

Р.Р. ГАБДУЛЛИН, Н.В. БАДУЛИНА, О.П. РЕПИНА

ЦИКЛИЧНОСТЬ СРЕДНЕ-ВЕРХНЕСЕНОМАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕЖДУРЕЧЬЯ БОДРАК—КАЧА (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

Приведены результаты комплексного изучения трех циклически построенных разрезов сеноманского яруса Бахчисарайского района Крыма. Цикличность представлена переслаиванием известняков и мергелей. Мощность пластовых циклитов варьирует от нескольких дециметров до нескольких метров. Образование циклитов в разрезах горы Кременной и «Сеноманской стенки» связано с циклами разбавления, а в разрезе горы Белой — с циклами биопродуктивности. Элементарные пластовые циклиты отвечают циклам прецессии (Кременная, Белая) и эксцентриситета первого порядка («Сеноманская стенка», Белая). Скорость седиментации карбонатного ила в разрезе горы Кременной составляла 1,1–1,3 см/тыс. лет, в разрезе «Сеноманской стенки» — 1,8 см/тыс. лет, в разрезе горы Белой — более 0,02 см/тыс. лет.

На протяжении ряда лет авторы проводили детальные комплексные исследования сеноманских карбонатных разрезов в районе полигона МГУ в Бахчисарайском районе Юго-Западного Крыма [2, 3, 6, 7, 11]. Ряд новых разрезов исследован методами, примененными ранее к серии обнажений разновозрастных слоев данного района (горы Сельбухра, Мендер, овраг Аксу-Дере, с. Кудрино). Методика исследования циклических толщ [2, 6, 7, 11] включала методы: петрографические (макроскопическое изучение пород на обнажении и микроскопическое — в шлифах), химические (определение содержания CO_2 объемным методом на аппарате Кноппа—Фрезениуса, органического углерода ($\text{C}_{\text{орг}}$) на экспресс-анализаторе АН-7529), петромагнитный (измерение магнитной восприимчивости (k) капометром) и статистическую обработку аналитических данных на ЭВМ (Фурье-анализ).

Основная цель этих исследований — реконструкция условий осадконакопления циклически построенных осадков на современном научном уровне комплексированием аналитических методов и послонная циклостратиграфическая корреляция сеноманских образований. Главные задачи: 1) описание разрезов и выделение пластовых циклитов; 2) типизацию циклитов; 3) аналитические исследования; 4) реконструкцию палеогеографических условий седиментации на основе существующих механизмов и моделей; 5) поиск реперов для послонной корреляции; 6) установление связи пластовых циклитов с астрономо-климатическими циклами М. Миланковича [12]; 7) определение скорости осадконакопления.

Исследованные разрезы расположены на левом берегу Бодрака в окрестностях с. Трудолюбовка (гора Кременная и «Сеноманская стенка») и на правом берегу Качи в с. Верхоречье (гора Белая).

За стратиграфическую основу взята схема верхнего мела Юго-Западного Крыма А.С. Алексева [1]. Объектом изучения являлись пачки V (средний сеноман) и VI (верхний сеноман), представленные чередованием светлых и темных известняков, соответствующих зоне *Rotalipora cushmani*. Общая ха-

рактеристика сеноманских отложений Юго-Западного Крыма приведена в [1–7, 11].

Послойное описание разреза «Сеноманская стенка» (рис. 1), типизация и генезис цикличности изложены в [6, 7].

Разрез горы Кременной — пачка цикличного переслаивания слоев светлых известняков (визуально «мергелей») и пластов темных мергелей (11 м). Классификация карбонатных пород принята согласно В.Т. Фролову [8]. Выделены 82 слоя известняков и мергелей. Минимальная мощность слоев 1, а максимальная 100 см. Первые 13 слоев суммарной мощностью 2,35 м отвечают среднему сеноману (пачка V), остальная часть разреза соответствует верхнему сеноману.

На рис. 2 приведен изученный разрез стратиграфически снизу — вверх. Для ряда наиболее примечательных слоев выполнено их микроскопическое описание, данные для остальных приведены в табл. 1.

Слой 1. Известняк светлый. Микроскопический состав (в %): 20 обломки раковин фораминифер, 5 биокласты неясного генезиса, 5 зерна рудного минерала, 5 глауконит, 35 микритовый кальцит, 15 пелит, 15 кварц. Мощность 13 см.

Слой 2. Известняк темный. Состав (в %): 50 микритовый кальцит; 20 раковины фораминифер; 18 пелит; 10 биокласты неясного генезиса; 2 рудный минерал. Мощность 22 см.

Описание интервала разреза, охватывающего слои 3–7 в краткой форме приведено в табл. 1. Нечетные номера слоев по составу аналогичны слою 1, четные — слою 2.

Слой 8. Известняк темный. Состав (в %): 45 микритовый кальцит; 35 обломки раковин фораминифер; 10 зерна кварца и их обломки; 5 биокласты неясного генезиса; 3 рудный минерал; 2 обломки глауконита. Мощность 13 см.

Слой 9. Мергель светлый. Состав (в %): 35 пелит, 30 микритовый кальцит, 10 раковины фораминифер и их обломки; 10 кварц; 10 рудный минерал; 5 глауконит. Мощность 40 см.

Мощности слоев с 10 по 21 отражены в табл. 1. Слои с четными номерами аналогичны слою 8, с нечетными — слою 9.

Диаграмма содержания компонентов в шлифах (%)

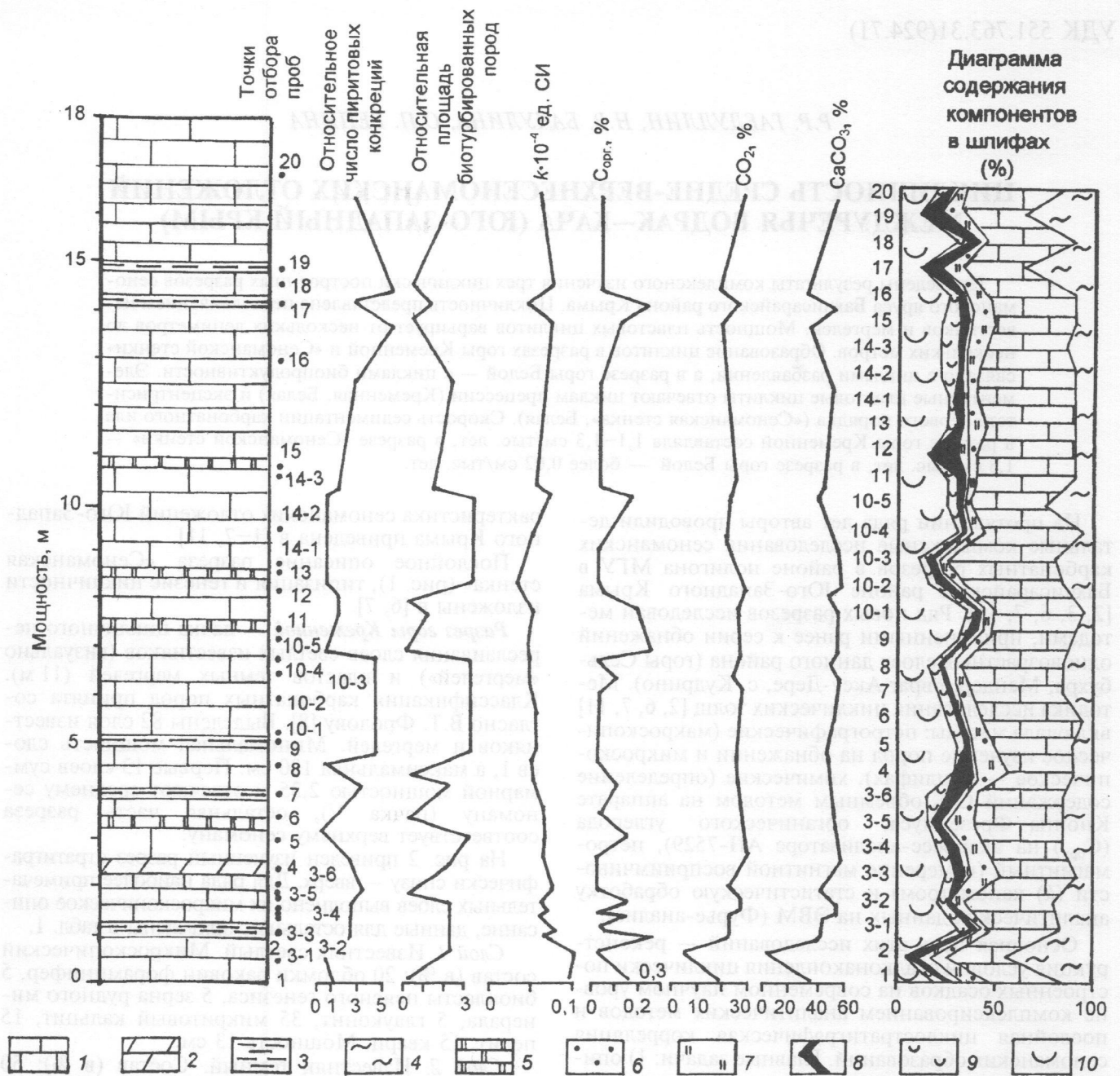


Рис. 1. Распределение относительного числа пиритовых конкреций, относительной площади биотурбированных пород, магнитной восприимчивости (k), концентраций органического углерода ($C_{орг}$), CO_2 и $CaCO_3$, литологических компонент шлифов в разрезе средне-верхнесеноманских отложений на левом берегу р. Бодрак у северо-западной окраины с. Трудолобовка (разрез «Сеноманская стенка»): 1 – известняки, 2 – мергели, 3 – глины, 4 – пелит (глина), 5 – микритовый кальцит, 6 – кварц, 7 – глауконит, 8 – рудный минерал, 9 – биокласты неясного генезиса, 10 – раковины фораминифер

Слой 22. Известняк темный. Состав (в %): 45 микритовый кальцит; 25 раковины фораминифер; 10 пелит; 10 зерна кварца; 5 биокласты неясного генезиса; 3 рудный минерал; 2 глауконит. Мощность 2 см.

Слой 23. Известняк светлый. Мощность 3,5 см.

Слой 24. Известняк темный. Состав (в %): 45 микритовый кальцит; 30 фрагменты раковин фораминифер; 10 пелит; 5 биокласты неясного генезиса; 5 рудный минерал; 4 кварц; 1 зерна глауконита угловатой формы. Мощность 5 см.

Мощности слоев 25–54 приведены в табл. 1. Нечетные слои по составу близки к составу слоя 23, четные – к составу слоя 22 или 24.

Слой 55. Мергель светлый. Состав (в %): 35 пелит, 30 микритовый кальцит, по 10 раковин фораминифер, кварца и рудного минерала, 5 глауконит. Мощность 10 см.

Мощности слоев 56–66 даны в табл. 1. Пласты с четным номером аналогичны по строению слоям 22 и 24, с нечетным – слою 55.

Слой 67. Светлый известняк. Состав (в %): 45 микритовый кальцит; 35 раковины фораминифер; 10 пелит; 5 рудный минерал; 3 зерна кварца; 2 глауконит. Мощность 18 см.

Слой 68. Темный известняк образован (в %) биокластами неясного генезиса (50), фораминифе-

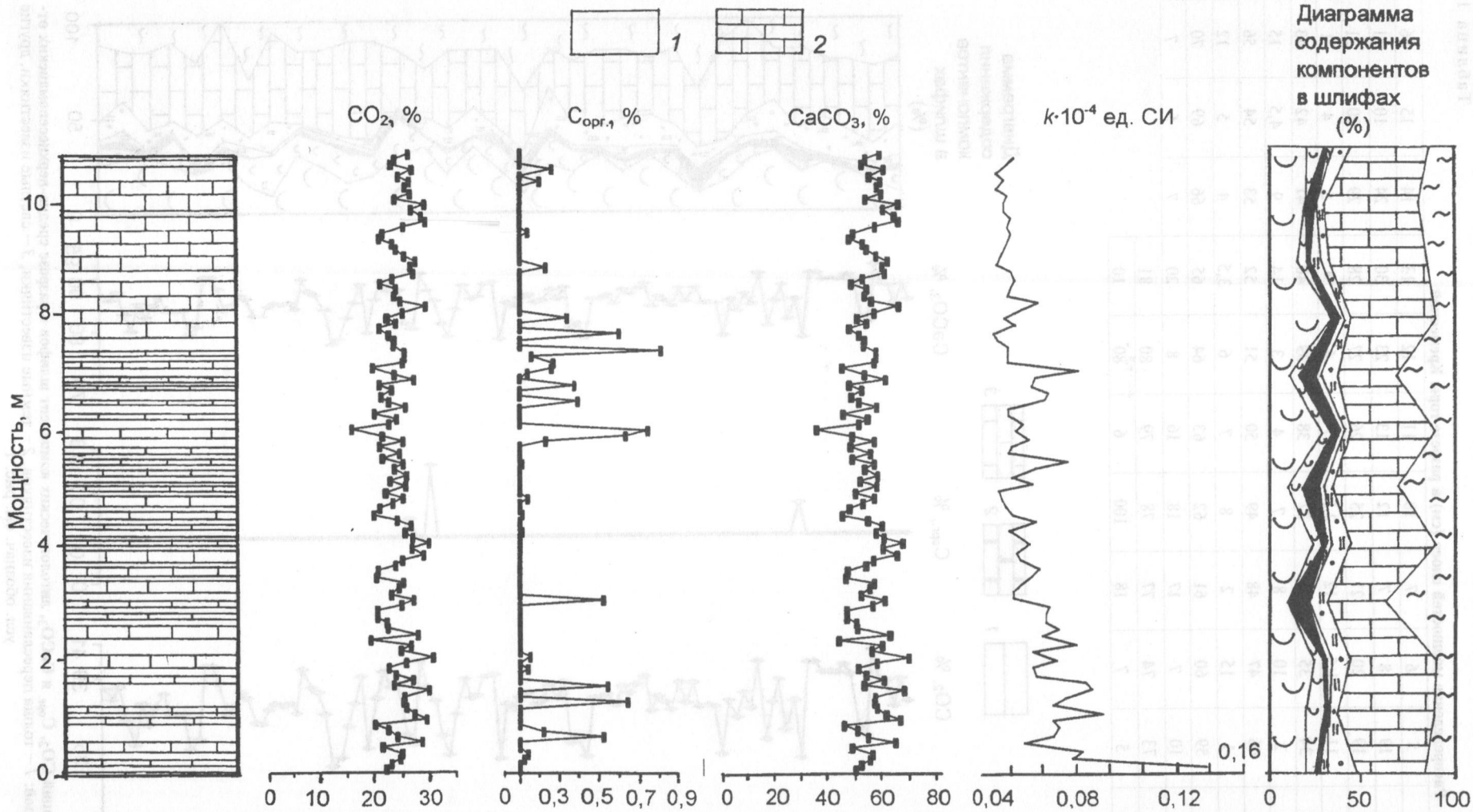


Рис. 2. Распределение концентраций CO_2 , $\text{C}_{\text{орг}}$ и CaCO_3 , магнитной восприимчивости (k), литологических компонент шлифов в разрезе средне-верхнесоманских отложений на южном склоне горы Кременной: 1 – светлые известняки, 2 – темные известняки, другие усл. обознач. см. рис. 1

Распределение мощностей слоев (см) в разрезе горы Кременной

Номер слоя	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16
Мощность	20	15	19	8	7	12	13	23	30	24	10	11
Номер слоя	17	18	19	20	21	25	26	27	28	29	30	31
Мощность	9	12	11	1,5	12	2,5	7	6	4	5	4	2
Номер слоя	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Мощность	3	11	2	10	8	7	4	3	14	9	4,5	15
Номер слоя	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	56
Мощность	8	8	1	15	2	8	7	6	3,5	4	5	12
Номер слоя	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	69	70
Мощность	8	11	10	7	17	18	16	8	20	7	5	7
Номер слоя	71	72	73	74	77	78	79	80	81			
Мощность	20	12	5	7	18	100	6	80	10			

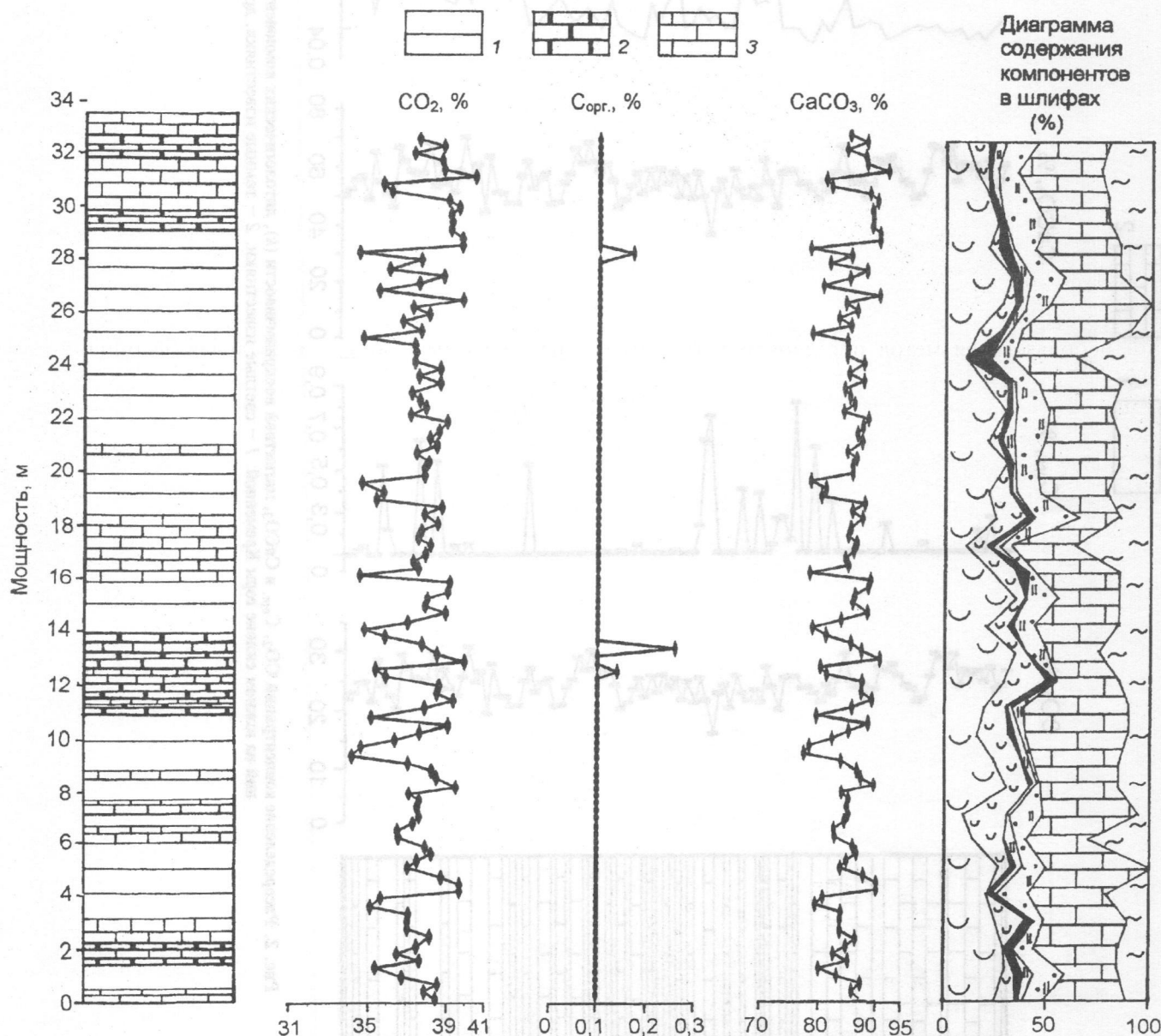


Рис. 3. Распределение концентраций CO_2 , $C_{орг}$ и $CaCO_3$, литологических компонент шлифов в разрезе средне-верхнесенонанских отложений на южном склоне горы Белой: 1 – толща переслаивания известняков, 2 – темные известняки, 3 – светлые известняки, другие усл. обознач. см. рис. 1

Литологический состав и мощности слоев в разрезе горы Белой

Номер слоя	Порода	Литологический состав, %							Мощность, см
		Микритовый кальцит	Биокласты неясного генезиса	Фораминиферы	Пелит	Кварц	Глауконит	Рудный минерал	
1	Темный известняк	Нет данных							10
2	Светлый известняк	Нет данных							30
3	Темный известняк	Нет данных							10
4	Светлый известняк	Нет данных							5
5	Толща переслаивания известняков	40	—	30	15	10	2	3	100
6	Светлый мергель	35	10	10	20	15	5	5	15
7	Темный известняк	40	5	15	25	10	3	2	35
8	Светлый известняк	41	—	20	20	15	2	2	35
9	Темный известняк	Нет данных							35
10	Светлый известняк	Нет данных							50
11	Толща переслаивания известняков:	Нет данных							300
	подошва	30	—	25	20	20	—	5	
	кровля	40	5	20	15	10	5	5	
12	Светлый известняк	25	5	30	15	15	6	4	45
13	Темный известняк	45	5	25	10	10	2	3	10
14	Толща переслаивания известняков	50	15	15	10	5	2	3	50
15	Светлый мергель	30	—	10	40	10	1	10	55
16	Толща переслаивания известняков	Нет данных							70
17	Светлый известняк	Нет данных							45
18	Толща переслаивания известняков:	Нет данных							210
	подошва	40	10	20	15	10	3	2	
	кровля	30	—	30	23	15	2	—	
19	Темный известняк	Нет данных							45
20	Светлый известняк	35	5	28	15	10	5	2	5
21	Темный известняк	40	—	30	19	10	1	—	45
22	Светлый известняк	30	10	25	20	10	5	—	60
23	Темный мергель	20	15	25	26	20	1	3	55
24	Светлый мергель	30	10	10	40	5	3	2	40
25	Темный мергель	Нет данных							20
26	Толща переслаивания известняков:	Нет данных							200
	подошва	40	10	25	15	4	1	5	
	кровля	30	5	35	15	15	—	—	
27	Светлый известняк	40	10	20	15	10	—	5	270
28	Толща переслаивания известняков:	Нет данных							215
	середина	30	20	30	15	—	—	5	
	кровля	50	10	20	13	5	2	1	
29	Светлый известняк	45	15	15	18	2	3	2	40
30	Толща переслаивания известняков:	Нет данных							800
	подошва	40	15	25	15	3	2	—	
	середина	35	10	30	20	2	1	2	
	кровля	45	20	10	9	15	1	—	
31	Светлый известняк	30	15	15	30	5	5	—	10
32	Темный известняк	45	5	25	10	10	2	3	35
33	Светлый известняк	40	15	25	10	5	2	3	10
34	Темный известняк	Нет данных							10
35	Светлый известняк	35	—	22	22	15	3	3	210
36	Темный известняк	Нет данных							10
37	Светлый известняк	Нет данных							30
38	Темный известняк	40	—	30	15	10	2	3	35
39	Светлый известняк	26	5	30	15	15	5	4	105

рами и пелитом (по 15), кварцем, рудным минералом и глауконитом (по 5). Мощность 8 см.

Мощности слоев 69–74 см. в табл. 1. Как правило, слои с нечетными номерами пластов аналогичны по литологическому составу слою 67, с четными — слою 68.

Слой 75. Светлый известняк состоит (в %) из микритового кальцита (50), обломков раковин фораминифер, пелита (по 20), кварца, рудного минерала (по 5). Мощность 25 см.

Слой 76. Темный известняк. Состав (в %): 40 микритовый кальцит; 20 раковины фораминифер; 15 пелит; 10 кварц; 10 биокласты неясного генезиса; 3 рудный минерал; 2 глауконит. Мощность 100 см.

Мощности слоев 77–81 приведены в табл. 1. Слои с нечетными номерами по строению близки к слою 75, с четными — к слою 76.

Разрез южного склона горы Белой (рис. 3) расположен в окрестностях с. Верхоречье. Выделено 39 слоев (30,85 м) отвечающих пачкам V (3,25 м), VI (26,3 м) и VII (4,55 м). Краткие сведения по литологическому составу пород приведены в табл. 2.

Генезис цикличности. Возможными механизмами формирования цикличности в мелководных и глубоководных условиях, согласно [9], можно считать циклы разбавления, растворения и биопродуктивности. Их взаимодействие внутри седиментационной системы реализуется в виде 13 моделей, описанных в [2, 11]. Происхождение цикличности в разрезе «Сеноманской стенки» (рис. 1) связано с моделями 1, 5, 9, 10 (по классификации моделей Р.Р. Габдуллина [2, 11]). Выбор этих моделей обоснован в [6, 7]. Полученный фактический материал ввиду небольшого числа образцов не позволил применить статистический Фурье-анализ. Ниже приведено описание моделей, использованных для интерпретации разрезов гор Белая и Кременная.

Модель 1 [2, 9, 11]. **Циклы разбавления.** Циклические изменения климата (влажный/сухой) приводят к циклическим флуктуациям в объеме силикатного кластического материала (соответственно больше/меньше), поступающего в бассейн седиментации. В условиях сухого климата формируется более карбонатный элемент ритма, а в условиях влажного — менее карбонатный элемент.

Модель 10 [2, 10, 11]. **Циклы биопродуктивности.** В геологической летописи наблюдается циклическое чередование политаксонных (при относительном потеплении) и олиготаксонных (в случае относительного похолодания) интервалов.

Природа цикличности в разрезе горы Кременной (рис. 2) связана с циклами разбавления (модель 1). Обычно максимальные концентрации органического углерода и максимумы на кривой магнитной восприимчивости соответствуют минимальному содержанию карбоната кальция. Увеличение концентраций глины (пелита) и рудного минерала отвечает уменьшению содержаний микритового кальцита и биокластов неясного генезиса. Доля кварца и глауконита по разрезу почти не меняется.

Элементарные пластовые циклиты мощностью около 30 см отвечают циклам прецессии [2, 12]. Мощность пластовых циклитов в разрезе горы Кременной составляет 5–106 см, обычно около

20 см (табл. 3). Средняя мощность циклита 24,8 см. Скорость аккумуляции осадков варьирует от 1,1 (24,8 см за 22,3 тыс. лет во время долгопериодического прецессионного цикла P_2) до 1,3 см/тыс. лет (24,8 см за 18,5 тыс. лет во время краткого прецессионного цикла P_1).

Таблица 3

Распределение мощностей циклитов (см) в разрезе горы Кременной

Номер циклита	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность	35	35	27	20	52	36	54	21	23	12,5
Номер циклита	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Мощность	14,5	14	8,5	10	9	5	13	18	11	17
Номер циклита	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Мощность	13,5	23	9	17	13	9,5	9	22	19	17
Номер циклита	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Мощность	35	24	27	26	12	32	12	32	106	86

Статистический Фурье-анализ характера распределения данных аналитических исследований отражен на рис. 4. Видно, что при скорости седиментации 1 см/тыс. лет установлены циклы эксцентриситета по кривой распределения карбоната кальция, а в распределении органического углерода не установлено закономерности.

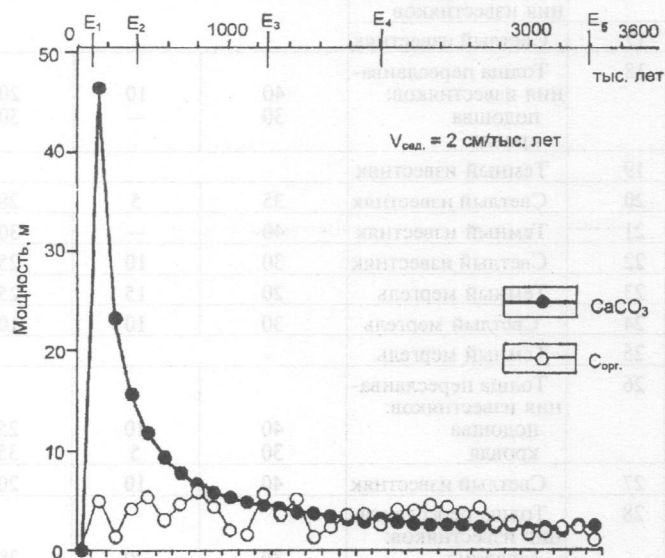


Рис. 4. Спектральное Фурье-распределение концентраций $CaCO_3$ и $C_{орг}$ в разрезе горы Кременной

Мощность циклитов в разрезе «Сеноманской стенки» варьирует от 91 до 353 см (табл. 4), обычно более 1 м (циклы эксцентриситета первого порядка продолжительностью 100 000 лет [2, 12]), средняя мощность составляет 180,3 см. Рассчитанное значение скорости седиментации 1,8 см/тыс. лет (180 см за 100 тыс лет).

Таблица 4

Распределение мощностей циклитов (см) в разрезе «Сеноманской стенки»

Номер циклита	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность	100	125	120	91	251	104	255	353	52	352

Практически во всем разрезе горы Белой (рис. 4) максимальные концентрации CaCO_3 соответствуют максимальному количеству раковин фораминифер, а содержание пелита уменьшается, иногда до 0. При этом все вышеперечисленные показатели не зависят от изменений содержаний зерен кварца и биокластов неясного генезиса в разрезе. Отдельные пики на кривой $S_{\text{орг}}$ соответствуют максимальной концентрации раковин фораминифер. Вероятно, данный разрез образован циклами биопродуктивности (модель 10).

Мощности циклитов варьируют от 0,2 до 2,2 м и отвечают значениям толщины циклитов прецессии и эксцентриситета первого и, возможно, более высокого порядка. Распределение мощностей циклитов по разрезу приведено в табл. 5. Верхне-сеноманские отложения мощностью 26,3 м сформировались за 1,22 млн. лет [14] со скоростью 0,02 см/тыс. лет. В этом случае расчет по мощностям циклитов не проводился, так как в разрезе присутствуют пять нерасчлененных толщ переслаивания известняков и три неполных циклита. Величина темпа осадконакопления в разрезе горы Белой рассчитана по мощностям всей толщи верхнего сеномана и его длительности [14]. Наличие неполных циклитов свидетельствует о перерывах в осадконакоплении, поэтому в действительности скорость аккумуляции осадков была более 0,02 см/тыс. лет.

Ранее авторами были реконструированы палеогеографические условия в бассейне в среднем—позднем сеномане [2, 6, 7, 11]. В среднем сеномане все разрезы формировались на одинаковой глубине, а в позднем произошла дифференциация условий. Первая, центральная, часть района, где находится разрез горы Кременной, характеризовалась наименьшими глубинами и скоростью седиментации карбонатного ила. Центр с севера, востока и юга окружен второй, более глубоководной зоной, которая характеризуется средними значениями скорости осадконакопления, например, в разрезе «Сеноманская стенка». Самая южная, третья, область (гора Белая) — наиболее глубоководная с минимальной рассчитанной величиной темпа аккумуляции пелагических карбонатных осадков. Батиметрическая дифференциация этих трех частей района привела к дифференциации факторов седиментации, следовательно, к различиям в генезисе циклично построенных толщ.

Данные аналитических исследований и микроскопического изучения содержания карбонатной и терригенной компонент в разрезах верхнего сенома-

на рассматриваемого района (табл. 6) подтверждают закономерное увеличение карбонатной, уменьшение терригенной компоненты с севера на юг. Максимальная концентрация терригенной компоненты характерна для разрезов «Сеноманской стенки» и горы Кременной, что свидетельствует об относительной близости источника сноса. Значительная доля терригенного материала, свойственная разрезу горы Мендер, где верхнесеноманские отложения представлены переслаиванием известняков и мергелей, в то время как во всех остальных разрезах доминируют известняки. Таким образом, наиболее мелководная часть бассейна в позднем сеномане располагалась в районе русла оврага Шара непосредственно над Бодракским разломом. Исчезновение элементарной пластовой цикличности и микросбросы в верхней части разреза горы Сельбухры [2, 3] трактуются как проявление тектонической активности, которая привела к формированию серии сбросов, образовавших «пестрые» палеогеографические условия в пределах рассматриваемого района [2, 4, 11, 13]. Этим обстоятельством объясняется привлечение разных механизмов и моделей для интерпретации природы пластовой цикличности в районе исследований. Предложенная модель реконструкции палеогеографических условий отличается от модели А.С. Алексеева и Д.П. Найдина [5], согласно которой разрез горы Кременной формировался в сравнительно более глубоководной обстановке.

Проведенная автором циклостратиграфическая корреляция сеноманских отложений Бахчисарайского района [2, 3] позволила выявить ряд реперов, например, «триаду» пластов известняка, которая также установлена в разрезах Западной Европы. Этот реперный уровень, представленный тремя мощными пластами известняков и разделяющих их трех тонких слоев глинистых известняков мощностью около 8 м, не вскрыт в разрезах горы Кременной и «Сеноманской стенки». В разрезе горы Белой ему соответствует толща переслаивания известняков мощностью 10 м в верхней части разреза в интервале 19–29 м (рис. 3).

Таблица 5

Распределение мощностей (см) циклитов в разрезе горы Белой

Номер циклита	1	2 ¹	3	4	5 ²	6	7	8 ¹	9	10	11 ¹
Мощность	40	25	50	70	50	55	105	115	50	105	115
Номер циклита	12	13	14	15 ¹	16 ^{1,2}	17 ^{1,2}	18	19	20	21	
Мощность	50	105	95	20	270	40	45	20	220	65	

Примечание: ¹ — номера циклитов, которые перекрываются нерасчлененной толщей переслаивания известняков, ² — неполный циклит (отсутствует один из двух элементов).

Таблица 6

Распределение карбонатной и терригенной компонент в разрезах верхнего сеномана Бахчисарайского района Юго-Западного Крыма

Компонента	Разрезы					
	«Сеноманская стенка»	Гора Кременная	Гора Мендер	Гора Сельбухра	Овраг Аксу-Дере	Гора Белая
Карбонатная	40–60 25–80	37–70 40–80	70–81 55–70	60–90 75–90	42–70 Нет данных	80–92 50–80
Терригенная	40–60 20–75	30–63 20–40	19–30 30–45	10–40 10–25	30–58 Нет данных	18–20 20–50

Примечание. Над чертой — данные аналитических, под чертой — микроскопических (в шлифах) методов.

