

Б. Не 13/85

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Ленинградский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Горный институт имени Г.В.Плеханова

Специализированный совет К.063,15.07

На правах рукописи

АЛЕКСЕЕВ Василий Викторович

УДК 551.351(268.46-17)

ГОЛОЦЕНОВОЕ БЕНТОГЕННОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ
В ВОРОНКЕ БЕЛОГО МОРЯ

Специальность 04.00.01 - "Геология"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Ленинград
1983

Работа выполнена в Мурманском морском биологическом институте ордена Ленина Кольского филиала им.С.М.Кирова АН СССР.

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор Н.Я.СПАСКИЙ.

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор В.А.ГРОССТЕЙМ,
кандидат географических наук, старший научный сотрудник М.А.СПИРИДОНОВ.

Ведущая организация: Всесоюзный научно-исследовательский институт "Океангеология" производственного геологического объединения "Севморгеология".

Защита состоится "9" марта 1984г. в 14 час. 30 мин.
на заседании специализированного совета К.063.15.07 в
Ленинградском горном институте им. Г.В.Плеханова по адресу:
199026, г. Лен

С диссертацией
Автореферат

Ученый
специализированного
Э.Ф.До

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Мировой океан сейчас привлекает всё большее внимание не только как объект фундаментальных исследований, но и в связи с проблемой расширения сырьевых ресурсов. Наряду с традиционным рыбным промыслом уже ставится вопрос о культивировании бентосных морских организмов; определяются запасы водорослей и разрабатывается экологическое обоснование их добычи. Ограниченность ряда полезных ископаемых суши определяет необходимость освоения морских месторождений.

Бентогенные ракушечные осадки широко распространены в пределах Мирового океана. Массовые скопления, однако, достаточно редки и известны в Азовском море, заливах Сан-Франциско и Факсафлоуи, у берегов Флориды и ряде других районов. В то же время имеется богатый практический опыт использования ракуши при производстве высококачественного портландцемента и известковой крупы для нужд промышленного птицеводства. В свете решений ЦК КПСС и Совета Министров СССР о мерах по росту производства мяса птицы в последние годы усилены геологические изыскания ракуши в Белом и Баренцевом морях.

Таким образом, исследования ракушечных отложений как специфического вида полезных ископаемых представляются весьма актуальными как в общенаучном плане, так и с позиций прикладной геологии.

Состояние изученности. Исследования карбонатного вещества в донных отложениях Баренцева и Белого морей начались с середины тридцатых годов, однако, наиболее характерны для последних лет. Начало изучения ракушечных осадков как полезного ископаемого связано с работами В.И.Гуревича и Т.В.Яковлевой, которыми сделан предварительный вывод о перспективности промышленного освоения бентогенных скоплений Воронки Белого моря (Яковлева, Гуревич, 1974). На основе дальнейшего изучения карбонатных скоплений Воронки произведена их типизация (Алексеев, Яковлева, 1978, 1979), получены основные тенденции миграции и опытные гидромеханические параметры бентогенных компонентов (Алексеев, 1974, 1977, 1979 а, б, 1980). Анализ этих данных позволяет рассматривать ракушу в современном седиментогенезе как компонент со специфическими свойствами и дает

основания для разработки целостного представления о закономерностях бентогенного осадкообразования на исследуемой акватории.

Цель и задачи работы. Целью настоящей работы является выяснение основных закономерностей процесса бентогенного осадкообразования в Воронке Белого моря с формированием промышленных концентраций ракуши. В соответствии со сформулированной целью были поставлены и решены две основные задачи.

1. Установление характера распределения и состава донных биоценозов как источников питания бентогенных скоплений.

2. Выяснение закономерностей динамики транспортировки и накопления бентогенных компонентов с выделением факторов, оптимизирующих развитие промышленных залежей.

Фактический материал. В основу диссертации положены результаты экспедиционных морских работ лаборатории геологии и геохимии моря ММБИ КФ АН СССР при личном участии автора более чем на 300 грунтовых станциях и наблюдения на литорали в период с 1974 по 1982 г. Использованы данные анализа эхограмм галсов протяженностью около 600 погонных миль, гидромеханические параметры ракуши, полученные лично автором (более 200 значений), результаты математико-статистического анализа, проводимого как сторонними организациями, так и лично исполнителем.

Защищаемые положения. 1. Обоснование генетических типов бентогенных отложений региона. 2. Обоснование схемы динамики формирования ракушечных скоплений.

Научная новизна и практическая ценность. Впервые выполнено детальное изучение процессов транспортировки и аккумуляции бентогенных компонентов Воронки Белого моря, ведущих к формированию промышленных ракушечных залежей. Данные исследований могут использоваться при проведении поисково-разведочных работ на ракушу. Критические гидромеханические характеристики применимы для проектирования морских инженерных сооружений на обогащенных карбонатным материалом грунтах.

Апробация работы. Материалы диссертации отражены в отчетах по трем научно-исследовательским темам ММБИ, докладывались на научной конференции ПИПРО (Мурманск, 1975), совещании

по литодинамике шельфовых зон (Ленинград, 1976), 2 Всесоюзном океанологическом съезде (Ялта, 1982), научных семинарах и сессиях ММБИ.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 10 работах, часть которых написана совместно с другими исследователями.

Объем работы. Диссертационная работа объемом 124 машинописных страницы состоит из введения, 4 глав и заключения, списка использованной литературы (104 наименования), иллюстрирована 30 рисунками и 17 таблицами.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук, профессору Н.Я. Спасскому и сердечно благодарит д.г.н. Г.Г. Матишова, к.г.-м.н. В.И. Гуревича, к.г.-м.н. Г.А. Тарасова, к.г.-м.н. Т.В. Яковлеву, к.г.-м.н. И.А. Одесского, к.г.н. Л.Г. Павлову, к.б.н. В.Ф. Брызгина, консультациями которых он неоднократно пользовался. Автор весьма признателен Ю.Г. Самойловичу, В.М. Доненбергу, В.Е. Джусу, Е.И. Жукову, С.Г. Денисенко и Л.В. Бочаровой, оказывавших содействие на различных этапах работы.

1. ОЧЕРК АКВАТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Воронка Белого моря находится на стыке двух различных по ряду показателей морей – Баренцева и Белого, чем в значительной мере определяются особенности бентосной фауны и условия формирования поверхностного слоя донных, в частности, ракушечных отложений.

Регион весьма мелководен, лишь в его северной части глубины достигают 70–100 м. Юго-восточная зона подвержена сильному опресняющему воздействию р. Мезени, более высокая соленость северной периферии обусловлена контактом с баренцевоморскими водами нормальной солености. Здесь широко развиты сильные штормовые волнения, весьма значительны приливо-отливные колебания уровня. Так, величина амплитуды прилива колеблется в пределах Воронки от 1,8 до 4,7 м, достигая в Мезенском заливе 7–9 м. Скорости приливо-отливных течений зачастую превышают 2 м/с; распространены постоянные, ветровые и циркуляционные течения.

Характер донных осадков непосредственно в Воронке опреде-

ляется их активной переработкой под воздействием волн и течений. Наиболее распространены в целом сравнительно маломощные, хорошо сортированные песчаные отложения: от мелко- и среднезернистых в прибрежной полосе до среднезернистых с участками гравийно-галечного материала на удалении от берега. Алевроиты и пелиты развиты незначительно и тяготеют к глинистому бенчу ледниково-морских антропогенных осадков у Канинского берега и в Мезенской губе.

В донном рельефе участка исследований выделяются глубокие желоба вдоль оси Мезенского залива и у Терского берега. Многочисленны аккумулятивные песчаные гряды высотой до 30 м, а длиной - несколько десятков километров при ширине 2-3 км. По данным эхолотирования расчлененность донного рельефа наиболее высока в прибрежье Кольского п-ова, к п-ову Канин дно заметно выполаживается.

В минеральном составе донных осадков преобладает легкая фракция (Яковлева, 1979), содержание тяжелой минеральной фракции не превышает 28,5% (Яковлева, 1977).

2. СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАКУШЕЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНКИ БЕЛОГО МОРЯ

Бентогенные отложения, в частности, ракушечные, представляют большой практический интерес и известны на шельфовых участках всех климатических зон, однако, более всего тяготеют к тропической и субтропической областям. В условиях северных морей бентогенную седиментацию принято считать незначительной, тем не менее и здесь иногда возникают уникальные залежи карбонатного сырья. Такие россыпи обнаружены в прибрежье Аляски (Hoskin Charles M., Nelson Richard V., 1969), в Норвежско-Гренландском бассейне (Виноградова, 1979), в исландском заливе Факсафлюи при содержании полезной компоненты свыше 80% (Меро Дж., 1969) и ряде других районов. В северной части Воронки Белого моря и сопредельных районах Восточного Мурмана имеется другая область локализации массовых бентогенных скоплений ракуши бальянусов и двустворок. Их формирование, в первую очередь, определяется широким развитием на акватории колоний карбонатообразующих донных организмов, состав и распределение которых охарактеризованы нами с использованием собственных сборов (табл. I), а также данных

Таблица I

Количественный состав моллюсков и бальнусов Воронки Белого моря, экз/м²

Станция	Глубина, м	Донные отложения	<i>Chlamys islandicus</i> (Müll.)	<i>Mytilus edulis</i> (L.)	<i>Serripes groenlandicus</i> (Chemn.)	<i>Nucula delphinodonta</i> (Mighels et Adams)	<i>Macoma torelli</i> (Steenstrup)	<i>Macoma baltica</i> (L.)	<i>Leda pernula</i> (Müll.)	<i>Portlandia</i> sp.	<i>Astarte borealis</i> (Chemn.)	<i>Astarte prenata</i> (Gray)	<i>Astarte montagui</i> (Dillw.)	<i>Cyprina islandica</i> (L.)	<i>Cylichna alba</i> (Brown)	<i>Lora</i> sp.	<i>Neptunea despecta</i> (L.)	<i>Natica clausa</i> (Sowerby)	<i>Balanus</i> sp.
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	80	Ракуша							4					I52					4
2	30	Ракуша		4				4											
3	75	Ракуша											4						
6	50	Ракуша	I2	4															256
7	30	Песок м/з		I2															940
14	26	Алеврит песч.		8			4		4	40								4	
16	25	Песок м/з					I2						I00		36	4			
19	25	Песок м/з			4								92	4					204
20	52	Песок т/з			8	32			I2	8						I6	4		

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
22	65	Песок т/з		4	4		I2		100				I2						
24	70	Песок т/з			4				8										
25	50	Песок т/з							4										
26	30	Валуны																	4
28	25	Валуны																	56
29	25	Галька, гравий																	28
47	10	Песок т/з			4														
48	31	Песок т/з			40	4	I6						4						
49	36	Песок м/з			I2						8		32		4	4			
50	30	Песок м/з										4							
52	40	Ракуша									4								
54	83	Песок м/з												4					
55	92	Песок т/з		I2															I20
56	99	Ракуша	4																8
57	I25	Песок м/з, ракуша						4	I2				304						
58	I30	Песок м/з, ракуша							20				264						

ПИНРО и других организации.

В бентогенных скоплениях региона заметное место принадлежит раковинам и фрагментам двустворчатых моллюсков. В Баренцевом море разнообразие биотопов, нормальная соленость, интенсивная вертикальная циркуляция обеспечивают наиболее благоприятные условия для их развития. В Белом море в связи с пониженной соленостью и более суровыми условиями число видов снижается вдвое (Филатова, 1957; Белая, Федоров, 1972). На исследуемой акватории повсеместны *Chlamys islandicus* (Mill.), *Mytilus edulis* (L.), *Macoma torelli* (Steenstrup), *Leda pernula* (Mill.), *Astarte montagui* (Dillw.), *Cyprina islandica* (L.) и др. Их распределение в регионе закономерно обусловлено характером донных осадков и динамикой придонного слоя. Плотность популяций моллюсков иногда весьма велика и достигает 100 экз/м² в поселениях леды, 152 экз/м² для циприны и 304 экз/м² в колониях астарты монтагю.

Доминирующими компонентами ракушечных залежей района исследований являются домики и обломки баянусов. В Баренцевом и Белом морях (Кузнецов, 1964) обитает 4 вида баянусов: *Balanus balanoides* (L.), *B. hameri* (Asc.), *B. balanus* (L.) и *B. crenatus* (Brug.). Отметим, что карбонатные скопления представлены, в основном, последними двумя видами. Их колонии весьма обильны на валунах и скальных выходах близ Терского берега к югу от мыса Святой Нос. На ракушечных скоплениях плотность поселений баянусов локально достигает 940 экз/м², в то время как на алевроито-песчаных осадках севернее Святого Носа не превышает 4 экз/м².

Повышенные концентрации карбонатного материала развиты вдоль Терского берега Воронки на глубинах 30–80 м в полосе шириной до 80 км и протяженностью более 130 км. Нами изучались количественный состав, видовая принадлежность, степень сохранности и прожитости карбонатных фрагментов (Алексеев, Яковлева, 1979). Обобщение полученных данных позволило выделить на акватории различные вариации двух основных типов бентогенных осадков - аутигенного и аллотигенного.

Аутигенные скопления баянусов выделены по хорошей сохранности обломков, вплоть до находок целых дошиков. Они расположены в прибрежной, сильно расчлененной зоне Кольского п-ова и практически совпадают с ареалами обитания вида. Со-

держание ракушки колеблется в широких пределах от I до 50%.

Аутигенные скопления двустворок локализованы на илисто-песчаных, реже - более грубозернистых осадках как вблизи, так и на удалении 60-70 км от берега. Видовой состав отвечает в основном населению местных популяций, охарактеризованных выше. Содержание ракушки не превышает 10%, изредка достигая 70% и более.

Аутигенные остаточные скопления расположены на сильно расчлененных участках побережья в непосредственной близости к собственно аутигенным отложениям. Отличаются от последних типично аллотигенным обликом (хорошие промытость и окатанность при плохой сохранности обломков). Доля двустворок невелика и возрастает вблизи их колоний. Содержание карбонатного материала достигает 99,8%.

Аутигенно-аллотигенные (смешанные) массовые скопления приурочены к умеренно расчлененным участкам дна в 15-30 км от берега. Здесь доминируют хорошо окатанные и промытые крупные обломки бальянсов плохой сохранности, целые домики редки. Раковины двустворок, в целом широко распространенные на акватории, здесь имеют сугубо подчиненное значение. Содержание карбонатной компоненты колеблется от 6,3 до 67%.

Аллотигенные рассеянные отложения отмечены в 80-100 км и более от берега на слабо расчлененном дне. Вмещающие осадки измельчены до мелкого детрита. Содержание ракушки не превышает 10%, в подавляющем большинстве составляет доли процента.

3. ЛИТОЛОГО-ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАКУШКИ

I. Литологические параметры

При гранулометрическом анализе бентогенных осадков выделялись биогенная и терригенная составляющие с определением пофракционного и валового содержания ракушки. На основе кумулятивных кривых для осадка в целом, его терригенной и биогенной составляющих были определены соответствующие величины медианного диаметра Md , коэффициента асимметрии S_k и квантильного коэффициента сортировки E . Кривые для осадка в целом обнаруживают бимодальность и отклонение от логнормального распределения с небольшой (1,1) положительной асимметрией. Повышенное значение S_k (в среднем 2,8) для массовых залежей может свидетельствовать о потоковом генезисе (Ру -

хин, 1969; Иванов, 1969). Кумулята терригенной компоненты несколько спрямляется с исчезновением в ряде случаев двугоршинности. Распределение биогенной составляющей обычно хорошо аппроксимируется логнормальным законом (что может отражать генетическую и физическую однородность вещества ракуши).

Гранулометрическая информация с данными о глубинах моря на станциях, их расстояниях от берега Кольского п-ова и расчлененности донного рельефа была подвергнута математической обработке по программе СТАТ-I. Средние значения и коэффициенты вариации важнейших параметров объединены в табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрические и статистические характеристики донных отложений Воронки Белого моря

Параметр	Среднее арифметическое	Коэффициент вариации	Закон распределения
Содержание гальки и гравия, %	7,71	214	ЛН
Содержание песка, %	68,03	39	Н
Содержание алевропелита, %	8,44	169	ЛН
Содержание ракуши, %	15,75	137	ЛН
M_d осадка в целом, мм	0,72	231	-
M_d терригенной компоненты, мм	0,65	302	-
M_d биогенной компоненты, мм	3,80	72	-
Σ осадка в целом	2,69	64	ЛН
Σ терригенной компоненты	2,01	56	-
Σ биогенной компоненты	2,50	88	-

Основные тенденции взаимосвязи ряда параметров бентогенных осадков прослеживаются по результатам корреляционного анализа. Ракуша тяготеет к участкам с пониженным терригенным питанием, о чем свидетельствует сильная отрицательная связь её концентрации с содержанием алевропелитов и псаммитов (коэффициент корреляции r равен $-0,65$ и $-0,36$ соответственно). Обогащение массовой залежи крупными фрагментами определяется выносом мелкой ракуши, что отражает тесная связь её содержания с размерностью осадка ($0,61$). Связь концентрации ракушечного материала с сортировкой ($0,57$) и асимметрией ($0,25$)

осадка в целом отражает рост его гетерогенности при смещении разнородных компонент. На валовое содержание ракушки непосредственно влияет расчлененность донного рельефа (0,47). Доля карбонатного материала снижается с удалением от берега (Z составляет -0,41). Глубина моря в целом на содержание ракушки не оказывает воздействия, отражением чего служит статистическая незначимость Z (0,69).

С использованием методики выделения однородных совокупностей (Гуревич, 1981) бентогенные осадки акватории были сгруппированы по ряду важнейших признаков (концентрация ракушки, гранулометрические показатели, удаленность от берега, расчлененность донного рельефа). В результате этой процедуры статистически обоснованно подтвердились предварительные данные типизации и районирования ракушечных отложений региона, что позволяет рекомендовать метод для экспрессных исследований.

2. Гидромеханические параметры.

Формирование многих бентогенных скоплений в той или иной мере обусловлено гидродинамическим воздействием. Поэтому реконструирование обстановок карбонатной седиментации необходимо предполагает использование характеристик поведения ракушки в водном потоке. На стационарном оборудовании ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева нами получены критические гидравлические параметры основных компонентов бентогенных осадков Белого моря - гидравлическая крупность ω , неразмывающая скорость V_n , скорости волочения V_b и отложения $V_{от}$ (табл.3). Их изучение для ракушки "балагуши" проводилось в соответствии с морфометрическими типами обломков (Алексеев, 1974): I класс - изометрические; II класс - удлиненные и III класс - уплощенные.

В результате опыта статистически обоснованно доказана мобильность бентогенного материала и зависимость критических величин от формы, размеров и веса карбонатных обломков. Граничные условия выноса и аккумуляции определяются кратковременными пульсациями активности придонного слоя и характером донных отложений - инертность обломков возрастает при их соизмеримости с частицами субстрата. Весьма характерна особенность единичных створок *Bivalvia* опрокидываться в устойчивое положение "наружной стороной вверх" уже при скорости течения около 20 см/с. Это свойство раковин двустворок при палеоре-

конструировании позволяет однозначно судить о кровле, подошве пласта и высокой подвижности среды осадконакопления (Иванова, 1972, 1973; Алексеев, Найдин, 1973).

Таблица 3

Гидромеханические параметры ракуши

Фракция, мм	Класс формы	ω , см/с	V_H , см/с	V_B , см/с	$V_{отл}$, см/с
10 - 7	I	13,9	43,2	40,1	36,5
	II	12,6	54,5	43,8	39,4
	III	12,5	47,9	43,0	43,1
7 - 5	I	12,8	41,8	35,5	34,1
	II	11,3	47,6	36,0	34,7
	III	10,5	44,5	34,8	37,1
5 - 3	I	10,5	38,7	37,4	30,1
	II	9,4	41,2	38,2	32,8
	III	8,8	34,3	35,6	35,0
3 - 2	-	8,3	37,4	34,5	28,5
2 - 1	-	7,4	30,6	32,8	27,2
1 - 0,4	-	6,6	27,0	30,7	24,0

При литодинамическом реконструировании немаловажен анализ характеристик механической обработки бентогенных компонентов. При моделировании процесса транспортировки обломков бальнусов выявлено быстрое снижение веса (на 15%) и медианного диаметра (с 7,4 до 5,4 мм) исходных фракций на первых 10-20 км за счет интенсивного разрушения граней и торцевых частей обломков. На стадии 20-70 км количественный и качественный состав изменялся сравнительно медленно при соответственном росте доли мелкого детрита; значение Ma снижается лишь до 5,3 мм. Конечный этап транспортировки (70-100 км) характеризуется стабилизацией гранулометрического и морфометрического состава ракуши. Относительная потеря веса зерен на единице пути переноса (Гончаров, 1962) составила 0,0015, что отвечает аналогичному параметру для терригенных осадков предустьевых участков равнинных рек.

4. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАКУШЕЧНЫХ СКОПЛЕНИЙ

На основании результатов проведенных исследований формирование бентогенных скоплений Воронки Белого моря представ-

ляется следующим.

Возраст ракуши, составляющий на локальных эродированных участках залежи более 1600 лет (ГИН-2636), позволяет ретроспективно судить о масштабах бентогенного седиментогенеза в регионе. Основопологающая причина этого лежит в обилии продуцирующих видов — балванусов и моллюсков — на акватории последние 1,5–3 тыс. лет.

В пределах Воронки Белого моря в голоцене согласно данным палинологического анализа формирование биоценозов карбонатобразующих донных организмов закладывается лишь в пребореале — с таянием ледников и переходом к морскому режиму (Медведев, Невеский, 1975; Джиноридзе и др., 1979). В холодноводном и распресненном бассейне на мелководье появляются немногочисленные мидии, в глубоководных районах — портландии. В бореале к ним добавляются хиателлы, макомы и гастроподы. В атлантический период, когда на шельфе всё возрастающее значение приобретают динамические процессы, на акватории начинается формирование современной гидролого-гидрохимической обстановки. В связи с улучшением гидробиологических параметров среды увеличивается видовое разнообразие донной фауны. Широко распространены *A. montagui*, *H. arctica*, *Ch. islandicus*, *M. truncata*, *A. squamula*, *C. alba*; в более глубоководных районах — *M. calcarea*, *S. groenlandicus* и др. Суббореальное время характеризуется перестройкой режима акватории от мощной трансгрессии к последующему регрессивному этапу; численность донных организмов снижается. В субатлантическое время условия на акватории практически не отличались от современных. Низкие показатели твердого стока (Котенев, 1979; Евзеров, 1979), интенсивный водообмен с океаническим бассейном нормальной солености определяют рост биологической продуктивности региона. Наиболее оптимальные для развития бентосной фауны условия существуют в северной части Белого моря последние 2–3 тыс. лет. Исходя из этого, наличие мощных бентогенных скоплений в регионе вполне закономерно.

С отмиранием продуцирующих видов по тем или иным причинам (выедание хищниками, удушение другими обрастателями, изменение физико-химических параметров среды и т. п.) их карбонатные скелеты и раковины сформировали в пределах изученной акватории различные типы ракушечных залежей в зависимости от

характера взаимодействия внешних факторов.

Прибрежная полоса отличается весьма пестрым количественным и качественным составом карбонатных осадков, особенно вблизи выступов береговой линии (мысов). Так, содержание органической компоненты варьирует в пределах 96,5%—1% около северо-восточного побережья м. Святой Нос, 99,8%—4,2% в районе м. Большого Городецкого, 62,6%—2,1% вблизи м. Острая Лудка и 33,4%—3,3% у м. Орловского. Значительно изменяются также размерный состав, степень механической обработки, растворения и промывности бентогенных фрагментов. Эти данные свидетельствуют о высокой изменчивости процесса карбонатного осадкообразования в прибрежной зоне, что обусловлено здесь весьма сложной гидродинамикой. Суммарная гидродинамическая обстановка Воронки определяется взаимодействием мощных (скорости до 1,5 м/с и более) приливо-отливных и выносных, а также ветровых и постоянных течений. Роль вдольберегового течения южного направления непосредственно в переносе ракушки из-за низких скоростей (0,2—0,3 м/с) сравнительно невелика. У мысов развиты циркуляционные течения.

Согласно нашим данным, в пределах исходных биоценозов на затопленных локальных участках побережья образуются АУТИГЕННЫЕ скопления баянусов, характеризующиеся хорошей сохранностью и плохой промывностью фрагментов. Вблизи мысов гидродинамическая активность и турбулизация придонной зоны особенно велики. Домики баянусов интенсивно выносятся здесь из продуцирующих колоний при скоростях потока, значительно превышающих критические скорости волочения (0,3—0,5 м/с) обломков и подвергаются активной механической обработке. Часть карбонатного материала отлагается на сильно расчлененных участках дна в ловушках донного рельефа с "подветренной стороны" подводных продолжений мысов при снижении энергетического уровня осадкоформирующего потока. Таким образом формируются АУТИГЕННЫЕ ОСТАТОЧНЫЕ скопления, содержание ракушки в которых путем выноса терригенного материала и мелких фракций достигает 99,8%.

Наиболее сложной обстановкой седиментации отличается район близ м. Святой Нос. К северу от него существует мощный (до 2 м/с и более) локальный выносной поток (сулой), в зависимости от приливо-отливной фазы ориентированный на север, северо-восток, или восток. Восточнее мыса существует цирку-

ляционное движение водных масс. Взаимодействие этих потоков обуславливает интенсивную переработку материала местных колоний баянусов и моллюсков и его вынос на северо-восток. При этом на расчлененных участках дна небольших глубин возникают аутигенные остаточные залежи, обогащенные раковинами двустворок. В котловине около восточного побережья мыса на участках аутигенных двустворок скатывающиеся сюда с мелководий обломки баянусов придают танатоценозам смешанный характер как по видовому, так и по генетическому признакам.

Северный район. На глубинах 100 м и более севернее и северо-западнее м. Святой Нос раковины двустворчатых моллюсков в силу малой транспортабельности захороняются в пределах своих ареалов обитания и формируют АУТИГЕННЫЕ скопления двустворок. Кроме того, здесь обнаружены грязно-серые обломки баянусов возраста 590 ± 50 лет (ГИН-2635). Большие глубины и тонкозернистые осадки исключают здесь развитие биоценозов (Ржепшевский, 1958) и, соответственно, аутигенных танатоценозов баянусов. Редкие находки окатанных свежих обломков баянусов дают основания предполагать, что их постушение сюда осуществляется весьма низкими темпами из Святоносского района.

Центральный район. Наибольший интерес вызывает происхождение массовых залежей ракуши северо-восточнее мысов Святой Нос и Большой Городецкой, поскольку они имеют промышленное значение. Согласно Дж.Л.Уилсону (1980) карбонатные осадки преимущественно аутигенны. Тем не менее известны богатые залежи ракуши, достоверно имеющие аллотигенное происхождение (россыпь раковин двустворок залива Факсафлюи и скопления раковин кардиумов Азовского моря). Нам длительная транспортировка биогенных обломков представляется весьма реальной, поскольку скорости придонных течений в Святоносском районе превышают критические скорости ракуши в 3-4 раза и более. Аллотигенный характер скоплений убедительно доказывает и выделенная графоаналитически отчетливая тенденция снижения медианного диаметра ракуши с удалением от берега Кольского п-ова (Алексеев, 1979 а). При этом фиксируются источники биогенного питания в районе мысов Святой Нос и Большой Городецкой, а также периферия ореола рассеивания к северо-востоку от побережья. Постоянная β , (Гончаров, 1962),

характеризующая относительную потерю веса зерна на единице пути транспортировки, составила 0,0057-0,0065. Напомним, что экспериментальное значение β , составило 0,0015. Вероятно, подобное различие обусловлено высокой вариабельностью факторов внешнего воздействия, контролирующих миграцию биогенных наносов, что ограничивает возможность их моделирования. Кроме того, в естественных условиях весьма существенен процесс растворения карбонатного вещества, наиболее интенсивный на заключительных стадиях транспортировки с увеличением удельной поверхности бентогенных частиц. Поэтому, рассчитанное на основе конкретных величин Md значение β , выступает в качестве стандартной характеристики в целом для региона.

В то же время в пределах массовых залежей ракуши существуют местные поселения баянусов. Их развитию здесь способствуют обилие фитопланктона и широкое распространение процессов вертикальной циркуляции, обогащающей поверхностные слои дна биогенными элементами. Тем самым определяется возможность развития аутигенных бентогенных компонентов в составе россыпи. Отметим, однако, что находки хорошо сохранившихся домиков и фрагментов баянусов здесь крайне редки.

Можно предположить, что на достаточно длительном (не менее 2 тыс. лет) этапе в Святоносском районе процесс карбонатонакопления шел двумя путями - аллютигенным и аутигенным. В результате этого сформировались АУТИГЕННО-АЛЛЮТИГЕННЫЕ (СМЕШАННЫЕ) МАССОВЫЕ скопления ракуши. Аутигенные компоненты образовались по отмиранию баянусов и моллюсков вблизи их поселений. С другой стороны, мощными приливо-отливными и выносными течениями осуществлялся привнос карбонатного материала из богатых биосеносов побережья. Их концентрированию в промышленные скопления способствует развитие в 10-15 км мористее источников биогенного сноса двух зон циркуляционных потоков. Центробежный вынос мелких фракций с их дальнейшей транспортировкой в струе Беломорского сточного течения определяет развитие ореола рассеивания на расстоянии свыше 100 км в северо-восточном направлении - АЛЛЮТИГЕННЫЕ РАССЕЯНИЕ бентогенные отложения.

Краткие рекомендации к освоению залежи. По своим показателям рассмотренные бентогенные скопления весьма перспективны с практических позиций. Согласно Т.В. Яковлевой и В.И. Гу-

ревичу (1974) условные геологические ресурсы ракуши составляют не менее 260 млн.т., а её химический состав удовлетворяет требованиям ТУ к крупе ракушечной кормовой. В этой связи отметим, что по данным экспедиционных работ ПГО "Севморгеология" мощность залежи на ряде участков достигает 3,5м, и почти повсеместно составляет не менее 1 м. Соответственно ресурсы карбонатного сырья превысят указанное выше значение, рассчитанное, исходя из глубины опробования дночерпателем "Океан".

Добыча ракуши может эффективно проводиться эрлифтным или черпательным способами. Так, в заливе Факсафлоуи при разработке залежей раковин методом гидравлического отсоса трубами диаметром около 60 см поднимается 200 т/час карбонатного материала. К достоинствам аналогичных россыпей следует отнести отсутствие вскрышных работ, доставку дешевым морским транспортом и возможность их естественной регенерации. Напомним также, что участки богатых скоплений "бальянуши" представляют собой фактически безжизненную подводную пустыню и удалены от основных биоценозов донных гидробионтов. В процессе обогащения ракуши на борту судна при рабочей глубине 30 м песчаный наполнитель россыпи (не являющийся чем-то чужеродным, привнесенным извне) оседает на дно не далее чем в полукилометре от места добычи, т.е., не выйдет за пределы разрабатываемой танатоценотической залежи. На основании совокупности имеющихся данных можно сделать вывод, что возможная добыча ракуши в Святоносском районе не окажет отрицательного влияния на существование донных сообществ и экосистему в целом. Освоение же уникальной россыпи явится весомым вкладом в минерально-сырьевую базу страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения бентогенных отложений Воронки Белого моря с целью выяснения закономерностей формирования промышленных концентраций ракуши нами решены следующие вопросы:

1. Установлены состав и распределение источников биогенного питания. В качестве одного из источников питания залежей массового характера выделены биоценозы бальянусов прибрежья. В пределах россыпи, кроме того, в условиях активного вертикального водообмена существуют местные колонии бальяну-

сов. Популяции двустворок распространены повсеместно на илисто-песчаных донных осадках и связаны с соответствующими аутигенными бентогенными образованиями.

2. Выявлены особенности динамики транспортировки и осадения бентогенных компонентов. Доказана высокая мобильность материала ракушечных скоплений. Граничные условия выноса карбонатных объектов из биоценозов регулируются кратковременными пульсациями активности придонного слоя. Перенос обломков баянусов возможен при скоростях течений 0,4–0,6 м/с, степень их инертности возрастает при соизмеримости с субстратом дна. Осаждение наиболее типичных в россыпях фрагментов размером 5–10 мм оптимально при скоростях порядка 0,3–0,4 м/с, чему отвечают локальные участки диссипации энергии в сильно расчлененных районах и над понижениями донного рельефа. Раковины двустворок захороняются в непосредственной близости от исходных колоний.

3. Выяснены основные закономерности образования промышленных скоплений ракуши. На достаточно длительном (не менее 2 тыс. лет) этапе формирования массовых залежей ракуши происходило в регионе аллотигенным и аутигенным способами. Аутигенная компонента образуется из местных колоний баянусов по их отмиранию. Аллотигенная составляющая обеспечивается привнесением карбонатного материала из прибрежных биоценозов мощными (скорости до 1,5 м/с и более) приливо-отливными и выносными течениями. Развитию промышленных бентогенных концентраций способствуют обилие карбонатообразующих донных организмов, высокая расчлененность донного рельефа, низкие показатели твердого стока и наличие областей циркуляционных движений водных масс.

С П И С О К

опубликованных работ по теме диссертации

1. Алексеев В.В. К определению гидравлической крупности ракуши Баренцева и Белого морей. – В кн.: Донные отложения и биогеоценозы Баренцева и Белого морей. Апатиты, 1974, с. 23–30.

2. Алексеев В.В. К суточной динамике ракушечных образований. – В кн.: Тезисы докладов научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А. Русанова (1875–1975). Мурманск, 1975, с. 21–23.

3. Алексеев В.В. Некоторые аспекты динамики биогенных образований в современных осадках. - В кн.: Природные условия и естественные ресурсы северных морей. Л., изд. СФГО СССР, 1977, с.33-38.

4. Алексеев В.В., Яковлева Т.В. К формированию биогенных карбонатных скоплений в Воронке Белого моря. - Литология и полезные ископаемые, №3, 1978, с.121-123.

5. Алексеев В.В., Яковлева Т.В. Аутигенные и аллотигенные карбонатные танатоценозы на Восточном Мурмане и в Воронке Белого моря. - В кн.: Вопросы литологии донных отложений Баренцева и Белого морей. Апатиты, 1979, с.11-25.

6. Алексеев В.В. Некоторые вопросы транспортировки биогенных карбонатных компонентов в Воронке Белого моря. - Океанология, т. XIX, вып.6, 1979 а, с.1079-1081.

7. Алексеев В.В. К определению критических скоростей компонентов биогенных россыпей. - В кн.: Вопросы литологии донных отложений Баренцева и Белого морей. Апатиты, 1979 б, с.25-31.

8. Алексеев В.В. Экспериментальное изучение процесса транспортировки биогенных карбонатных компонентов. - Литология и полезные ископаемые, №1, 1980, с.140-142.

9. Алексеев В.В. Формирование водорослевых концентраций в пляжевых отложениях Восточного Мурмана. - В кн.: Подводные биологические исследования. Апатиты, 1982, с.29-35.

10. Гуревич В.И., Алексеев В.В. О литодинамической эквивалентности компонентов морских танатоценозов. - В кн.: Литодинамика шельфовых зон в связи с проблемой россыпеобразования. Л., 1976, с.33-34.

ГОЛОЦЕНОВОЕ БЕНТОГЕННОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ
В ВОРОНКЕ БЕЛОГО МОРЯ

Технический редактор В.А.Ганичев

Подписано к печати 13.12.83. ПН - 06678.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 1.4. Уч.-изд.л. 1.01. Тираж 100 экз. Заказ № 380
Бесплатно.

Ордена Ленина Кольский филиал им.С.М.Кирова АН СССР
184200, Мурманская область, Апатиты, Ферсмана, 14

Бесплатно

