物的生活方式, 以便更完整的、深入的了解它们的本身, 以及阐明它们所表现的在另一种动物或植物或非生物环境下的影响。2) 恢复任何种类或整个群组的生命所经历的条件, 以及一般地确定地史上有机体的生存和发展的条件的可能性。

生活方式和居住条件是相互联系的。在研究的时候必须充分回答这二个問題, 而不仅仅是满足于回答任何一个。

分析反映有机体活动的结构, 是最有可能判断已绝灭的有机体的生活方式; 只有在这种情形下对居住环境的认识才能补充功能形态分析的结论。但从有机体的结构的分析来阐明已绝灭了有机体的居住条件是不够的。为了解古代有机体的生活条件的详细情形, 必须根据它们给我们所留下的直接和间接的证据, 分析它们的居住环境。

除了关于生活条件、生活方式以及个别化石种类、有亲缘关系的群组和生物群落的相的时间关系等问题以外, 在研究者前面还应该有下列与古生态或古生物的特征有联系的问题。

(1) 关于个别有机体之间具体的相互关系问题和关于它们的同居者的种类问题; (2) 关于个别种类的地层分布的界线问题(一定的居住区域); (3) 关于居住地的疏旷或稠密问题; (4) 关于生存竞争、自然选择以及自然选择的创造性作用问题; (5) 关于种类的变异和它决定于外界环境的依赖性; (6) 环境的改变影响它们灭亡的条件下, 一个种类的消失, 和关于在同样条件下再生和另一种类的改变; (7) 物种形成对于外界环境条件及其变化的依赖性; (8) 关于物种形成的速度和它们对于环境变化速度的关系; (9) 关于在个别发生分枝中种类

形成的方向性和关于在个别发生分枝中进化方向中的变化与生活条件改变方向中变化的联系; (10) 关于居住于同一生态条件下在有机体的結構上的趋合现象, 和关于在它們結構中的相互变化; (11) 关于有机体的迁移、迁移的原因、速度以及影响。許多問題的研究, 使研究者能确定总的或不同部分的有机界生态发展規律。

古生态学家在他的工作中, 必須区别化石有机体居住的地方、它們死的地方和埋葬的地方。这些地方彼此能够互相符合, 但是这些地方常常是不同的。包含有有机体遺骸的地层無論如何是它們埋葬的地方, 但是还必須更进一步的証实; 这个地方是否是这个有机体居住的地方或者是它們死的地方。

环境包括非生物(非有机的, 物理的和化学的)和生物的(有机体的, 生物的)因素。任何这些因素的影响的痕跡, 从漫长的过去的地质时代到今天只有一部分留了下来, 而利用这些片断的和不完整的无机的或过去有机体生活的証据以后, 我們必須尽可能完善地复原它們的图景。这两类因子密切地互相联系成为整体的一部分——环境与生活, 因此一种因素的研究帮助对另一种的了解, 如果没有生物的因素的研究就不能彻底理解非生物的因素, 反之, 也是一样。

当有机体生活时, 它們在有机的或无机的周圍环境的影响下与生物的成分及居住环境的因素有关系。

对这个居住地起决定性作用的物理和化学条件的因素是居住环境的无机成分(海底沉积及水的温度及咸度等等), 包含在堆积內的已死有机体的硬体部分也是居住环境的无机成分。有机体的排泄物和它們軟体組織腐爛的产物可以属于别的类(例如粪化石)。

在地层形成的时候, 有机体的遺骸属于以上所指示的那一种的可能性需要仔細的分析, 例如在地层中所遇到的那一些有机体已經死了, 甚至于已經属于沉积物的一部分, 有时候另外一部分有机体則是生活着的, 甚至于是这地区的种群組成者, 而后来也被埋葬了, 同时, 必須了解它們是当时一同生活的生物群落的遺骸, 还是埋葬在一起的有机体遺骸的堆集, 也就是化石的堆集群落(Танатоценоз)。

生物群落就是生物和非生物环境因素的影响下, 在或長或短的

一段地質时期內曾参与組成生活环境的生物种群。由于这原因，这个种群的个别成員之間产生了一定的相互关系，結構和数目的对比。生物群落不是停滯不变的：它們的变化决定于外界环境变化的大小。

生活小区——生物的生活环境地区称为生活小区，这些生活小区的特征是有一定的物理和化学的特性，这些物理和化学的特性以在这地区一定生物群落存在的可能性为先决条件。因此，生物群落居住的地方称为生活小区。

与生活小区的环境因素的变化相联系的是：生物群落可分成占有生活小区各部分的种的集群和各种种的数目的对比情形，种可以是主要的（种的数目可超过总数的50%），特有的（种的数目超过10%）和偶然的（少于10%或只个别的种类）。

在生物群落中，动植物个别种类占有各种生态小圈，因为居住在海底任何地区的各种有机体的营养物各不相同。有一些有机体是隱藏着的，另外一些是固定的，第三种是自由躺着的，第四种是移动的等等；它們获得食物的能力，繁殖的特性，对于防禦敌人的适应性和对防禦致命的无生物因素的适应性等等都相当不同。因此，一个生物群落內的生物可以具有非常不同的适应形式、或生活的类型；但是这生活小区的特性（水的活动程度、深度、沉积特性等等）通常都帶有特有的共同的标誌——“环境的标誌”烙印在这个生物群落的成員上。

因此，生物群落的成員帶有共同的特征不是由于亲屬关系，而是由于对共同的生活条件的适应性。

必須竭力确定，我們是否拥有純粹的、真正的化石生物群落，也就是說沒有另一个生物群落或其他生物群組的成員混雜在內；如果，帶入了混合种，在被研究的化石种类的堆积中，應該闡明包括多少生物群落的成分。古生态学家必須更进一步确定所有有机体的遺骸是否都是埋藏在这些生物群落的生活区以外的地区，或是埋藏在生活区內的某一居住地方。我們完全需要这种化石遺骸堆积的分析，因为沒有这种分析很容易把仅仅就是一起埋藏的有机体混淆成为共同居住过的有机体。我們所遇到的在一起的有机体的化石，是否是

属于一个生物群落，不是經常很容易搞清楚的。在不清楚的情况下，最好利用普通术语“种类群組”。

我們采用堆集群落这个术语是为了区别属于特別規律的“死的生物群”与生物群落——曾生活过的有机群。古生物学家最初运用“堆集群落”的术语的意思是指在生活的时候不是某一生物群落的化石有机体的任何遺骸堆积。但是后来某些研究者把堆集群落这名词更狹窄地仅仅理解为尸体掩埋以前的尸体的堆积；另一些研究者还更縮小了堆集群落的概念和把这名词了解为同时死亡的或由于某种共同原因死亡的有机体的堆积。采用“堆集群落”这术语是为了在共同墳墓和同时埋葬的有机体的遺骸的標誌。

显然，为了古生物学家能够更准确的了解化石有机体生活的問題，他同时應該常常注意化石有机体死亡的原因和条件。同时他也應該認識在各种条件下动物尸体和植物遺骸經過的过程及有机体遺骸完成石化作用的过程。

不久以前开始注意了化石遺骸埋葬的特点，以及被称为生物地层学的这門新的科学也已經开始研究了。生物地层学的任务是闡明在岩石中的有机体遺骸空間分布規律以及彼此之間的关系。

叶弗列莫夫(И. А. Ефремов, 1950)曾根据一門新的知識——化石埋葬学(тафономия)开始广泛的、深入的研究埋葬的进一步的問題，化石埋葬学是关于动植物化石遺骸的产地的形成及埋葬的規律；生物地层学是化石埋葬学的一部分。

許多生活环境的因素，如某一盆地中的水的活动性、溫度、深度很容易在現代有机界水生生物工作时被确定，在古生态学上就不能直接观察和測定。因此，闡明化石盆地的这些因素必須用間接的方法。由于这个原因，在古生态学家的工作中尽可能广泛提出动植物群、生物群落、堆集群落及保存它們的堆积和岩层的比較分析是特別有效的办法。这个分析首先應該掌握同时生存的，但居住在不同条件下的有机体；而且必須同时进行与生物群落的比較，与个别种类及包括現代和各个地質时代的整个动植物群进行比較。

比較資料愈多，尤其是各种化石盆地堆积的被研究的剖面的数

目愈多,其中所产的动植物群可以彼此比較,所得的一系列結論也会更准确和更有意义。

熟悉今天跟化石有机体有亲緣关系的活着的有机体的生态是解决古生态学問題很重要的标准。但是观察現代类型的現象直接轉到与它們有亲緣关系的已絕灭的类型上去是不能接受的,因为它們的居住条件可能不同;同时也必須叙述已絕灭了的种类的生活方式。在完全絕灭了的种类的情况下,化石种类可以和現代的比較,虽然它們不是亲屬,但是由于相同的居住条件和类似的生活方式,它們形成了趋合。

同样,熟悉現代的生物地理(动物地理和植物地理)是非常重要的,因为在古生物学部門中这方面的工作还研究得很少。

在个别种类,有机群体和生物群落的生活条件的复原中,古生态学家不仅仅必需要闡明这些生物普通遇到的条件,而且也要闡明这些生物体难得遇到的条件,而且也要闡明这些生物体难得不可能生活的条件的范围,也就是必須力求很完善地說明被研究对象在它們的居住条件方面的可能性。为了这些目的必須研究和顧及到不仅仅包含对我们有兴趣的种类、群組、群落的地层,而且还要研究和顧及到与这些群組、群落互相更替的地层,同时也要研究不含这些有机体化石而具有其他特征的类型及生物群落的地层,或者甚至于完全没有化石的地层。

因此,由于以上研究的結果我們應該闡明每一种或多或少对它們生存有利的条件,同时闡明不适合于它們生存的条件。

因为有机体生存的可能性依賴于一系列的各式各样的因素(温度、深度、土壤特性等等),必須查明影响于这个种上每一个因素的特性(与因素的、数量上的特征)和这些种类的分布的可能性。

严格的說古生态学的分析,也就是化石种本身的分析,除了运用现实方法以外,我們一段还根据三方面去考虑: 1)同时代化石相的生物群落、个别种类和各种有机体系統門类的比較分析; 2)不同时代相的生物群落,个别种类以及同类或相近的有机体的比較分析; 3)在地質时期中有机群生活条件变化的时候任何一个門类的生态比

較分析(同样也可以是生物群落)。

从以上所說可以知道在进行古生态学研究的时候,从某一产地,地点,和地层中古生物学資料研究的不足性。为了比較分析,必須注意各个时期的生物群落和种类,同样要注意它們的生活条件。換句話說,同样的工作要求广泛研究确定了过去的沉积岩层,垂直的方向中及水平方向中研究。

物理和化学的成分和居住环境的因素,今天我們看到的主要的只是变成了岩石的沉积物。地質时代的沉积物是由礦物或古代水里或陆地上的有机堆积組成的。有机体的生命曾在这些沉积物的表面,在岩层里面或在岩层上面经历过。

在化石沉积物的研究中,为了說明絕灭的有机体和它們的生物群落的生活方式和条件,要求对沉积物运用岩石学的方法。这里,正如在研究化石相有机物成分的时候一样,不許仅仅限于成分的描写(形态上的)和不許仅仅限于被研究对象准确名称的确定,但是必須闡明它們的起源和說明它們发生的环境,同时說明它們沉积以后沉积物变化的过程:这些变化在复原沉积物形成的条件时可能是“不被考虑”的。古生态学及岩石学的研究應該并肩进行(古生态学-岩石学和綜合研究方法)。

被地質学家和古生物学家們所利用的各个不同的地質剖面是进行这种工作的基础,在古生态学研究的时候要求特別仔細的及各方面的專門的研究。古生态的特性的結論只有建筑在詳細地和各方面研究剖面的基础上。

地殼的構造有各种不同的类型:地台和地槽,山前褶曲地帶及山間凹地,彼此运动程度不同,沉积速度不同,它們堆积的速度厚度不同以及其他等等的不同。

所有这些在地質構造方面不同的地区需要及可以进行古生态学研究,但是进行这些研究的难易程度和获得的結論,以及后者的准确性在各个不同地区將會不同。

对于进行古生态的分析和对于已絕灭的有机体的生活条件的闡明的最有利的条件是:(1)对于个别的关系可以明确的剖面的良好的

露头可以不用怀疑,和进行多次的野外观察和大量的采集。(2)动植物群保存优良,容易从岩石中采取化石,岩石没有受变质。(3)被研究的地层厚度比较不太大,可以在露头中看见完整的个别地层或根据个别露头可以编制连续的地层的剖面;(4)岩层的水平分布的伸广,可以根据薄层追溯地层单位的相的过渡;(5)很少或没有受到构造的破坏的沉积物可以在长距离中,甚至完全没有间断地研究。

所有举例的有利的条件都是在地台条件下形成的海洋沉积的特征。对带有部分的变质,构造破坏很强的,厚层的沉积岩的地槽区研究来说是比较困难的。

更进一步,由各种岩石成分交替的地层,与其中所含的有关的动植物群组的地层,对古生态学分析是最有利的(图1)。这种样子的岩层反应了沉积物形成条件和有机体的生活条件的强烈的变化,比由同一类型的动植物群的同时形成的沉积,给了古生态学家关于判断已绝灭了的动植物的生活条件和生活方式的更多的资料。

第一种类型的岩层使研究者可能“清楚地阐明”已绝灭的有机体生存的可能性或鉴定岩层相的属相。尤其是这种类型的沉积的特征,不仅仅在垂直剖面中相的变化很大和很快;而且同样在空间中也能观察到相当快的相的变化,顺地层延长的方向可以考证和更详细地说明在垂直剖面研究中得到的结论。但是,应该指出,在这种变化很厉害的沉积中很难采集到作为有机体系统发生的研究的资料,因为由于居住环境很快的和强烈的变化,有机体不可能长期生存在这个盆地中。在条件变化不象这样厉害和快的盆地中,则情形就完全是另一种样子。在这种情况下,在相当长的一段时期中,在这地区内发展的有机体包含在地层内的化石和岩层的成分就比较一致。因此,在追溯个别门类的发展及建立系统发生的线和分枝中,这种样子的岩层给了很好的资料。

当古生态学和岩石学的研究同时进行的时候和掌握了整个化石盆地内的种群或者地质时期内相当长的一段时期(最好是盆地生存全部时期内)内的种群的大部分的时候,古生态学的研究常常是最有效果的。

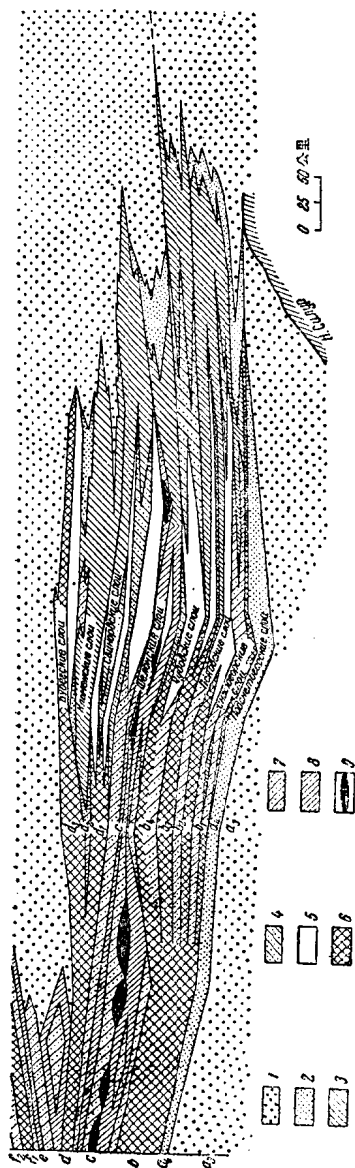


图1 通过格拉甫泥盆纪油田的岩性地层剖面图。

1. 红色近海沉积岩; 2. 白色石英砂; 3. 粘土; 4. 粘土质砂和泥灰岩; 5. 纯石灰岩;
6. 白云岩及白云石灰岩; 7. 白云石灰岩; 8. 白云粘土; 9. 石脊。

Буревские слои

布列格层

Кламенские слои

克拉明层

Свинцовские слои

司维诺尔甫层

Ильинские слои

伊林层

Чудовские слои

丘陀甫层

Псковские слои

普司可甫层

Снеготорские слои

司纳脱可尔层

Поднеготорские слои

下司纳脱可尔层

这种方式的研究所获得的大批事实资料对古生态学的結論的比較分析和核对,开辟了宽广的可能性,同时可能得出关于有机界进化問題、岩石成因、岩相、有用礦物的生成、古地理、地层、大地構造以及其他从古生态这方面来闡明的问题的結論。

因此,上面所提的研究,同样获得了新的真正的工作方法的拟定和引用从前錯誤的理解的消灭。

例如,从前,在个别剖面对比的时候,由于忽視古生态学的基本原理曾引起了很大的錯誤:本地区生活条件变化的情况下动植物群和它們在垂直剖面中相应的相的协调。

动植物的个别类型和群組类型的交替和空間分配的生态特性,

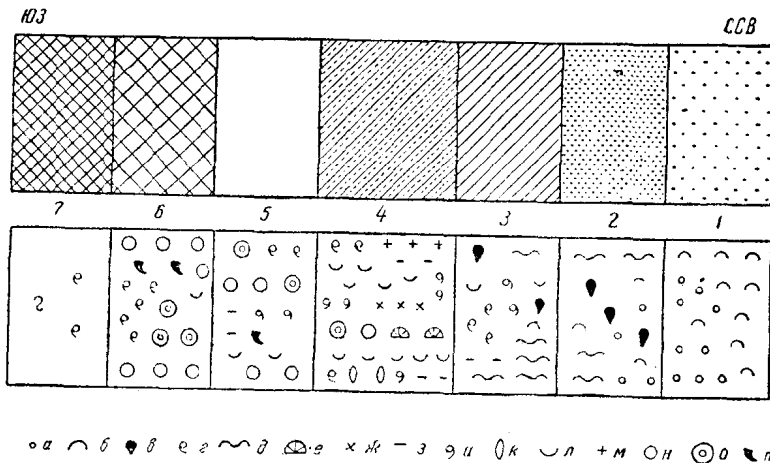


图 2 由北北东向西南看(从海岸向深入盆地看和在岸的对岸看)(参看圖 1)在格拉市泥盆紀油田上泥盆紀海洋沉积中岩石替代的規律和与它有关的类型的羣組。

岩石 1—5 与圖 1 同; 6. 白云石灰岩; 7. 白云岩。

动物羣和植物羣

淡水生物: a. 車軸藻; б. 紅色相的鱼。

海洋生物: 适应变动鹽度的类型: B. 海豆芽; r. *Platyschisma*;

л. 虫(痕迹)。

适应固定鹽度的类型: 正常鹽水类型: e. *Tabulata*; (板珊瑚)

к. *Spirorbis*; 3. 斧足类; и. 腹足类 (大多数); K. 鸚鵡螺;

л. 有铰腕足类(大多数); м. 海百合; 正常的和稍高鹽度水中的类型;

н. 藍綠藻 (*Girvanella-Pycnostroma*); o. 層孔虫; п. 四射珊瑚。

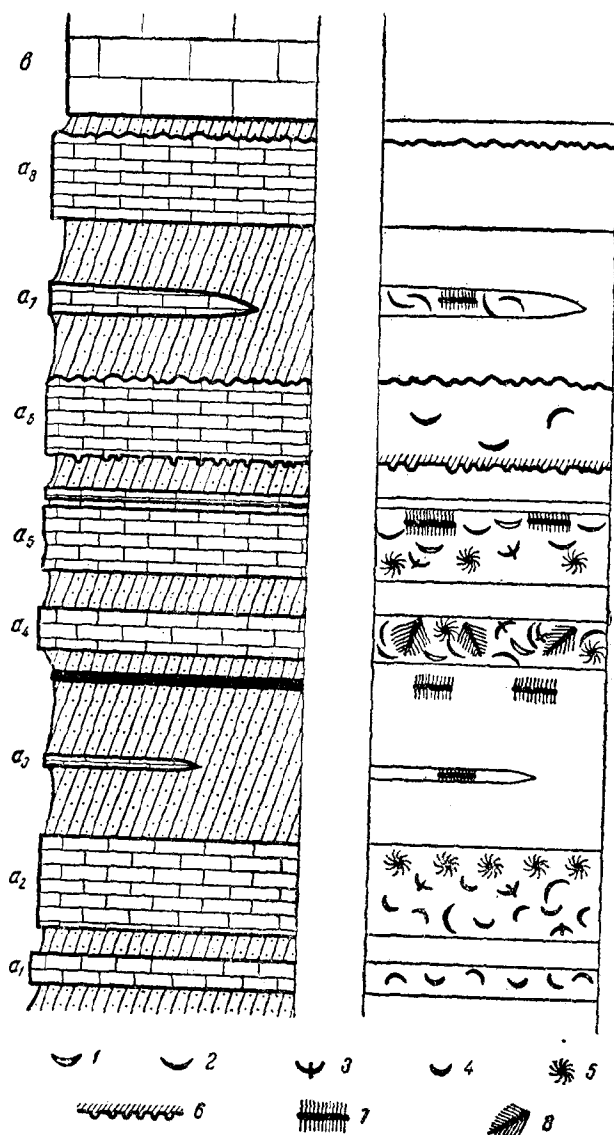


图3 附有动物羣的种的成分的保存的8層石灰岩(a_1 — a_8)的各种古生态和生物地層的特性。在莫斯特河上游,勃羅維奇城的下石炭紀的互層的岩層“a”;

1. 两个瓣的 *Gigantoproductus*; 2. 同前, 單瓣; 3. *Productus semipianus* Schwetz.; 4. 小腕足类; 5. *Taonurus* (*Spirophyton*) 的通道; 6. 綫圈狀的和細小簡單的虫子孔道; 7. 水平方向的封印木; 8. 垂直和不对称的封印木。同时代的腕足类的符号表示介壳的位置, 而 *Gigantoproductus* 的符号——完整的介壳或分散的瓣。

从前只有妨碍地层学家的工作; 而現在, 当考虑到基本的生态規律的时候, 地层学家可以在自己的工作中利用它們, 如在一般的“标准类型”或“标准群組类型”(意思就是在一定的地質时代地层中) 不可能运用的場合; 在各种岩相的地层的对比中有它的地位。在这种情况下必須以生态群組类型和生物群落在空間中的交替規律为基础运用剖面对比的方法(图 1 和 2)。

在另外一些情况下, 当地层学家研究代表一段比較短地質时期的岩层的剖面中, 特别是片断的层位間的联系的时候, 在这段时期中动植物群的成分基本上保持不变, 而且他應該从标准类型和群組类型的方法轉向根据古生态和生物地层的特征的詳細对比剖面的方法。古生态的特征包括生存的种的数量上的比例, 种的反映地位和时间的一定的地层的层位关系, 各种动物的痕迹和它們的一定的地层层位的关系, 介殼生存时的方位和植物根的結構所屬的一定地层层位的关系。在生物地层的特征方面包括次生的, 已經死亡的生物种的遺骸的数量上的比例, 以及介殼的保存情形、方位、堆集、各种各样在灭亡的时候或在有机体死后曾經起作用的物理因素等等(图 3 和 5)。

上述的例子特点在距离不大(几公里內)的地层中常可以应用, 因此对露头分布相隔不太远的地层的对比也是最好的“标准的标志”, 尤其是由某些重复类型岩石部分交替組成的剖面的露头的部分, 这些露头与重复的群組类型相符合。

同时还可以向地层学家介紹第三种方法——根据地层單位选择和当时群組类型生态的替代的方法和剖面对比的方法。

在相的研究中, 沉积物的沉积条件和有用礦物沉积的成因的研究中, 古生态学和化石埋藏学对地質学的理論及实践都有很大的帮助。图 1—3, 8—12 和图版 I—IV 是这些的說明。