

А. ГРИГЯЛИС, М. РУБЕЛЬ

РЕЗУЛЬТАТЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ КЕЛЛОВЕЯ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ПРИБАЛТИКИ

В рамках исследований по проекту № 148 Международной программы геологической корреляции «Техника количественной стратиграфической корреляции» проверялась работоспособность принятого советской рабочей группой алгоритма составления порядковых шкал на основе распространения фораминифер келловея Юго-Западной Прибалтики. Из-за малого объема проверяемого материала соответствующая его обработка была проведена вручную. В целях ознакомления с выбранным алгоритмом и с возможностями его использования ниже приведены принципиальные процедуры обработки материала по нему.

Исходный материал. Анализировали распределение 26 видов фораминифер в 12 разрезах келловейского яруса (средний и верхний подъярусы) Юго-Западной Прибалтики (табл. 1).

Постановка задачи. Среди существующих алгоритмов стратиграфической корреляции (Brower, Millendorf, 1978) имеются такие, которые направлены на выяснение временных соотношений между разрезами (Рубель, 1976; Rubel, 1978; Рак, в печати). Согласно им, сперва составляется единая для всех коррелируемых разрезов шкала времени из наблюдаемых там палеонтологических событий. Затем полученная таким образом порядковая шкала идентифицируется в коррелируемых разрезах в целях выяснения отношений «выше — моложе» между определенными интервалами разрезов. Так как подобные алгоритмы моделируют логический аппарат биостратиграфических обработок вообще (Олейников, Паевская, в печати), то можно ожидать весьма значительного совпадения результатов по выбранному алгоритму с таковыми, полученными традиционным путем.

Процедуры. 1. Установим интервалы распространения видов (или любых таксонов) по их появлению и исчезновению в каждом разрезе.

2. Выясним взаимоположение указанных интервалов по каждому разрезу. После этого колонку с глубинами, как и повторяющиеся строки, можно опустить. Тогда, например, из табл. 1 по скважине Лесной-50 получим следующее относительное распространение видов:

	191			17	116	36
196	191	53	192	17	116	
196	191	53	170	192	184	54
196	191	57	53	170		
196	191	63	57			

Таким путем легко выявляются относительно друг друга последовательные и сосуществующие виды по каждому разрезу.

3. Составим матрицу отношений между видами. Для этого заполним заглавные части и диагональ матрицы кодовыми номерами всех видов,

Распределение видов фораминифер по глубинам в разрезах келловейского яруса

Скважины

Номера видов	Воверай- чай-32.	Вильки- чай-18	Ажуо- лия-20	Смиль- тинс-3/Р	Думный- 226	Станчай- чай-25	Папо- вай-3	Жальги- рай-1	Лесной- 50	Янгар- ное-1	Знамен- ка-59	Ладуш- кин-55
17	81	124-154	—	—	67-105	202	222-231	—	282-296	—	426	—
35	76-85	117-157	—	81-87	59-114	—	—	204	—	—	—	—
36	78-87	149-172	—	—	61-90	202	—	201	282	353-372	500-508	466-481
53	83	117-134	—	75-81	—	—	—	—	291-332	346	496-508	470-494
54	76-78	118-170	—	97	99-114	—	—	180-188	304	369	500-516	—
56	—	172	223	103-111	106-114	—	223-226	204	—	—	516	494
57	76-85	117-157	205-208	87-102	65-104	191-202	226	173-204	32-334	353-400	496-516	466-494
63	76-83	117-157	217-219	—	96-106	181-200	223	168-201	334	359	508	470-494
69	90	172	220	103-111	106	—	223-226	204	—	—	516	—
70	76-85	149-157	—	—	99-102	—	—	202	—	—	—	—
72	83-87	118-149	—	75-97	75-105	172-202	—	201-202	—	—	—	—
73	76	—	—	102	102-104	—	222-223	168-201	—	—	508	—
74	81	149	219	97	96-104	200	—	173-196	—	—	484-492	466-494
86	—	134-149	208-219	—	102-105	—	—	—	—	—	—	—
97	76-87	134-157	223	81-92	72-82	172-187	—	168-196	—	381	492-496	494
116	78-87	118-139	208	87-102	67-104	177-202	—	168	282-296	369	500	487
156	—	117-149	217	87-97	75-99	—	—	168-173	—	369-386	—	—
158	—	134-149	—	97	75-102	—	—	—	—	—	—	466-494
170	76-90	117-157	208-217	87-103	67-104	177-200	223	180-201	304-322	366	500-516	487
172	78-83	118-139	206	70-75	67-104	172-200	—	168-180	—	—	—	—
184	76-87	134-157	217-219	97-102	82-105	177-200	—	188	304	346	484	481-487
191	76-87	117-157	208-217	81-103	75-113	172-202	222	173-201	282-335	346-400	478-516	453
192	—	—	—	—	—	—	—	180	291-314	347-400	492-508	466-494
196	76-87	117-157	205-223	70-103	75-113	177-202	222-226	173-201	284-335	346-400	478-516	466-494
221	83-87	118-134	—	70-81	72-99	200	—	—	—	—	—	—
231	78-83	117-157	—	—	99-104	—	—	—	—	—	—	487-494

Обобщающая матрица отношений видов по изученным разрезам
(объяснения см. в тексте)

[illegible]

встреченных в коррелируемых разрезах, в порядке увеличения (табл. 2).

4. Заполним элементы матрицы наблюдаемыми в разрезах отношениями между видами начиная с разреза с наибольшим числом видов. Если сравниваемая пара видов по выбранному разрезу имеет хотя бы частично перекрывающиеся интервалы, то в соответствующий элемент матрицы впишем знак «О». Из сравниваемой пары последовательных видов знаком «+» отметим случай расположения интервала вида, указанного по строкам матрицы, ниже вида, указанного по столбцам, а знаком «—» противоположный случай.

5. Повторим процедуру 4 по всем следующим разрезам. При этом повторение знаков «О», «+», «—» в одноименных элементах матрицы указывает на сохранение одинаковых отношений между соответствующими видами по всем изучаемым разрезам. Зато появление знака «О» в каком-либо элементе матрицы независимо от последования или сосуществования сравниваемой пары видов в других разрезах указывает на отсутствие последования интервалов этих видов. Появление знаков «+» и «—» в одноименном элементе матрицы вместе придает этому элементу также значение «О» (знаки «±» в табл. 2). Это означает, что какая-то пара видов в изученных разрезах противоположно последовательна, и хотя фактически перекрытия их интервалов не наблюдалось, предположительно оно может иметь место. Знаком «X» обозначают случай, когда взаимоотношения между видами по изученным разрезам не выяснены (не встречены ни в одном разрезе вместе).

6. После нанесения отношений таксонов по всем разрезам на матрицу выявляются виды, имеющие перекрывающиеся интервалы со всеми другими, т. е. являющиеся проходящими в изученном интервале времени. В дальнейшем они из рассмотрения опускаются; в табл. 2 они показаны жирным шрифтом.

Составление матрицы завершается подсчетом встречаемости таксонов по разрезам (столбец N_i) и отношений «+» и «—» по каждой строке (столбцы Σ_i^+ и Σ_i^-).

7. В дальнейшем анализе в целях получения однозначной искомой шкалы один из пары видов с невыясненными отношениями исключается согласно правилам: либо исключить вид с менее известным

Таблица 3

Матрица отношений таксонов, имеющих коррелятивное значение

	69	56	35	70	72	53	74	158	231	86	116	156	172	184	221	192	Σ_i^+	Σ_i^-	$\Sigma_i \times$	N_i
69	69	О	О	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13	0	0	8
56	О	56	О	+	+	О	О	О	О	+	+	+	+	+	+	О	8	0	0	8
35	О	О	35	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	+	1	0	0	5
70	—	—	О	70	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	+	1	—2	0	4
72	—	—	О	О	72	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	+	1	—2	0	5
53	—	О	О	О	О	53	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	0	—1	0	7
74	—	О	О	О	О	О	74	О	О	О	О	О	О	О	О	О	0	—1	0	9
158	—	О	О	О	О	О	О	158	О	О	О	О	О	О	О	О	0	—1	0	4
231	—	О	О	О	О	О	О	О	231	О	О	О	О	О	О	О	0	—1	0	4
86	—	—	О	О	О	О	О	О	О	86	О	О	О	О	О	О	×	—2	1	4
116	—	—	О	О	О	О	О	О	О	О	116	О	О	О	О	О	0	—2	0	11
156	—	—	О	О	О	О	О	О	О	О	О	156	О	О	О	О	0	—2	0	6
172	—	—	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	172	О	О	О	0	—2	0	7
184	—	—	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	184	О	О	0	—2	0	11
221	—	—	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О	221	×	0	—2	1	5
192	—	О	О	О	О	О	О	О	О	×	О	О	О	О	×	192	0	—1	2	5

распространением, т. е. встреченный в меньшем числе разрезов, либо сохранить максимальное для корреляции число видов, либо постараться выполнить оба требования. В нашем материале, например, исключен вид 192, имеющий невыясненные отношения с видами 86 и 221, встреченными приблизительно с той же частотой в изученных разрезах.

8. Проверим непротиворечивость матрицы отношений (табл. 2). Для этого составим табл. 3, в которую выпишем все «непроходящие» виды (имеют хотя бы один знак «+» или «—») в порядке убывания количества знаков «+» и увеличения количества знаков «—» по строкам. Тогда в упорядоченной таким образом матрице все знаки «+» (по столбцам) должны быть выше знаков «О». В противном случае возникают противоречия при корреляции разрезов. Отметим, что вид 192 как раз имеет такое противоречие, что подтверждает правильность его исключения из дальнейшего анализа.

9. По оставшимся видам составим т. н. стандарт (табл. 4). В стандарте все сосуществующие во времени виды (связаны отношением «О») выписывают в одну строку, а последовательные — в разные строки. Сплошными линиями в стандарте выделено смыкание полных

Таблица 4

Фораминиферовый стандарт для изученных разрезов и стратиграфический возраст видов														
		53	74	158	231	70	72	86	116	156	172	184	221	
	56	53	74	158	231									
	69	56												
N ₁ :	8	8	7	9	4	4	4	5	4	11	6	7	11	5
<i>Lenticulina cultratiformis</i>														
<i>L. pseudocrassa</i>														
<i>L. involvens</i>														
<i>L. heringensis</i>														
<i>Marginulinopsis erucaeformis</i>														
<i>Trocholina klaipectica</i>														
<i>Lenticulina paracultrata</i>														
<i>L. praepolonica</i>														
<i>L. decipiens</i>														
<i>Planularia deeckei</i>														
<i>Marginulinopsis posthybrida</i>														
<i>Ceratolamarchina parvula</i>														
<i>Epistomina porcellanea</i>														
<i>Spirillina hortulani</i>														
Среднекекелловейские						Верхнекекелловейские								

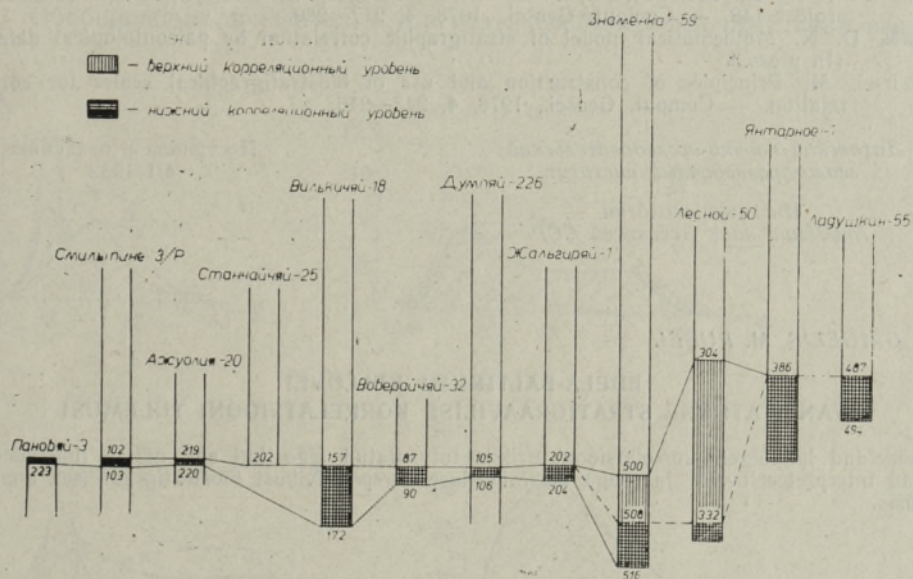
интервалов последовательных видов. Тем самым исчезновение и появление последовательных видов определяют т. н. корреляционные уровни. Последние как сложные события (благодаря чему они легко идентифицируются в разрезах) образуют и линейную шкалу времени для данных разрезов. Самая нижняя строка в табл. 4 повторяет число встречаемости видов по разрезам.

Корреляция разрезов и обсуждение результатов. Каждая строка стандарта состоит из уникального набора видов, который может рассматриваться как зональный (диагностирующий) комплекс. Однако корреляцию разрезов при помощи стандарта проводят несколько иначе, чем по традиционному методу.

Как указано выше, корреляционные уровни определяются контактом (смыканием) между двумя (или больше) видами по их полному интер-

валам существования согласно стандарту. В данном случае выявлены два таких уровня. Оказывается, что ниже первого (нижнего) корреляционного уровня остается только один среднекеellowейский вид (с кодовым номером 69), а выше — часть средне- и позднекеellowейских видов (начиная с номера 53 и правее по стандарту). Ниже второго (верхнего) корреляционного уровня остаются два среднекеellowейских вида (69 и 56), а выше — все позднекеellowейские виды (начиная с 70 и правее). Тем самым, два древних уникальных набора состоят только из среднекеellowейских видов, часть из которых сосуществует и с позднекеellowейскими (53, 74, 158 и 231), и младший уникальный набор — только из позднекеellowейских видов. Это означает, что **границу** между средним и верхним келловеем следует искать там, где в коррелируемых разрезах проходит смыкание интервалов видов древнего и младшего наборов.

Положение корреляционных уровней, т. е. искомой границы, в коррелируемых разрезах определяется находками соответствующих «стандартных» видов. Так, нижний уровень определяется исчезновением (последними находками) вида под номером 69 и появлением (первой находкой) одного из видов под номерами 53, 74, 158, 231; верхний — соответственно исчезновением номера 56 и появлением одного из номеров 70, 72, 86, 116, 156, 172, 184, 221. Так как находки видов в разрезах обычно не совпадают с интервалом их существования, то для каждого корреляционного уровня трудно выявить одну точку в разрезе, можно установить лишь т. н. интервал неопределенности, в пределах которого искомая граница должна находиться. Найденные пределы этих корреляционных уровней показаны цифрами (глубинами на корреляционной схеме).



Согласно этому в большинстве разрезов (точнее, за исключением скважин Лесной-50 и Знаменка-59) оба выявленных корреляционных уровня совпали полностью. Тем самым, все разрезы можно датировать относительно найденной фораминиферовой шкалы по трем следующим интервалам: 1 — интервалы, оставшиеся ниже обеих корреляционных уровней (точнее, нижнего предела нижнего уровня) — несомненный средний келловей (или ниже), 2 — суммарные интервалы неопределен-

мости по обоим корреляционным уровням — возраст по изученным данным точно не идентифицируется; либо средний, либо верхний келловей и З — интервалы, оставшиеся выше обеих корреляционных уровней (точнее, выше верхнего предела верхнего уровня) — несомненный верхний келловей (или выше).

Используя зональную терминологию, для интервалов 1 руководящими (зональными) являются виды под номерами 69 и 56, а для интервалов З — виды под номером 70 и от него правее по стандарту. Вывод о зональности видов полностью согласуется с данными биостратиграфических исследований (Григалис, 1980).

Выводы. Полученные результаты показывают работоспособность рассмотренного алгоритма при анализе микропалеонтологического материала с непрерывным распределением видов в отложениях морских разрезов. Он дает возможность описать ход классического биостратиграфического анализа. Вместе с тем полученный опыт указывает на необходимость и целесообразность привлечения большего числа данных (по количеству видов, по стратиграфическим интервалам и по количеству разрезов), чему способствует наличие машинных программ обработки на основе указанного алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

- Григалис А. А. Балтийская юра (фораминиферы и зональная стратиграфия). — Автореф. докт. дис. Л., 1980.
- Олейников А. Н., Паевская Е. Б. Применение количественных методов стратиграфической корреляции в СССР. (В печати).
- Рубель М. П. К биологической конструкции времени в геологии. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1976, 25, 136—144.
- Brower, J. C., Millendorf, S. A. Biostratigraphic correlation within IGCP project 148. — Comput. Geosci., 1978, 4, 217—220.
- Pak, D. N. Mathematical model of stratigraphic correlation by paleontological data. (In press.)
- Rubel, M. Principles of construction and use of biostratigraphical scales for correlation. — Comput. Geosci., 1978, 4, 243—246.

Литовский научно-исследовательский
геологоразведочный институт

Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
4/1 1982

A. GRIGELIS, M. RUBEL

EDELA-BALTIKUMI KELLOVEI KVANTITATIIVSE STRATIGRAAFILISE KORRELATSIOONI TULEMUSI

Töödeldud läbilõigete korrelatsioon artiklis tutvustatud algoritmi abil näitab tulemuste head interpreteeritavust ja seega masintõõtluse perspektiivikust biostratigraafilises analüüsis.

A. GRIGELIS, M. RUBEL

RESULTS OF THE QUANTITATIVE STRATIGRAPHIC CORRELATION OF THE CALLOVIAN IN THE SOUTH-WEST BALTIC

The distributional data of 26 species of foraminifers from 12 Callovian sections in the South-West Baltic are summarized into a composite standard according to the algorithm introduced by the author. The correlation of the sections studied by means of such a standard coincides well with previous results. It is concluded that computer processing of a copious set of data will prove helpful and desirable.