



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 1. С. 39–52
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 1, pp. 39–52
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-1-39-52>, EDN: SIRVNL

Научная статья
УДК 56.074.6(116:470)

Биогенная составляющая фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка. Статья 2. Биостратиномический анализ



Е. М. Первушов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, pervushovem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Аннотация. Дана биостратиномическая характеристика сеноманского и туронского комплексов фоссилий, установленных в составе фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка (Волгоградская область, Жирновский район), составлявших основу бентосных поселений и нектонных сообществ. Представлены возможные интерпретации обстановок, способствовавших формированию скопления фосфоритовых включений.

Ключевые слова: верхний мел, сеноман, турон, фосфориты, биостратиномический анализ, бентос, нектон, ихнофоссилии

Для цитирования: Первушов Е. М. Биогенная составляющая фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка. Статья 2. Биостратиномический анализ // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 1. С. 39–52. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-1-39-52>, EDN: SIRVNL

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

The biogenic component of the Middle Turonian phosphorite horizon from the Senomanskaya Stenka section. Paper 2. Biostratigraphical analysis

E. M. Pervushov

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Evgeny M. Pervushov, pervushovem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Abstract. The paper presents biostratigraphical characteristics of the Cenomanian and the Turonian fossil complexes found in the Middle Turonian phosphorite horizon from the Senomanskaya Stenka section (Volgograd region, Zhirnovsk district) constituting the basis of the benthic colonies and nekton communities. Probable interpretations for the settings contributory to generation of the phosphorite inclusion clusters are provided.

Keywords: Upper Cretaceous, Cenomanian, Turonian, phosphorites, biostratigraphical analysis, benthos, nekton, ichnofossils

For citation: Pervushov E. M. The biogenic component of the Middle Turonian phosphorite horizon from the Senomanskaya Stenka section. Paper 2. Biostratigraphical analysis. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 1, pp. 39–52 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-1-39-52>, EDN: SIRVNL

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Окончание (начало см.: 2022. Т. 22, вып. 4. С. 268–282.)

Введение

В составе биогенной составляющей объемной пробы, выделенной из фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка [1], определены представители нескольких экологических группировок. Дана биостратиномическая характеристика ихнофоссилий и фоссилий сеноманского и туронского подкомплексов,

составлявших основу бентосных и нектонных сообществ.

1. Фоссилии. Бентос. Сеноманский подкомплекс (таблица). Среди фоссилий бентосных организмов выделены следующие типы сохранности. Группа А – раковина, при этом ее первичный карбонатный состав всегда замещен фосфатом. Группа Б – фосфатное ядро со следами фрагментами внутренних слоев ранее облекавшей его раковины. Группа В – фосфатное ядро без следов раковинного слоя. Группа Г – отпе-



Параметрическая характеристика
(фосфоритовый горизонт среднего

Экологические группы	Таксономические группы	ГРУППА А РАКОВИНА (СТВОРКА)				ГРУППА Б ЯДРО С ЭЛЕМЕНТАМИ	
		сомкнутые		отдельные створки		сомкнутые формы (-)	
БЕНТОСНЫЕ ФОРМЫ, ЭПИФАУНА	ЦЕМЕНТНОПРИКРЕПЛЕННЫЕ	Двустворчатые моллюски: – пять видов; – 12 экз.				СТЕПЕНЬ	
						целые (-)	фрагменты (-)
		–	–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–	–
	ПОЛЗАЮЩИЕ	Двустворчатые моллюски: – восемь видов; – 18 экз.				29%	
						100%	
		Гастроподы: – четыре вида; 13 экз. Всего: 31 экз.				СТЕПЕНЬ	
						85%	15%
		–	–	–	–	70% хорошая, 30% слабая	100% слабая
		–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	45%	–	
	БИССУСНОПРИКРЕПЛЕННЫЕ	Двустворчатые моллюски: – пять видов; – 13 экз.				8%	
						14%	
		Брахиоподы: – один вид; – 1 экз. Всего: 14 экз.				СТЕПЕНЬ	
–						–	
–		–	100%	–	–	–	
–		–	–	–	–	–	
–	–	100%	–	–	–		
БЕНТОСНЫЕ ФОРМЫ ИНФАУНА	Лопатоногие моллюски: – два вида; – 11 экз. (48%)				13 экз. (56%)		
					1 экз.		
	сомкнутые створки (77%)		отдельные створки (23%)		сомкнутые формы (100%)		
	СТЕПЕНЬ						
	целые (10%)	фрагменты (90%)	целые (33%)	фрагменты (67%)	целые (нет)	фрагменты (100%)	
	100%	100%	100%	100% слабая	–	100% слабая	
	нет	нет	нет	нет	нет	нет	
	нет	нет	+	+	нет	нет	
	СВОБОДНОЛЕЖАЩИЕ	Двустворчатые моллюски: – пять видов; Всего: 24 экз.				5 экз. (21%)	
						100%	
		СТЕПЕНЬ					
		–	–	–	–	–	100%
–		–	–	–	–	в разной степени	
–		–	–	–	–	–	

Примечание. + – присутствие раковинного декрита.



фоссилий сеноманского подкомплекса
турона, разрез Сеноманская стенка)

ТИП СОХРАННОСТИ						ГРУППА Г отпечаток (оттиск)	
ЯДРО (ВНУТРЕННИЙ СЛЕПОК)							
РАКОВИННОГО СЛОЯ		ГРУППА В ЯДРО БЕЗ РАКОВИННОГО СЛОЯ				Нет	8% фрагментов
отдельные элементы (100%)		сомкнутые (25%)		отдельные элементы (75%)			
СОХРАННОСТИ						Нет	8% фрагментов
целые (-)	фрагменты (100%)	целые (-)	фрагменты (100%)	целые (15%)	фрагменты (85%)		
-	100% хорошая	-	100% слабая	100% слабая	100% слабая	Окатанность	
-	-	-	-	-	-	Биоэрозия	
-	-	-	-	-	-	В составе агрегатов	
71%						Нет	
-		88%		12%			
СОХРАННОСТИ						Нет	
-	-	32%	68%	30%	70%		
-	-	100%	100%	100%	100%	Окатанность	
-	-	57%	13%	-	-	Биоэрозия	
-	-	30%	13%	-	100%	В составе агрегатов	
57%						Отпечаток 21%, все в агрегатах	
100%		64%		36%			
СОХРАННОСТИ						Отпечаток 21%, все в агрегатах	
-	100%	20%	80%	30%	70%		
-	100%	100% слабая	100% слабая	-	70%	Окатанность	
-	-	-	-	30%	-	Биоэрозия	
-	100%	100%	75%	-	-	В составе агрегатов	
(4%)						Нет	
9 экз. (40%)							
отдельные элементы (-)		сомкнутые формы (100%)		отдельные элементы (-)		Нет	
СОХРАННОСТИ							
целые (нет)	фрагменты (нет)	целые (нет)	фрагменты (100%)	целые (нет)	фрагменты (нет)	Окатанность	
-	-	-	в разной степени	-	-		
нет	нет	нет	нет	нет	нет	Биоэрозия	
нет	нет	нет	3	нет	нет	В составе агрегатов	
19 экз. (79%)						Нет	
нет		31%		69%			
СОХРАННОСТИ						Нет	
-	-	-	-	15%	85%		
-	-	100% хорошая	в разной степени	100% слабая	в разной степени	Окатанность	
-	-	1	1	-	3	Биоэрозия	
-	-	2	1	2	2	В составе агрегатов	



чатки, слепки внешней поверхности раковины, ее скульптуры на фосфатных включениях и агрегатах. Общее количество фоссилий 96 экз. и 112 экземпляров неопределимых мелких фрагментов.

Плохая, частичная сохранность слоев раковины на поверхности ядер эпи- и инфаунных форм, за исключением лингул, свидетельствует о значительном механическом воздействии на фоссилии после размыва включавшего их осадка. Большой процент сохранности раковин среди представителей инфауны (см. таблицу), по сравнению с эпифаунными формами, обусловлен наличием фосфатнораковинных брахиопод *Lingula* sp. Подобная сохранность лингул может быть следствием плотного расположения тонких фосфатных створок при их автохтонном, иммиграционном захоронении, их посмертной цементацией фосфатным веществом вместе с вмещающим осадком, и обусловлена субплоской аэродинамической формой раковины, которая «парила» над поверхностью дна при ее вымывании из осадка.

Среди отпечатков раковин установлены исключительно представители эпифауны, только цементно- и биссусноприкрепленные формы. Эти беспозвоночные наиболее длительное время находились над поверхностью осадка, в моменты консолидации фосфатно-иловых соединений на его поверхности и близ водорослевых покровов. Отпечатки внешней поверхности раковин организмов могут свидетельствовать о том, что еще до попадания в осадок и погребения раковины моллюсков обволакивались фосфатным веществом или попадали на поверхность осадка, пропитанную фосфатом. Подобных фосфатных образований, пленок и наслоений нет вокруг раковин инфауны, хотя их фоссилии фосфатизированы. Фосфатные соединения пропитывали не только поверхность осадка, они селективно проникали в него по полостям нор и ходов беспозвоночных.

Импрегнирование фосфатным веществом еще не погребенных в осадок раковины эпифауны подтверждается тем, что эти формы чаще, чем представители инфауны, находятся в составе агрегатов фосфоритовых включений. При этом под покровом фосфатной массы сохраняется раковина.

Степень расчлененности элементов скелета. В рассматриваемом ориктокомплексе анализ степени разобщенности или сомкнутости створок актуален при рассмотрении двустворчатых моллюсков и брахиопод. Количество фоссилий, раковин и ядер, с сомкнутыми створками максимально среди представителей инфауны (87% из 96 экз.). Среди представителей эпифауны (13%) наибольшее количество фоссилий с сомкнутыми створками установлено среди биссусноприкрепленных (67%) и свободнолежащих (46%) форм. Среди цементноприкрепленных (16%) и ползаю-

щих (20%) форм фоссилии с сомкнутыми створками редки.

Преобладание среди представителей инфауны форм с сочлененными створками позволяет предположить, что эти беспозвоночные подвергались фоссилизации, еще находясь в осадке, в прижизненном положении или в автохтонном захоронении. В последующем эти остатки или фоссилии вымывались из осадка в виде твердых включений. Некоторый процент разрозненных створок инфауны обусловлен тем, что из осадка вымывались не только фосфатные фоссилии, но и погибшие или живые организмы, створки которых разделялись при перемещении по поверхности осадка.

Заключение о том, что основная масса инфауны, судя по сохранности фоссилий, вымывалась из осадка, предполагает отсутствие заморозов в морском бассейне в этот момент времени. При заморах представители инфауны выползают на поверхность осадка и часто погибают. В этом случае раковины беспозвоночных подвержены естественному раскрытию и расчленению. Следствием подобных явлений было бы большое количество отдельных створок инфаунных форм в ориктоценозе.

Среди представителей эпифауны примечателен очень низкий процент форм с нерасчлененными створками среди цементноприкрепленных моллюсков, при сравнении с представителями других экологических групп. Вероятно, это явление согласуется с обитанием этих беспозвоночных в условиях повышенной придонной гидродинамики и относительно высоким их положением над поверхностью субстрата, по сравнению с ползающими моллюсками, частично погруженными в осадок. Подобное расхождение организмов на поверхности осадка приводило к селективному распадению раковин на отдельные створки. При этом цементноприкрепленные формы представлены преимущественно нижними створками, которые приспособлены у многих устриц к устойчивому положению по отношению к направлению течения. При фоссилизации полости этих створок часто выполняли аккумуляющую роль по отношению к осаждающимся фосфатным соединениям. Иногда фосфатное вещество переполняло объем внутренней полости створки и образовывало неровную выпуклую поверхность. Легкие, субплоские и оттого «гидродинамичные» верхние створки при разложении мягких тканей организма разносились течением по латерали и порой концентрировались за пределами исходного биотопа.

Среди представителей свободнолежащих и биссусноприкрепленных двустворчатых моллюсков, обитавших в более спокойных гидродинамических условиях, створки чаще оставались неразобщенными. Поскольку степень сохранности фоссилий до некоторой степени соответствует



условиям обитания предполагаемых экологических групп, можно предположить, что фосфатизация и первичное захоронение рассмотренных органоизмов происходили в пределах их биотопов.

Геохимические преобразования и механическое разрушение фоссилий. Рассматривается следующий ряд деформаций фоссилий и их элементов: 1 – замещенная фосфатом раковина или створка полной сохранности с сохранившейся скульптурой; 2 – фосфатное ядро со следами раковинного слоя; 3 – фосфатное ядро: целое – фрагментированное – окатанное.

Прослеживание следов раковины на ядрах позволяет наметить длительность и последовательность разрушения фоссилии. Раковина утрачивалась при постепенном, чередующемся ее скалывании и истирании об окружающие фосфоритовые включения, желваки и ядра, слагавшие основу фосфоритового пляжа. Для 80 % фосфатных ядер характерна фрагментация, при этом края сколов не несут следов окатывания, что воспринимается как последствия ударов фоссилий о твердые объекты в моменты высокой турбулентной динамики водной среды. Разная степень проявлений фрагментации фоссилий, принадлежащих разным таксономическим группам, определяется габитусом раковины, до некоторой степени определявшим ее механическую устойчивость. Значительной окатанности естественных острых краев ядер также не выявлено. Иными словами, до окончательного погребения в осадок эти фоссилии не достигали степени окатанных галек. Сочетание следов высокой гидродинамики, в условиях которой формировалось скопление фосфоритовых включений разного генезиса, с отсутствием явной окатанности фосфатных ядер, свидетельствует об относительно кратковременном процессе образования фосфоритового горизонта или о многократности аналогичных процессов. Можно предположить, что при реализации этих процессов отсутствовала значительная пространственная транспортировка биогенных компонентов рассматриваемого фосфоритового горизонта.

Биоэрозия. Проявления биоэрозии, сверления и норы неизвестны среди представителей инфавны, следы ползания в виде светлых прожилков отмечены среди эпифаунных форм (96 экз.): среди цементноприкрепленных (33%) и ползающих (35%) моллюсков. Среди свободнолежащих форм лишь 25 % с проявлениями биоэрозии, а наименее пострадали от подобных повреждений фоссилии биссусноприкрепленных организмов.

Отсутствие ярких проявлений биоэрозии обусловлено недолгой экспозицией фоссилий на поверхности осадка, которые постоянно перемещались на границе субстрата и воды до первичного захоронения при достаточно быстром осадконакоплении. В момент сепарации псаммитового осадка и формирования фосфоритового пляжа постоянное подвижное состояние терригенных

компонентов разных размеров и очертаний не способствовало поселениям литофаг. На фоссилиях инфаунных форм следы биоэрозии отсутствуют из-за их экспозиции на поверхности субстрата лишь после размыва вмещающих осадков, в условиях интенсивной гидродинамики. Для лингул подобное явление также может быть объяснено габитусом и небольшими размерами раковин. Вероятно, последняя причина определила редкое проявление биоэрозии и на фоссилиях биссусноприкрепленных форм.

При регистрации проявлений биоэрозии в качестве контрастного сравнительного материала рассматривается «губковый» горизонт нижнего сантона. Это образование также распространено в северной части Доно-Медведицкого вала (разрезы Меловатка, Алешники, Мирошники, Каменный Брод) [2, 3]. В составе этого горизонта скелеты губок испещрены до неузнаваемости многочисленными ходами и норами литофаг.

Бентос. Туронский подкомплекс. Туронские формы представлены фрагментом створки *Inoceramus cf. lamarki* (Park.) угловатых очертаний, арагонитовый состав которой не подвергся замещению. Элементы раковин нектонных форм, белемнитов и эпибентосных двустворчатых моллюсков, иноцерамов, рассматриваются как компоненты, не соответствующие условиям формирования фосфоритового пляжа в зоне верхней сублиторали и супралиторали. Створки крупных раковин иноцерамусов обычно распадаются на устойчивые сегменты (макушка, замок и сегменты створок), вне зависимости от их толщины и распространяются по поверхности осадка. Это отчасти обусловлено отмиранием органической матрицы и великолепной спайностью кристаллов арагонита, образующих створки. Крупные размеры фрагмента створки иноцерамуса (28×27 мм) (рис. 1, А) дают возможность предполагать, что перенос этой фоссилии от места гибели организма до окончательного попадания в осадок был незначительным. Отсутствие окатанности этого фрагмента, следов биоэрозии и обрастания на нем свидетельствуют о быстром его захоронении.

Нектон. Сеноманский подкомплекс. Механическое разрушение. Рыбы представлены прочными, устойчивыми к истиранию элементами скелета: эласмобранхия – зубами, химеры – зубными пластинами, телеостеи известны по 14 зубам (11%), фрагментам челюстей (2%) и 95 позвонкам (87%). Отсутствие известных в других местонахождениях из синхронных образований плакоидных чешуй связывается с возможным их выносом из формирующегося захоронения как наиболее легких компонентов или утерей этих элементов при первых промывках материалов объемной пробы.

Сохранность остеологического материала может указывать на существенную переработку фоссилий рыб в условиях активной гидродинамики. Воздействие динамичного, турбулентного

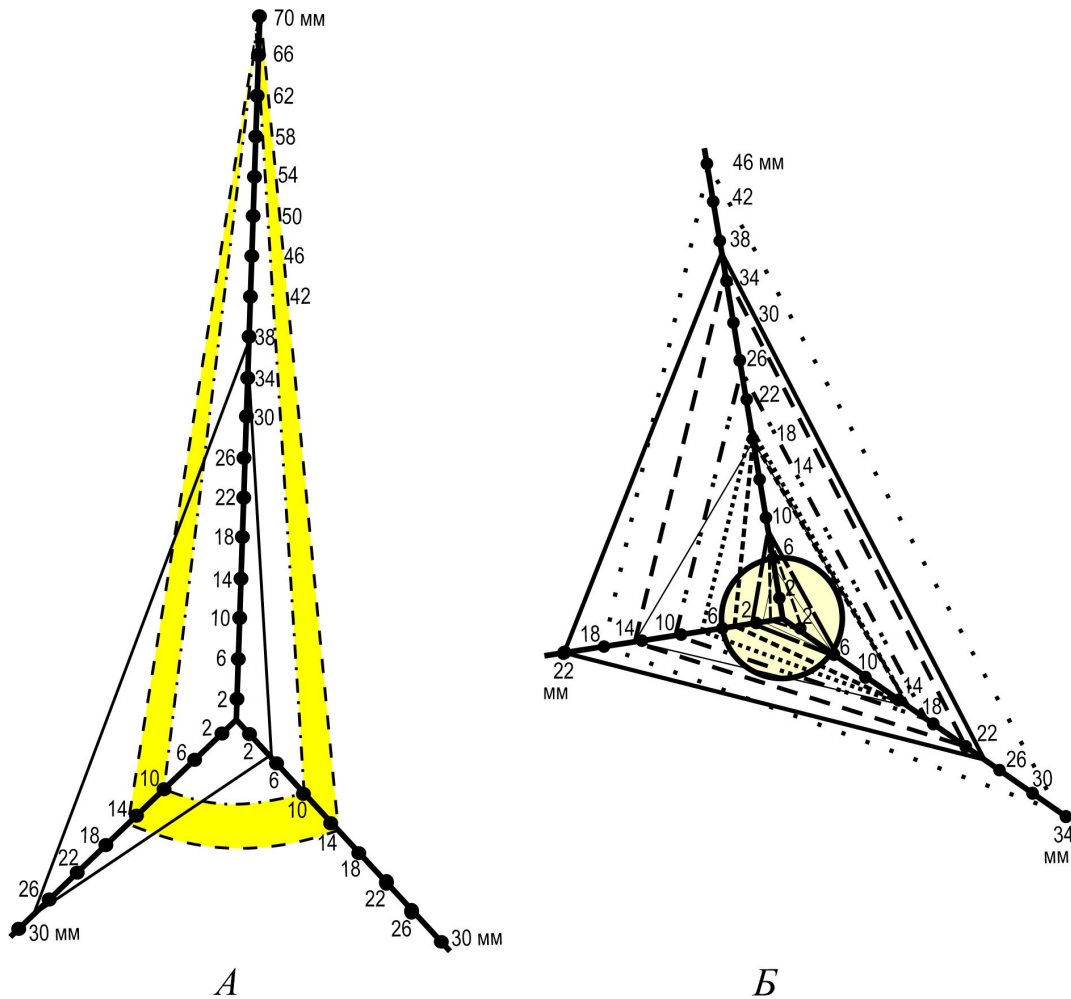


Рис. 1. Размерность фоссилий, которые выделены из фосфоритового горизонта среднего турона (разрез Сеноманская стенка), рассчитанная по трем осям: А – подкомплекс среднего турона, Б – подкомплекс среднего – верхнего сеномана. Условные обозначения: сплошные и штрих-пунктирные линии визуализируют размерность фоссилий разной таксономической принадлежности; окружность в центре графика Б отражает размер и очертания среднестатистического биогенного фосфатного включения

водного потока подтверждается фрагментарностью многих тел позвонков, зубов костистых рыб и эласмобранхий. Механические повреждения зубов эласмобранхий выражены в виде трещин и разломов по их продольной оси, в отсутствии апикальных краев коронки. Относительно полно сохранились некоторые крупные и прочные зубы пелагических форм (5%) и представителей рода *Paleoanapsoxa* (10%). Зубные пластины химер известны по фрагментам.

Многие фоссилии в существенной степени окатаны, за исключением единичных зубов пелагических акул полной сохранности. При этом большей завальцованностью кончиков и режущих краев коронки отличаются именно крупные зубы. Среди зубных пластин химер в наибольшей степени окатаны мелкие фрагменты, чем крупные.

Особенности фоссилизации. Тела позвонков и зубы рыб в значительной степени фосфатизированы. Позвонки костистых рыб и зубы эласмо-

бранхий, представителей прибрежных, донных и пелагических группировок, обнаружены в составе фосфоритовых агрегатов, что может рассматриваться как пребывание этих животных в мелководных участках морского бассейна, особенно в период преобладания сгонных ветров.

Выделено два типа сохранности зубов эласмобранхий: в строении одних сохранилось вещество и габитус корней, а у других корни полностью отсутствуют. В последнем случае от зуба остается полупустая коронка с очень неровным острым краем проксимального конца. Наибольшее количество «бескорневых» форм отмечено среди мелкоразмерных зубов. Из 166 экземпляров мелких зубов прибрежных эласмобранхий 5/6 фоссилий лишены корня. У трети более крупных зубов, придонных *Acrodus* (1 экз.) и пелагических форм (28 экз.), корень отсутствует. В данном случае немногочисленность мелких зубов объясняется более частым их уни-



чтожением при переотложении и сложностью выделения мелких форм из материала пробы в первые годы проводимых полевых работ. Установленные особенности сохранности не связаны с экологическими специализациями рыб. Два типа сохранности зубов обусловлены их попаданием в состав окончательного ориктоценоза из двух разных обстановок первичного захоронения. Формы с корнями исходно попали в осадок в условиях спокойной седиментации, постепенно их засыпанию псаммитовым материалом. Зубы с растворенным веществом зубов, очевидно, происходят из обстановок стагнации, при усилении растворения фосфатов или при продолжительной экспозиции зубов на поверхности субстрата, что способствовало их конденсации [4]. Опыт изучения верхнемеловых терригенных пород показывает, что условия формирования уровней конденсации зубов эласмобранхий проявлялись эпизодически в тех или иных участках морского бассейна, а известные равномерно рассеянные их захоронения единичны.

Два типа сохранности установлены при изучении зубных пластин химер. Три небольших по размерам экземпляра сильно фосфатизированы и в большей степени окатаны, чем крупные (2 экз.) и менее фосфатизированные пластины. Подобные различия в сохранности фоссилий свидетельствуют о том, что они претерпели разную историю до окончательного захоронения. Эти фоссилии могли быть вымыты из разных, судя по степени их сохранности, первичных захоронений. Слабая фосфатизация крупных и менее окатанных фрагментов позволяет предположить, что они переотложены из относительно поздних автохтонных захоронений позднесеноманского – раннетуронского времени. Фоссилии рыб изначально были условно отнесены к сеноманскому подкомплексу на основании их значительной фосфатизации. Впоследствии установлено, что *Eostriatolamia subulata* (Ag.) характеризует средний сеноман, а представители рода *Squalicoxax* – верхний сеноман [5]. В рассматриваемом ориктокомплексе не встречены зубы *Ptychodus*, характеризующих верхнесеноманские – туронские отложения, ранее установленные в верхнем сеномане разреза Меловатка-9. Это может быть обусловлено меньшей их встречаемостью в отложениях сеномана, по сравнению с другими представителями эласмобранхий, и, благодаря большему удельному весу, строению и габитусу, они были вынесены за пределы биотопа при формировании скопления фосфоритов. При последующих работах на разрезе Сеноманская стенка, в перекрывающих мергелях среднего турона был найден мелкий зуб *Ptychodus mammilaris* (Ag.).

Механическая сортировка. Градационная дифференциация фоссилий отражает завершающие условия образования прослоя фосфоритовых включений (рис. 1, Б, рис. 2). По максимальной

оси измерены 487 фоссилий. Из них 288 экз. (40,7 %) отнесены к псефитовой (менее 10 мм) и 199 экз. (59,3 %) – к псаммитовой фракциям. 171 экземпляр (86%) – мелкогалечной (10–25 мм), 25 экз. (13%) – среднегалечной (25–50 мм) размерности и три экземпляра (1%) – это крупная галька (50–100 мм). Таким образом, в составе фосфоритового горизонта преобладают фоссилии песчаной фракции, среди материала галечной размерности доминируют формы мелкогалечной размерности. При рассмотрении графиков распределения размерности фоссилий сеноманского подкомплекса (см. рис. 2) можно заключить, что исследуемый фосфоритовый горизонт – достаточно зрелое терригенное образование, с высокой степенью дифференциации включений. С учетом больших размеров исходно захороненных двусторчатых моллюсков, очевидно, что фоссилии разного генезиса и разным путем попавшие в интегрированный ориктокомплекс в условиях верхней сублиторали и супралиторали постепенно приобретали сходные очертания и размеры. Подтверждением этого могут служить размеры и очертания среднестатистического биогенного фосфатного включения в форме шара диаметром 6 мм (см. рис. 1, Б).

Нектонные формы. Туронский подкомплекс. Представлен рострами белемнитов *Actinocamax intermedius* (Park.) – один полный ростр и семь фрагментов размером 30–75×10–28 мм, арагонитовый состав ростров не замещен (см. рис. 1, А). Слабая степень окатанности фрагментов ростров и отсутствие на них проявлений – биоэрозии свидетельствуют о кратковременном пребывании фоссилий в динамически активной водной среде, что привело к расколам ростров и их быстрому попаданию в осадок. Положение одного фрагмента ростра в агрегате фосфоритов свидетельствует о вязкости еще нелитифицированного фосфатного вещества.

Можно предположить, что ростры относительно крупноразмерных белемнитов, существовавших во время формирования фосфоритового пляжа, попали в консолидированный осадок последними и являются элементом аллохтонного синхронного захоронения. Это подтверждается строением нижних интервалов банновской свиты вблизи расположенных разрезов Красный Яр-1 и Меловатка -3, -6, где синхронный комплекс фоссилий составляют многочисленные устрицы и кремниевые губки.

От событий раннего турона и ранней части среднего турона [2], когда происходили размыв и вынос с присводовой части Жирновского поднятия терригенных пород среднего и верхнего сеномана и разнос туронских карбонатно-пелитовых осадков, в разрезе Сеноманская стенка сохранилась лишь «тяжелая» фракция нектонных форм, белемнитов. Завершающие фазы формирования фосфоритового горизонта определялись перемещением и уплотнением составляющего его

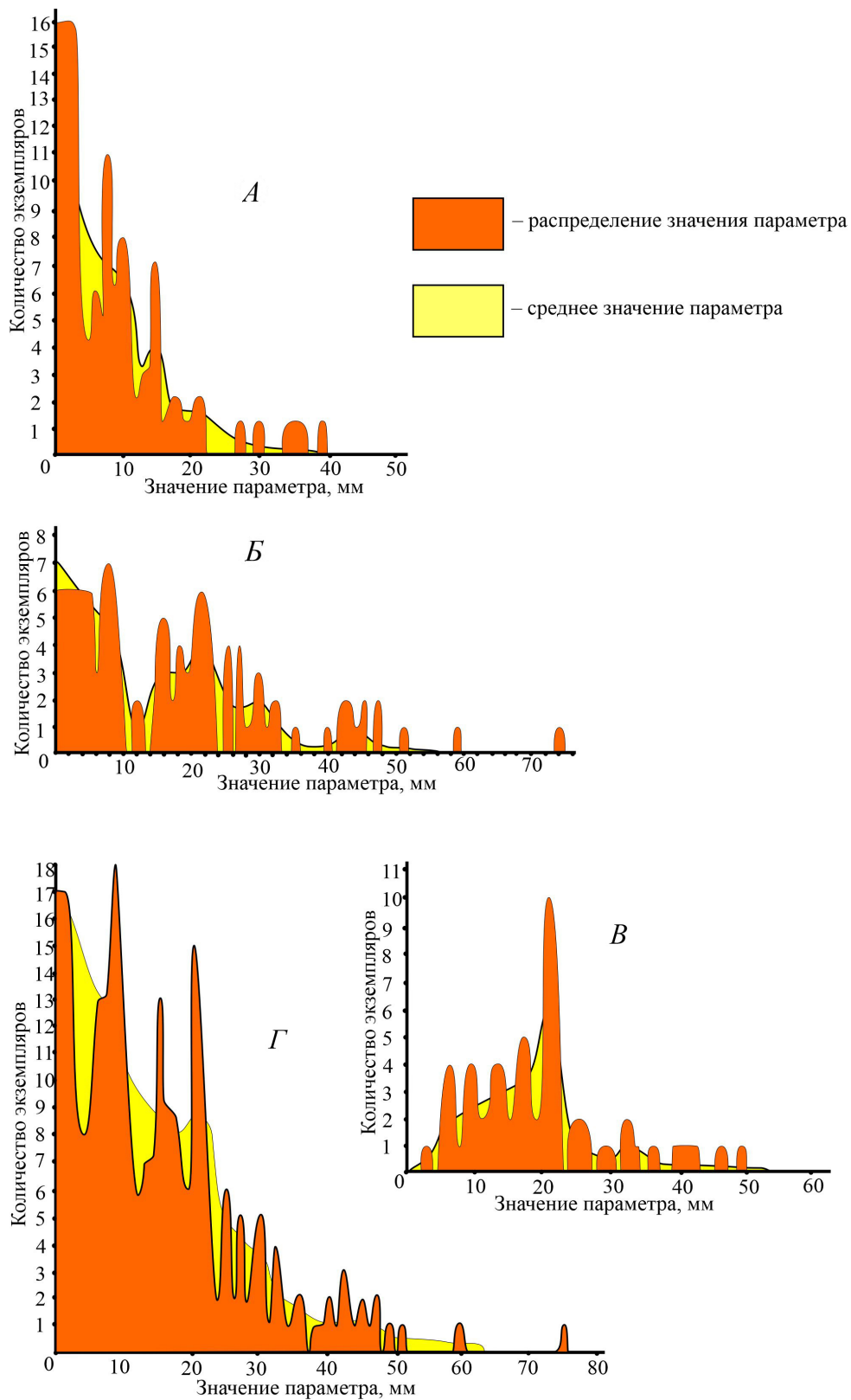


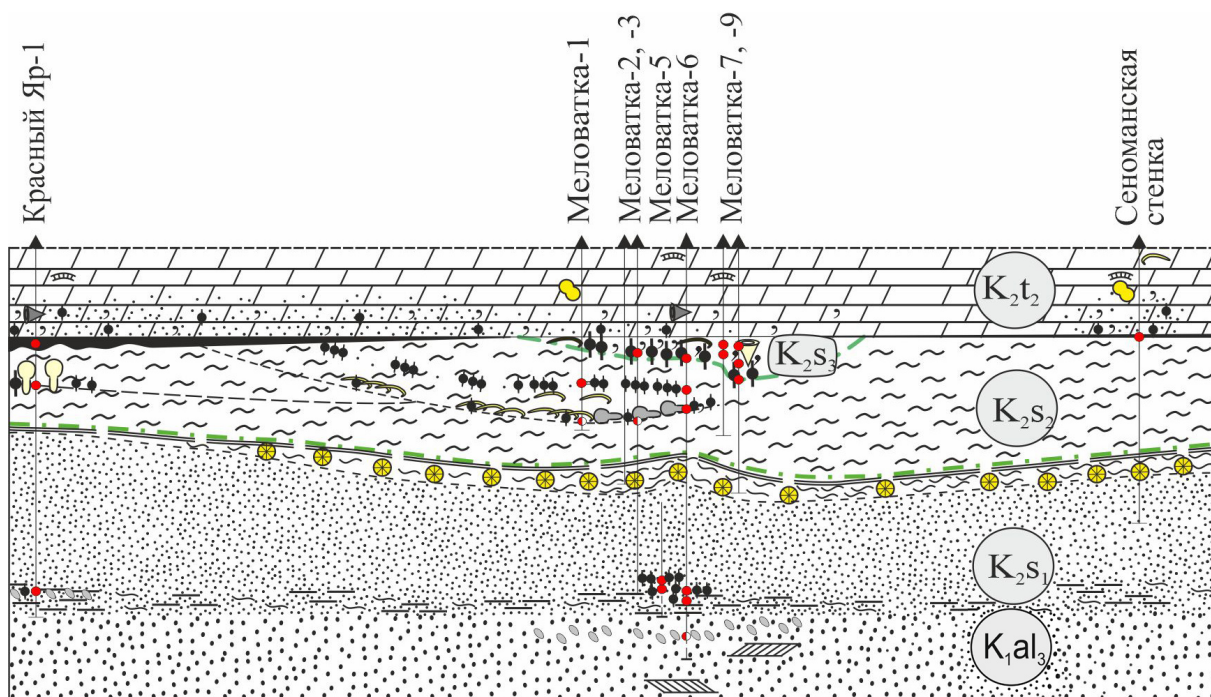
Рис. 2. Распределение значений параметров фосфоритовых беспозвоночных сеноманского подкомплекса (фосфоритовый горизонт среднего турона, разрез Сенюманская стенка): А – по минимальной оси, В – по максимальной оси, В – по средней оси, Г – интегрированное значение по трем осям



терригенного материала. Это наблюдение основывается на анализе структуры этого образования и отсутствия форм, обитавших в условиях подвижных осадков. По-видимому, фрагмент створки иноцерама был привнесен из сопряженного биотопа.

Материалы изучения фосфоритового горизонта в обнажении Сеноманская стенка дополнены результатами исследований сеноманских и туронских отложений в серии рядом расположенных разрезов в районе села Меловатка и рабочего поселка Красный Яр. При рассмотрении схематического палеогеологического разреза

(рис. 3, 4) можно заключить, что формирование фосфоритового горизонта в основании пород турона обусловлено глубиной эрозионного среза подстилающих, содержащих фосфоритовые включения, отложений среднего и верхнего сеномана. Зоны значительного размыва сеноманских отложений и формирования мощных фосфоритовых горизонтов, приурочены к присводовым частям локальных структур в составе крупных региональных поднятий, что ранее отмечалось на примере Воронежской антеклизы [6]. Прслежены проявления размыва и неоднократного переотложения, аккумуляирования разрозненных



Условные обозначения

	– песок		– фосфоритовые желваки		– демоспонгии: а – автохтонные, б – аллохтонные
	– песок крупнозернистый		– окатыши по подстилающим породам		– створки устриц
	– мергель		– фосфоритовый горизонт в основании банновской свиты		– бентосные фораминиферы
	– мергель песчаный		– гидроокислы железа		– интервалы отбора объемных проб
	– пелитовый материал		– диагональная параллельная слоистость		– выборка фоссилий по слою
	– алевроитовый материал		– призматический слой иноцерамид		– поверхности литологических интервалов
	– глауконит		– гексактинеллиды: а – автохтонные, б – аллохтонные		– местоположение разрезов

Рис. 3. Схематичный палеогеологический разрез на начало среднетуронского осадконакопления по линии разрезов Красный Яр-1 – Меловатка – Сеноманская стенка и положение мест отбора объемных проб (цвет онлайн)

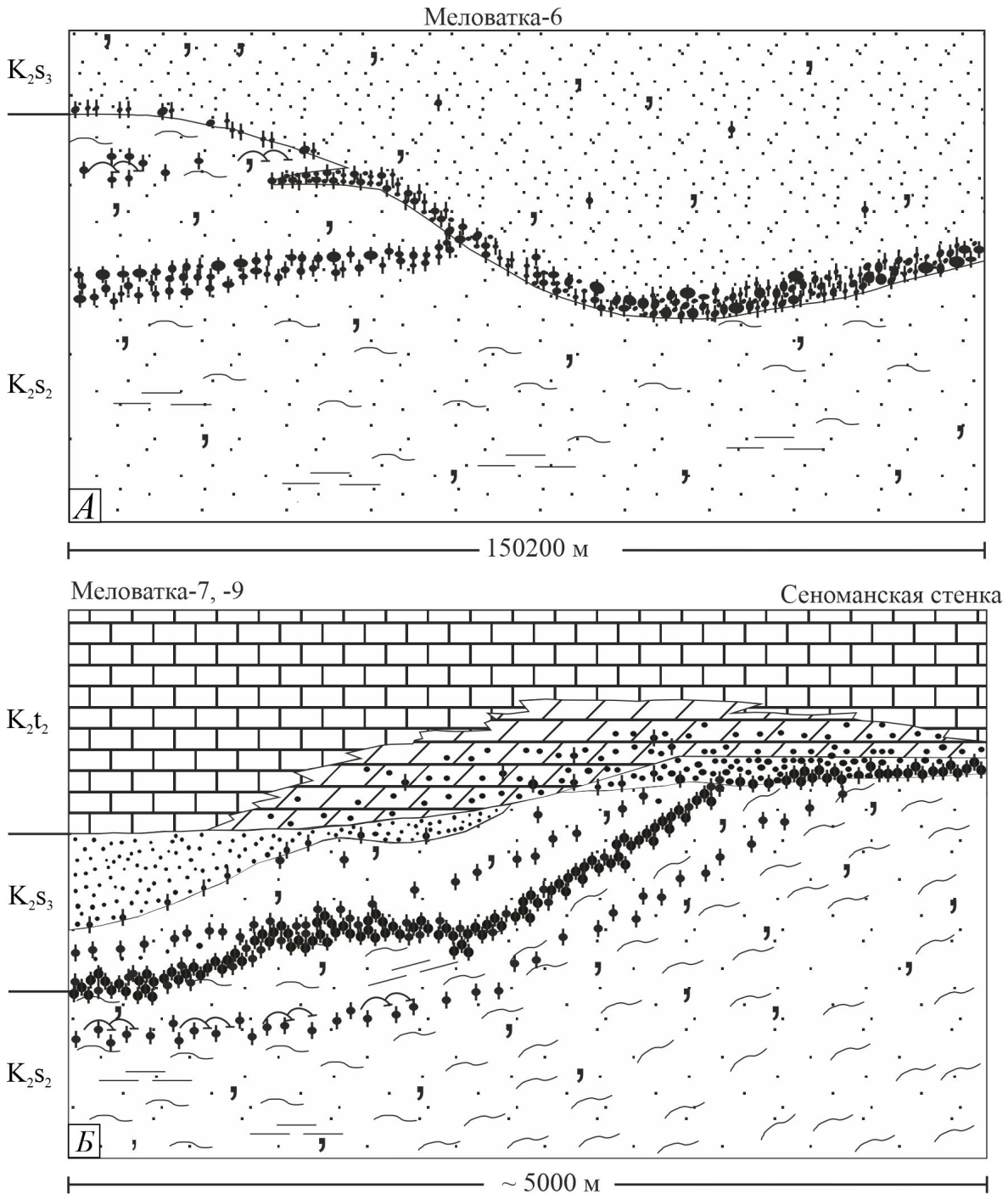


Рис. 4. Формирование вторичных скоплений фосфоритовых включений при деструкции подстилающих отложений и концентрации тяжелых терригенных фракций на поверхности размыва: А – эрозионный срез среднесеноманских отложений в разрезе Меловатка-6, Б – образование фосфоритового горизонта в основании среднетуронских мергелей в разрезе Меловатская стенка при конседиментационном срезе содержащих фосфоритовые включения средне- и верхнесеноманских отложений (западное крыло Жирновской брахиантиклинали). Условные обозначения см. рис. 3

фосфоритовых включений, линз и прослоев в состав все более поздних и мощных горизонтов, порой состоящих из нескольких прослоев (см. рис. 4).

2. Ихнофоссилии. По литологическому составу и степени фосфатизации выделено два

гетерохронных подкомплекса, в целом тождественных ранее рассмотренным на примере фоссилий, – сеноманский и туронский.

Сеноманский подкомплекс рассматривается в составе двух групп: копролиты и ядра ходов и нор.



Копролиты (130 экз.). Выделено три паратаксономические группы: селяхикорпус (20%), ихтиокоприды (7%) и крустациокопрулиды (73%). Преобладание форм последней группы, копролитов декапод, объясняется тем, что они представлены в виде копрогенных агрегатов размером до 1 см (4 экз.), размеры самых копролитов около 1 мм. Размеры копролитов предполагаемых «телеостей» и «эласмобранхий» изменяются в пределах 2–15×13–18 мм. Все копролиты в разной степени фосфатизированы, большая часть фрагментирована и окатана. Часто копролиты полной сохранности и отдельные их «чешуи» заключены в фосфоритовые агрегаты.

Ядра ходов и нор. Выделено три группы ходов, различающихся, главным образом, диаметром ядер и их длиной. Все ядра ходов разрушены (17 экз.), окатаны и некоторые представлены в виде секторов поверхности стенки. В составе первой группы рассматриваются ходы диаметром 2–3 мм, второй – 1,5–2 см, третьей – 2–5 см, при средней их длине до 10–12 см.

Сохранность ихнофоссилий. Сохранность полных форм копролитов позволяет предположить, что их фосфатизация происходила очень быстро, до их поедания или разрушения на поверхности подвижного осадка. Копролиты, прошедшие стадию литификации, в последующем вымывались из осадка, первичных захоронений или горизонтов конденсации и акумулировались с вместе с зубами рыб. Различная степень фосфатизации и окатанности копролитов может свидетельствовать об эпизодичности и неоднократности процессов их фосфатизации в процессе перемывов и вымывании копрогенного материала из осадка и последующей фоссилизации.

Фоссилизация быстро разрушаемых экскрементов водных организмов, оказывавшихся на поверхности осадка и близ нее, свидетельствует о сорбционных возможностях копрогенного материала по отношению к фосфатным соединениям. Наблюдения по особенностям фоссилизации бентосных организмов и ихнофоссилий позволяют высказать предположение о том, что процесс фосфатизации биогенных компонентов происходил очень быстро в зоне взмучивания, между осадком и водной средой. Фосфатизация способствовала сохранению копрогенного материала в терригенных породах прибрежных морских фаций (разрез Белое Озеро) [7]. В породах карбонатного и кремнистого состава находки копролитов редки.

Разнообразный и количественно представительный сеноманский подкомплекс ихнофоссилий формировался по осадкам песчано-алевритового состава. Фосфатные соединения, на основе бактериально-иловой пленки, покрывали поверхность осадка, иногда цементировали его до некоторой степени, а в некоторых случаях под воздействием волновых процессов скатывалось в виде трубочек или сфер концентрического

строения (разрез Меловатка-6, нижний сеноман). Фосфатное вещество по полостям, по стенкам ходов и нор проникало и вглубь осадка. При последующем разрушении осадка расположенные в нем фосфатизированные вертикально ориентированные сегменты ходов концентрировались в составе крупной и тяжелой фракции формировавшегося горизонта фосфоритов в виде веретено- и трубкообразных включений.

Распространение ходов и нор роющих организмов (декапод, моллюсков, брахиопод, червей и личинок разнообразных организмов) приурочено к обстановкам активных перетоков водных масс, преимущественно ламинарных течений [8–10]. Расселение сообществ роющих и зарывающихся организмов сопряжено формированием на приподнятых участках морского дна образований типа «твердое дно». Стабильные придонные течения и волновые процессы способствовали развитию разнообразного ихнофаунистического сообщества, формированию ярусного профиля «твердого дна».

Туронский подкомплекс. Представлен небольшими фрагментами ядер ходов декапод песчано-карбонатного состава, некоторые из которых слабо пропитаны кремнеземом. По величине диаметра выделено две группы ядер ходов: 2–3 мм и 1,5–2 см. Поверхность ядер обычно размыта, сглажена. Ядра песчано-карбонатного состава разрушаются при отмывке материала пробы. Туронские формы составляют 30 % от всех ихнофоссилий в ориктоценозе.

Наличие туронских ихнофоссилий, по габитусу во многом сходных с сеноманскими, позволяет утверждать, что в целом аналогичные условия подвижной водной среды сохранились и в раннем, и в начале среднего турона. Короткие вертикальные ходы декапод в автохтонном положении описаны в подошве карбонатных пород среднего турона, при отсутствии фосфоритов в их основании, в рядом расположенных разрезах среднего турона (разрезы Меловатка-7, -9). Нижние интервалы терригенно-карбонатных пород среднего турона пронизаны многочисленными ихнофоссилиями (разрезы Красный Яр-1 и Меловатка-3).

Таким образом, можно предположить, что нижняя часть карбонатных пород турона сформировалась в результате неоднократных перемывов и взмучивания осадка, в том числе в результате штормовых явлений, разубоживания карбонатного ила терригенным материалом подстилающих отложений. Наличие явно переотложенных карбонатных ядер ходов в составе изученного ориктокомплекса в разрезе Сеноманская стенка позволяет рассматривать возможность разрушения некоторого интервала пород, содержавших уже фоссилизированные ядра ходов туронских организмов. Вероятно, с учетом неустойчивости к деструкции карбонатных включений ядра ихнофоссилий концентрировались на поверхности



субстрата как наиболее твердые компоненты разрушаемого штормовыми процессами едва консолидированного карбонатного осадка.

Результаты

В разрезе Сеноманская стенка скопления фосфоритовых желваков формировалась и неоднократно переотлагалась в условиях высокой турбулентной гидродинамики, преобразовывая автохтонные захоронения фоссилий в зрелый терригенный пляжевый комплекс верхней сублиторали – супралиторали. Многократное переотложение осадков, содержащих автохтонные и субавтохтонные захоронения фоссилий, их латеральный перенос обусловили концентрацию на поверхности субстрата устойчивых к деструкции фоссилий и последующее их разрушение в составе гетерохронного аллохтонного ориктоценоза. Фосфатные биогенные компоненты представлены в песчаной и мелкогалечниковой размерности.

Ни одна из групп организмов, фоссилии которых установлены в фосфоритовом горизонте, не обитала в условиях динамически активной водной среды, которая способствовала скоплению фосфоритовых включений. Одним из свидетельств аллохтонного захоронения фоссилий считаем отсутствие доминирующих таксонов и экологических группировок, что свойственно нормальным морским сообществам. В рассматриваемом ориктоценозе совместно присутствуют нектонные и бентосные формы, а представители последних характеризуют несовместные биотопы [1]. Следы пребывания организмов в разных реконструированных биотопах несут выявленные биостратиграфические особенности фоссилий. Процесс фосфатизации фоссилий, проявляющийся селективно в осадке и на его поверхности, завершился до их попадания в фосфоритовый горизонт.

На фоссилиях эпибентосных организмов нет явных проявлений биоэрозии, что предполагает быстрое первичное их захоронение. Попадание этих форм в состав фосфоритового горизонта происходило уже в виде фосфатных фоссилий из разрушенного осадка. Отсутствие проявлений активной биоэрозии на фосфатных включениях объясняется условиями подвижной среды, в которой формировались скопления желваков фосфоритов, и последующим их скоротечным захоронением. Примером длительной экспозиции фоссилий на поверхности дна, при воздействии активных течений, является «губковый» горизонт нижнего сантона в разрезах Мирощники-2, Меловатка-1 и Каменный Брод. Здесь крупные интенсивно фосфатизированные скелеты кремневых губок и их фрагменты слагают каменную мостовую, испещренные до неузнаваемости многочисленными норами литофаг.

Седиментационные процессы в течение среднего и позднего сеномана на территории располо-

жения разреза Сеноманская стенка происходили, что подтверждается присутствием в ориктокомплексе средне- и поздне-сеноманских форм. Но в условиях эпизодической деструкции мощность этого интервала отложений была невелика. Реконструированные сообщества сеноманских бентосных беспозвоночных пространственно сопрягались и сменяли друг друга во времени. Темпы осадконакопления могли быть достаточными для захоронения погибших организмов, о чем можно судить по слабому проявлению биоэрозии. Многочисленные фрагменты сеноманских ихнофоссилий указывают как на проявления ламинарных течений, что отражает неравномерность темпов седиментации, так и деструкцию и дифференциацию осадка при штормовых явлениях. Данные анализа биогенной составляющей фосфоритового горизонта из разреза Сеноманская стенка коррелируются с материалами изучения синхронных образований в разрезах Красный Яр-1, Меловатка-7 и -9. В ориктокомплексе Сеноманская стенка меньше таксономический состав, отсутствует древесный детрит и больше количество биошлама (рис. 5). Состав среднетуронского ориктокомплекса Сеноманская стенка свидетельствует о преемственности таксономического состава с учетом сокращения разнообразия и количества фоссилий, с ориктокомплексами из верхнесеноманских фосфоритовых горизонтов (рис. 6).

Существенные процессы размытия сеноманских отложений и отсутствие последовательного осадконакопления происходили в раннетуронское время. Скопление фосфатных фоссилий в разрезе Сеноманская стенка формировалось преимущественно за счет переотложения подстилающих сеноманских отложений и выноса значительной части тонко- и мелкодисперсных осадков. О размытии осадков и переотложении из них фоссилий свидетельствует большое количество фосфатизированных полных ядер инфунальных форм. Значительная латеральная транспортировка фоссилий отсутствовала и в туронское время, о чем свидетельствуют фрагменты ростров туронских белемнитов и крупный фрагмент створки иноцерамуса.

Особенности поздне-сеноманского – среднетуронского осадконакопления обусловлены сформировавшимся структурным планом территории. Сопоставление серии разрезов (см. рис. 3, 4) показывает значительный эрозионный срез верхне- и среднесеноманских образований по направлению к сводам антиклиналей, который предшествовал туронскому осадконакоплению. В раннетуронское время сводам этих структур в рельефе дна моря соответствовали участки отмелей, где в процессах седиментации отражались сгонно-нагонные и штормовые явления.

Рассмотрение характера захоронений в верхнемеловых отложениях скелетов кремневых губок идеальной сохранности, массовых скоплений

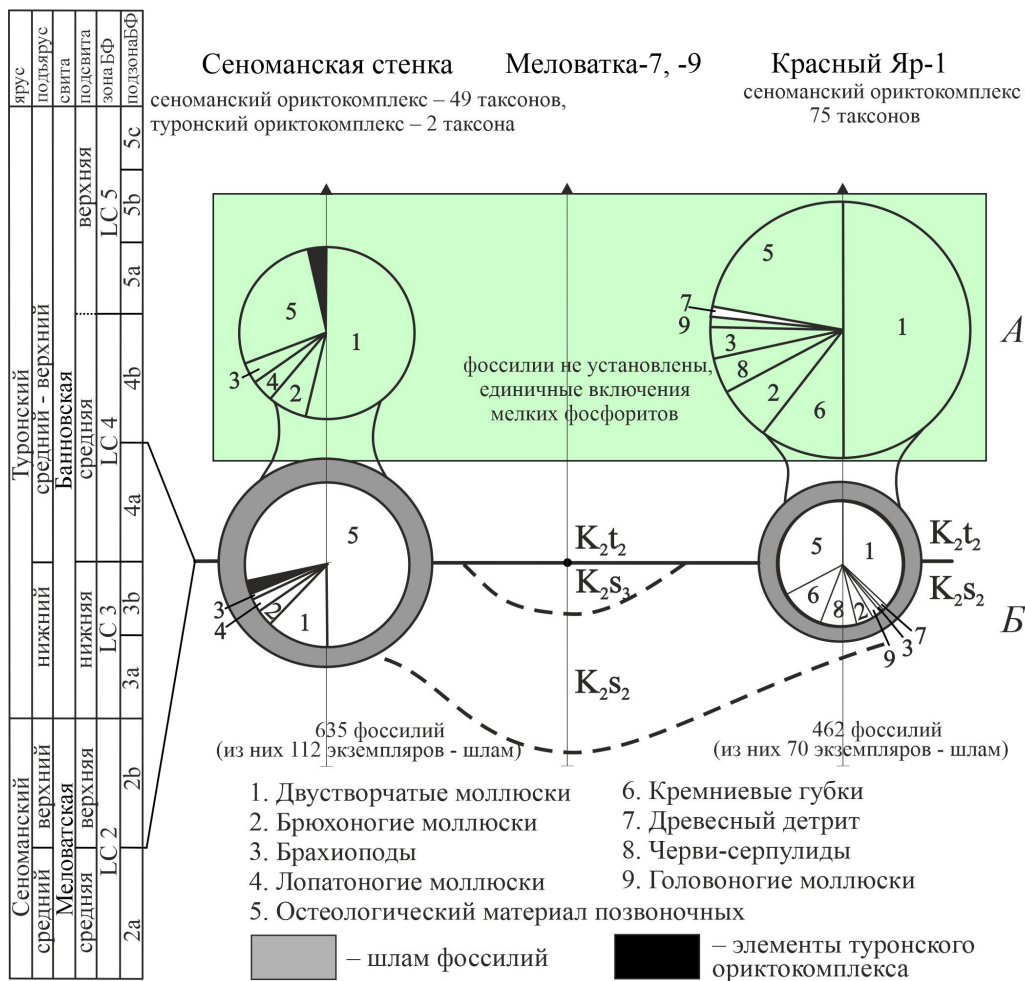


Рис. 5. Сопоставление структуры и состава биогенных компонентов объемных проб, взятых из фосфоритового горизонта среднего турона в разрезах Сеноманская стенка – Меловатка-7, -9 – Красный Яр-1: А – количество таксономических групп в составе ориктокомплексов, Б – количество фоссилий

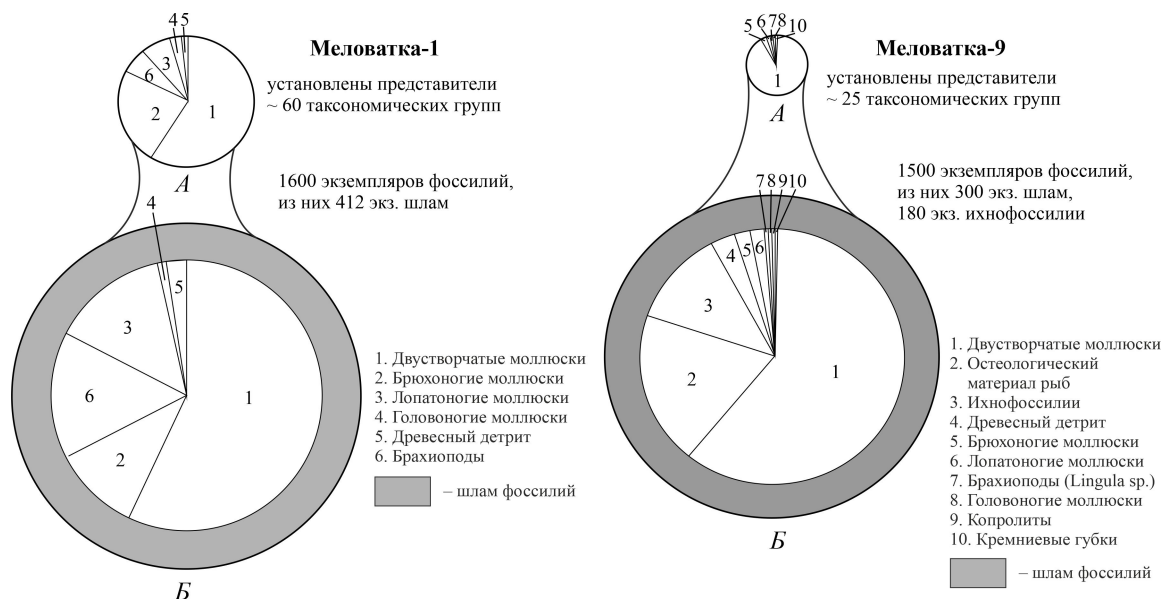


Рис. 6. Соотношение структуры и состава биогенной составляющей проб фосфоритового горизонта, взятых из фосфоритового горизонта верхнего сеномана, из разрезов Меловатка-1 и Меловатка-9: А – количество таксономических групп, Б – количество фоссилий



копролитов и слепков мягких тканей, подвергшихся импрегнированию фосфатными соединениями [7, 11, 12], подводят к обсуждению скорости процесса фоссилизации. Возможно, резкие изменения геохимического режима придонных вод способствовали гибели губок, хорошей сохранности их габитуса и дермальной скульптуры, чему способствовали быстро происходившие процессы фосфатизации – в течение нескольких часов.

Выводы

Комплексное детальное изучение насыщенных фоссилиями конденсированных и концентрированных образований позволяет реконструировать события некоторого интервала времени, которые не сохранились в нормальной последовательности напластования пород как следствие перерывов в осадконакоплении. При достоверном и детальном биостратиграфическом обеспечении прослеживание синхронных интервалов пород, насыщенных фосфоритовыми включениями, позволяет провести палеоструктурный анализ территории исследований, выделить конседиментационные этапы формирования локальных структур.

Библиографический список

1. Первушов Е. М. Биогенная составляющая фосфоритового горизонта среднего турона в разрезе Сеноманская стенка. Статья 1. Материал и палеоэкологический анализ // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 4. С. 268–282. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-4-268-282>
2. Гужикова А. А., Первушов Е. М., Рябов И. П., Фомин В. А. Магнитозона обратной полярности в турон-коньяке северного окончания Доно-Медведицких дислокаций // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 262–277. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-262-277>
3. Pervushov E. M., Ryabov I. P., Guzhikov A. Yu., Vishnevskaya V. S., Kopaevich L. F., Guzhikova A. A., Kalyakin E. A., Fomin V. A., Sel'tser V. B., Il'inskiy E. I., Mirantsev G. V., Proshina P. A. Turonian–Coniacian Deposits of the Kamennyi Brod-1 Section (Southern Ulyanovsk-Saratov Trough) // Stratigraphy and Geological Correlation. 2019. Vol. 27, № 7. P. 804–839. <https://doi.org/10.1134/S0869593819070025>
4. Беляев Г. М., Гликман Л. С. Зубы акул на дне Тихого океана // Труды Института океанологии АН СССР. 1970. Т. 88. С. 252–280.
5. Бирюков А. В. О стратиграфическом значении эластобранхий (Chondrichthyes, Elasmobranchii) в сеномане Правобережного Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 27–40. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-1-27-40>
6. Фоминский В. И. О трех функциях затопленных палеорусел в формировании сеноманских фосфоритовых залежей Воронежской антеклизы // Полезные ископаемые в осадочных толщах. Москва : Недра, 1973. С. 103–111.
7. Первушов Е. М., Архангельский М. С., Иванов А. В. Каталог местонахождений морских рептилий в юрских и меловых отложениях Нижнего Поволжья. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. 230 с.
8. Хэллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. Москва : Мир, 1983. 326 с.
9. Найдин Д. П., Копяевич Л. Ф. Внутрiformационные перерывы верхнего мела Мангышлака. Москва : Издательство Московского университета, 1988. 141 с.
10. Барабошкин Е. Ю., Веймарн А. Б., Копяевич Л. Ф., Найдин Д. П. Изучение стратиграфических перерывов при производстве геологической съемки: методические рекомендации. Москва : Издательство Московского университета, 2002. 163 с.
11. Первушов Е. М. Роль данных тафономии в изучении процессов формирования губковых слоев верхнего мела Поволжья // Теория и опыт тафономии. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1989. С. 121–126.
12. Курочкин Е. Н., Савельев С. В., Постнов А. А., Первушов Е. М., Попов Е. В. Головной мозг примитивной птицы из верхнего мела европейской части России // Палеонтологический журнал. 2006. № 6. С. 69–80. <https://doi.org/10.1134/S0031030106060086>

Поступила в редакцию 15.07.2022; одобрена после рецензирования 10.10.2022; принята к публикации 16.12.2022
The article was submitted 15.07.2022; approved after reviewing 10.10.2022; accepted for publication 16.12.2022