

УДК 551.463.8

Н. И. Мещеряков, Г. А. Тарасов

Осадкообразование и литологическое строение приповерхностной осадочной толщи в приустьевой отмели р. Грёндален (залив Грён-фьорд)

N. I. Meshcheryakov, G. A. Tarasov

Sedimentation and lithological structure of the surface sedimentary strata in the shallow estuary of the River Grendalen (Gren-fjord)

Аннотация. В статье представлены результаты исследований приустьевой отмели р. Грёндален (залив Грён-фьорд). В основу статьи положены материалы полевых работ, выполненных в 2014 г. Произведены эхолотное обследование акватории, отбор проб ударной грунтовой трубкой, зондирование термохалинной составляющей, определение количества взвеси в поверхностном слое воды. Выполнен гранулометрический анализ образцов рыхлых отложений. По данным эхолотной съемки построена батиметрическая модель исследуемой зоны. Также построена схема распределения взвеси в устьевой зоне р. Грёндален и прилегающей акватории. Проанализированы факторы, оказавшие влияние на перемещение наносов и становление современного субаквального ландшафта в данном регионе.

Abstract. This paper presents the results of studies of the River Grendalen estuary shallow (Gren-fjord). It is based on materials of the field work carried out in 2014. The waters sonar research, sampling in the intertidal zone, selection of ground shock tube samples, sensing by thermohaline component, determining the amount of particulate matter in the surface water have been produced. The granulometric analysis of samples of loose deposits has been made. According to the sonar data the bathymetric model of the study area has been built. The scheme of distribution of suspended matter in the estuarial area of the River Grendalen and adjacent waters has been made. The factors influenced the movement of sediment and the formation of the modern subaqueous landscape in the region have been analyzed.

Ключевые слова: Грёндален, взвесь, осадконакопление, береговая зона, залив, терраса, гранулометрический состав.
Key words: Grendalen, suspension, sedimentation, coastal zone, gulf, terrace, granulometric composition.

Введение

Изучение процессов осадконакопления в устьевой зоне морей имеет важное значение для понимания глобальных процессов круговорота веществ и энергии. В областях смешивания речных и морских вод биологические, химические, седиментационные процессы протекают ускоренно [1]. В высоких широтах Арктики речной сток неравномерен, и его активность определяется главным образом летним периодом. Твердый сток рек также связан коротким летним сезоном, поставкой терригенного взвешенного вещества в результате таяния вечной мерзлоты и продуктов эрозии. Из литературы известно [2–6], что при мутности водотока 1–5 г/л скорость осадконакопления в конечном водоеме может составлять 0,1–3 м в год. Высокие скорости накопления осадков и формирование мощных толщ осадков на той или иной территории напрямую зависят от близости к источнику поступления осадочного материала. В этой связи большой интерес представляет устьевая зона Грёндален залива Грён-фьорд (о. Западный Шпицберген). Его водосборная площадь тесно связана с ледниками (Тавле и Тунге) и речным стоком ледникового питания (р. Грёндален), а своеобразный субаквальный рельеф и гидродинамический режим залива способствуют развитию в устьевом взморье сверхскоростных темпов седиментации водно-ледниковых отложений.

Район исследований

Полевые работы проводились в заливе Грён-фьорд в период экспедиции с 25.06.2014 г. по 27.07.2014 г. (рис. 1). Район исследований охватывает устьевую зону р. Грёндален и примыкающую к ней акваторию залива (2 км²), которая представлена обширным мелководьем (рис. 1, в). Здесь амплитуда прилива составляет 1,2 м. Во время отлива береговая полоса широко осушается, формируя зону литорали шириной до 800 м. На границе литоральной и sublиторальной зоны простираются гравийно-песчаные косы [7]. В устьевой зоне р. Грёндален наблюдается разветвленная сеть желобов речного стока. Их положение часто меняется от года к году. Многорукавная дельта выдвинута в залив на несколько десятков метров. Она протягивается более чем на 1 км и насыщена взвешенным веществом во всех рукавах. Распределение осадков в рукавах неравномерное. Мутность воды р. Грёндален в летний сезон варьируется от 0,37 до 6,7 г/л, расход наносов

от 6 до 24 кг/сек [8]. Географические, климатические, морфометрические характеристики, а также особенности дисперсного состава донных отложений залива известны из ранних публикаций [9–12].

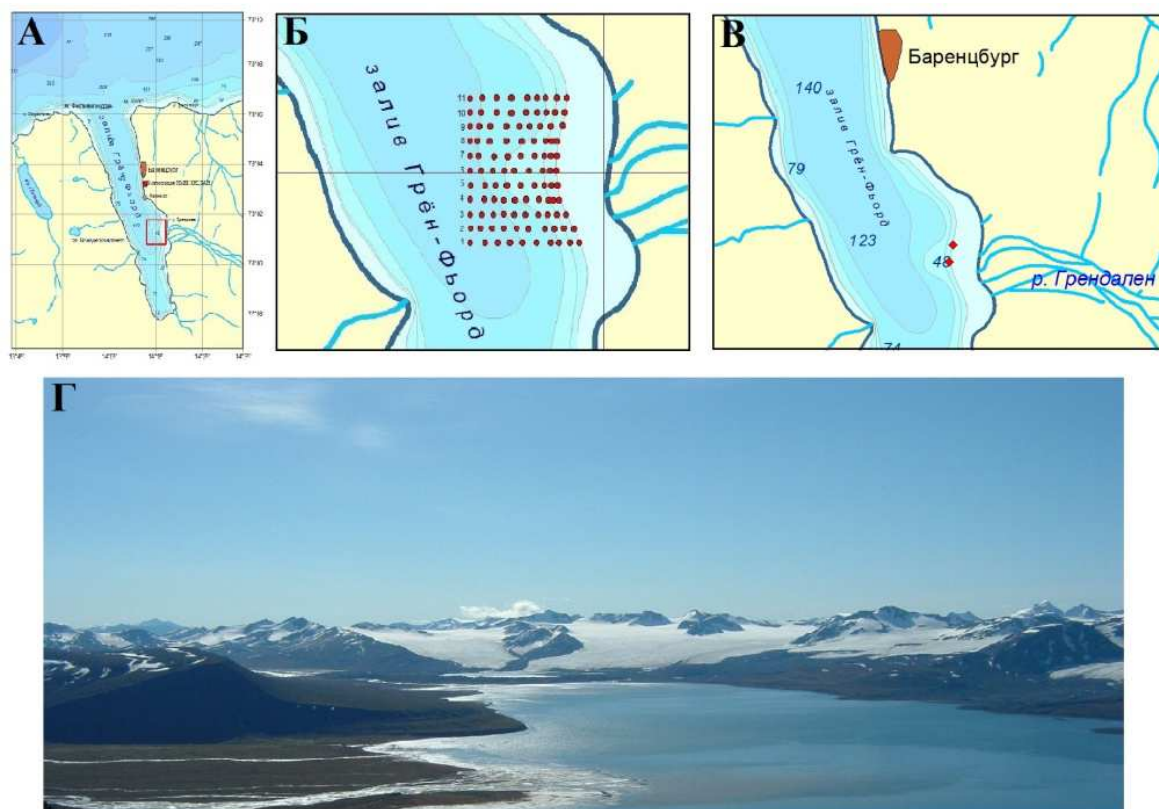


Рис. 1. Схема района работ (а), галсы и точки промеров (б), точки отбора колонок (в), вид береговой зоны устья р. Грёндален с запада на восток (г)

Методы исследований

С целью изучения геоморфологических особенностей рельефа дна была проведена эхолотная съемка местности при помощи эхолота Humminbird 688 ci HD, координаты точек позиционировались с использованием GPS. Полученные результаты обрабатывались при помощи программы Surfer-11. Для графического изображения рельефа дна использовался минимальный уровень воды (0.0 м). По полученным данным была построена батиметрическая схема-модель устьевой зоны р. Грёндален и прилегающей к ней акватории залива Грёнфьорд (рис. 2). Для построения батиметрической схемы использовались 11 галсов, расстояние между ними – 180 м (рис. 1, б). На каждый галс приходилось 9–10 контрольных точек, где измерялась глубина. В общей сложности были выполнены замеры глубин на 104 контрольных точках. Количество контрольных точек на каждом галсе и расстояние между ними выбирались в зависимости от геоморфологических особенностей дна. В ходе работ отбирались пробы поверхностного слоя воды для определения мутности, отбору проб сопутствовали замеры температуры и солености водной толщи зондом CTD-48M (Sea&Sun Technology, Германия) (рис. 3). Для отбора проб приповерхностных донных осадков применялась нержавеющая металлическая трубка диаметром 120 мм, которая внедрялась в грунт путем ручного ударного воздействия (рис. 4). В полевых условиях проводилось визуальное описание кернового материала, а в условиях лаборатории – гранулометрический анализ проб отложений с выделением фракций: >2; 2–1,5; 1,5–1; 1–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1; 0,1–0,05; <0,05 мм (табл. 1, 2). Также были определены квартильные коэффициенты: S_0 – коэффициент сортировки, S_k – коэффициент асимметрии и C_u – коэффициент однородности грунта.

Результаты исследований

Батиметрия. Результаты проведения промерных работ показали, что в пределах метровой изобаты расположена аллювиально-морская терраса, которая заканчивается гравийно-песчаными косами. Мористее глубина увеличивается до 40 м, затем подводный склон становится более пологим. Следует отметить, что не везде выполаживание происходит одинаково. Так, в центральной части района в пределах глубин от 40 до 60 м в рельефе дна выделяется слабонаклонная площадка (уклон 3–4°). Она протягивается с востока на запад на 300 м, а с севера на юг – на 200 м. В центре и ближе к северо-западной бровке района в рельефе дна террасы выделяются небольшие положительные формы – возвышенности высотой до 10 м. В южной части района, после аллювиально-морской террасы и песчаных кос, глубины увеличиваются до 65 м.

В дальнейшем крутизна склона падает в 2–3 раза. Глубины возрастают равномерно, на каждые 100 м удаления от берега они увеличиваются в среднем на 12 м. Так продолжается до максимальной глубины, равной 132 м. В северной части района также наблюдается относительное увеличение глубин, но уже до 50 м. Далее подводный склон выполаживается, глубины увеличиваются равномерно, в среднем с удалением на каждые 100 м глубины увеличиваются на 7 м. Это просматривается по поперечному профилю в данном районе залива вплоть до максимальной глубины (112 м).

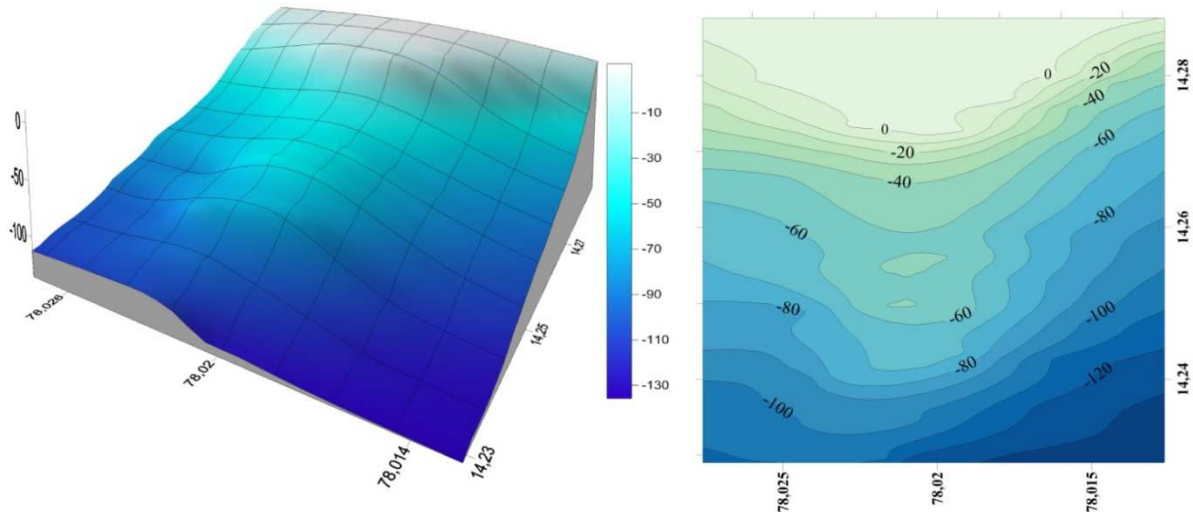


Рис. 2. Батиметрическая модель устьевой зоны р. Грёндален и прилегающая к ней акватория залива Грён-фьорд

Взвесь и термохалинная структура. С удалением от береговой черты количество взвешенного терригенного материала в поверхностном слое воды существенно отличается (рис. 3), т. е. его содержание падает более чем в 7 раз. В непосредственной близости к берегу в момент наших исследований оно составляло 770 мг/л. При удалении на 200 и 400 м мористее количество взвеси уменьшается до 160 и 100 мг/л соответственно. На расстоянии 600–800 м от авандельты мутность поверхностного слоя воды составляла около 30 мг/л. При дальнейшем удалении количество взвеси в верхнем слое воды не превышало 10 мг/л.

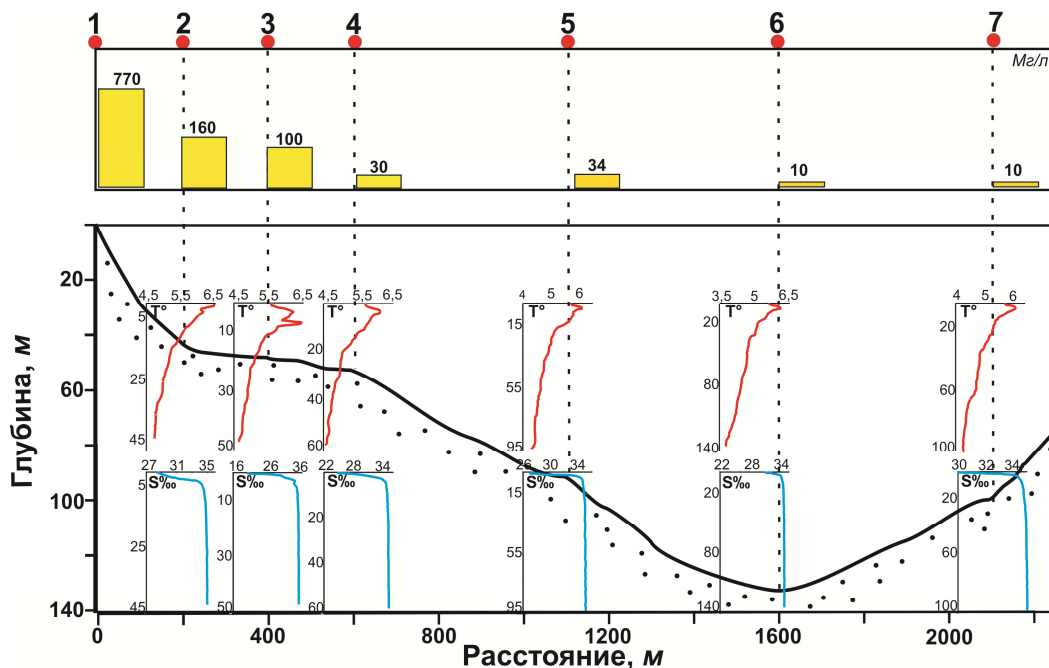


Рис. 3. Распределение взвеси и термохалинная составляющая водного столба по поперечному профилю залива на траверзе р. Грёндален

Термохалинная структура водной толщи в период наших исследований была неоднородной, что свидетельствует об активном перемешивании морских и речных вод. Температура находилась в пределах

6,5 °С (на поверхности) и 3,8 °С (в придонном слое). Водная толща по своей солености составляла 4 ‰ (распресненные водные массы в устье реки) и 35,1 ‰ (глубже 5 м). В толще воды выделялся поверхностный прогретый и распресненный слой мощностью 3 м с характерными показателями температуры и солености. Температура этого слоя была в пределах 5,5–6,5 °С, соленость поверхности – 16–27 ‰. Следует отметить, что в верхнем слое воды соленость менялась по профилю неравномерно. В непосредственной близости к устью реки (станция 1) соленость составляла 4 ‰, далее 27 ‰ (станция 2), станция 3 – 16 ‰, станция 4 – 22 ‰, станция 5 – 26 ‰, станции 6 и 7 – 30 ‰ (рис. 3). Полученные результаты позволяют сделать предположение о существенном влиянии ветров западных румбов на процессы перемещения поверхностных водных масс в данном районе залива.

Литологическое строение рыхлой толщи. Вскрытая мощность разрезов А и Б составила 104 и 98 см соответственно. Важно отметить, что в разрезе колонки отложения имеют слоистую структуру. Слои отличаются друг от друга по мощности, цвету, плотности, плоскости залегания, контакту с выше- и нижележащими горизонтами, гранулометрическому составу, содержанию в своей структуре органики и различного рода примазок, степенью окатанности слагающих зерен.

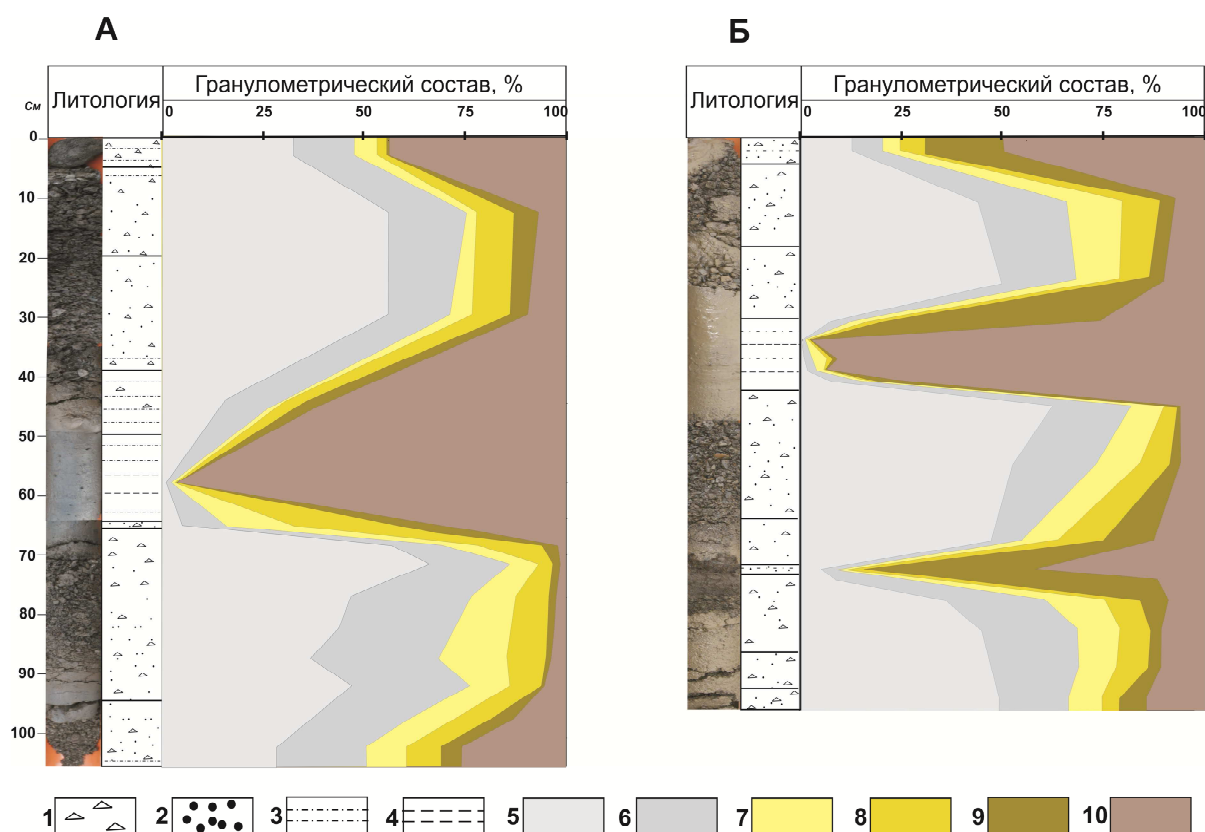


Рис. 4. Литологический состав разреза колонок А и Б: 1 – галька, гравий; 2 – разноразмерный песок; 3 – ил; 4 – глина; 5 – >2,0; 6 – 2,0–1,0; 7 – 1,0–0,5; 8 – 0,5–0,25; 9 – 0,25–0,1; 10 – <0,1

Колонка А. Отобрана на литорали в устьевой зоне р. Грёндален (N 78.02314, E 014.27755), южнее бухты Ларвика, на северной оконечности простирающихся здесь песчаных кос. В разрезе керна отчетливо просматриваются три пакки отложений (рис. 4), чередование галечно-гравийных прослоек с илесто-глинистыми.

Таблица 1

Гранулометрический состав отложений колонки А, %

Номер слоя	Интервал колонки, см	>2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	<0,05	S_o	S_k	C_u
1	0–4	31,2	15,1	5,2	2,9	2,1	2,5	41,0	100	0,2	160
2	4–20 (10–15)*	56,9	16,7	7,2	6,0	3,4	2,0	7,8	5,2	0,54	21
3	20–39 (25–30)	55,0	14	7,8	8,0	4,5	3,3	7,4	6,71	0,52	35
4	39–50 (42–47)	15,7	10	4,2	4,1	4,3	5,8	55,9	5,0	1,9	7
5	50–64 (57–62)	0,6	0,3	0,4	1,1	1,5	8,0	88,1	3,1	0,8	4
6	64–65	4,7	9,6	16,2	36,6	10,8	2,0	20,1	4,74	0,38	32
7	65–94 (65–69) створка	55,4	12,9	9,0	14,7	4,2	0,9	2,9	6,4	0,49	16

8	65–94 (69–75)	65,9	19,1	6,6	4,8	1,1	0,3	2,1	2,63	1,05	5,7
9	65–94 (75–81)	46,8	27,6	12,2	7,5	1,8	0,7	3,4	4,9	1,1	6,25
10	65–94 (81–84)	43	28,4	14,0	8,9	1,5	0,6	3,6	4,4	0,99	8,3
11	65–94 (84–89)	38,0	29,2	15,9	10,1	2,0	1,3	3,5	6,5	0,81	5
12	65–94 (89–94)	46,8 (2–3)	27,1 (1–2)	10,7 (3)	5,3	2,4	1,7	6,0	4,4	1,1	14,5
13	95–97,3	36,3	22,9	11,2	9,7	4,7	3,0	12,2	5	0,03	47
14	97,3–104	27,7	21,7	9,6	8,3	4,9	3,4	24,4	13,4	0,02	160

Примечание. * – гранулометрический состав отложений выполнен из интервала колонки, указанного в скобках.

Горизонт 0–4 см. Цвет серый. Плотный. Гравийный материал с равной долей алеврито-пелитового матрикса. Слой представлен слабо сортированным, неоднородным составом. Преобладают фракции крупнее $md = 0,55$ мм. Окатанность гравийных зерен 2–3 балла. Форма зерен чешуйчатообразная.

Горизонт 4–39 см. Цвет серый. Рыхлый гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка. Контакт с нижним слоем четкий. Гравийно-галечный материал представлен мелкой галькой и гравием различной размерности. В песчаной фракции преобладают частицы крупнее $md = 2,6$ мм. Степень окатанности гравийно-галечного материала 2–3 балла. Форма зерен чешуйчатообразная, редко – шарообразная. Окатанность крупного песка средняя.

Горизонт 39–50 см. Алеврито-пелитовый материал с включениями гравия и разнозернистого песка. Слой является переходным от вышележащего к нижележащему. Цвет серый. Плотный. Контакт с нижним слоем ровный, четкий. Горизонт сложен слабосортированным неоднородным материалом. Преобладают частицы осадка мельче $md = 0,4$ мм. Гравийная фракция в слое выступает в виде примеси, представлена в основном мелким и средним гравием. Зерна продолговатой формы, редко – округлой. Степень окатанности 3–4 балла.

Горизонт 50–64 см. Цвет серый, неоднородный, местами просматриваются примазки черного цвета. Сильно уплотнен, пластичный. Граница с нижележащим слоем ровная, нечеткая. Горизонт представлен алеврито-пелитовым материалом с редкими включениями зерен более крупных фракций. Преобладают частицы крупнее $md = 0,026$ мм. Для горизонта характерна микрослоистость, обогащенность органикой. На глубине 44–47 см обнаружены трубки червей.

Горизонт 64–65 см. Слабосортированный разнозернистый песок с примесью алеврито-пелитовых частиц, с включениями гравийных фракций, плотный. Контакт с нижележащим слоем четкий, ровный. Преобладают частицы крупнее $md = 0,7$ мм. Преобладает средний песок. Гравийная фракция представлена плохо окатанным мелким гравием вытянутой формы. Расположение зерен гравия хаотичное, контакт между зернами практически отсутствует.

Горизонт 65–75 см. Цвет серый, с примесью коричневых оттенков. Слой рыхлый. Контакт с нижележащим слоем четкий, ровный. Гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка. Преобладает фракция мелкой гальки, а в песчаной фракции – крупный и средний песок. Степень окатанности песчаных зерен колеблется от 2 до 3 баллов. Зерна имеют продолговатую, уплощенную, угловатую форму. Степень окатанности зерен различная (0–4). С глубиной происходит существенное смещение моды в крупнозернистую часть, преобладают частицы крупнее $md = 2,7$ мм.

Горизонт 75–94 см. Цвет серый, с примесью коричневых оттенков. Слой рыхлый. Гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка. Материал представлен в основном мелкой галькой и гравием различной размерности (от мелкого до крупного). Среди фракций песка преобладает крупный песок. Выделяются несколько прослоек. Зерна гравия соприкасаются друг с другом, располагаются черепичным перекрытием в горизонте. Хорошо сгружены.

Горизонт 94–97,3 см. Цвет однородный, серый. Сильно уплотнен. Контакт с нижележащим слоем нечеткий, ровный. Гравийно-песчаный материал с примесью алеврито-пелитовых частиц. Слой сложен слабо сортированным материалом. Фракция гравия представлена исключительно мелким гравием, а во фракции песка – крупный песок. С глубиной размер гравийных зерен увеличивается до крупного. Окатанность зерен гравия – 2–3, местами 4 балла, форма уплощенная и вытянутая (чешуйчатообразная). Крупные частицы располагаются горизонтально, изредка контактируя между собой.

Горизонт 97,3–104 см. Цвет серый, с примесью оттенков коричневого. Структура плотная. Контакт с нижележащим слоем нечеткий. Гравийно-песчаный материал с примесью алеврито-пелитовых частиц. Слой сложен слабосортированным материалом. Преобладают более крупные фракции, крупнее $md = 0,9$ мм. Гравийная фракция представлена мелким гравием. Среди фракций песка преобладает крупный песок. Степень окатанности зерен среднего гравия – 2–3, мелкого – 1–2 балла. Окатанность фракции крупного песка – 2 балла.

Колонка Б. Отобрана на литорали в устьевой зоне р. Грёндален (N 78.01968; E 014.27355) в районе крупной косы (рис. 1). В разрезе керна просматривается шесть пачек отложений (рис. 5). Наблюдается

чередование илесто-глинистых слоев с гравийно-галечными, а также слоями, сложенными преимущественно разнозернистым песком. Вскрытая мощность отложений 98 см.

Таблица 2

Гранулометрический состав отложений колонки Б, %

Номер слоя	Интервал колонки, см	>2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05	S ₀	S _к	C _u
1	0-3	13,0	7,2	2,9	7,1	20,3	14,5	35,0	11,25	1,5	12
2	3-18 (8-13)*	44,4	23,8	12,1	9,6	3,5	0,9	5,7	5,53	1,01	10
3	18-30,5 (26-31)	50,6	18,8	10,3	7,6	2,8	1,2	8,7	6,14	0,75	27,3
4	30,5-32,5	8,8	4,9	2,6	3,5	5,4	15,1	59,7	4,5	1,7	3,8
5	32,5-37,5	0,4	0,2	0,1	0	2,1	33,7	63,5	3	0,4	4,4
6	37,5-38,5	0,9	1,1	0,3	3,5	3,3	38,9	52,0	3,2	0,8	6
7	38,5-41	1,4	1,6	0,7	0,8	1,9	8,7	84,9	2,25	0,82	3,8
8	41-42	8,3	6,4 (3)	2,1	2,2	8,1	13,1	59,8	6	2,3	5
9	42-64 (42-48)	63,4	20	7,3	4,0	2,2	0,9	2,2	3,25	0,86	8
10	42-64 (53-58)	53,8	21,6	9,2	6,3	3,6	1,5	4,0	4,9	0,5	12,4
11	64-71	43,7	12,8	7,3	12,3	12,8	5,8	5,3	15	0,46	30,5
12	71-73	4,4	3,2	2,3	6,2	41,8	28,8	13,3	4	0,78	5
13	73-75	8,8	9,1 (3)	9,5	26,8	34,9	4,8	6,1	4	1,1	3,75
14	75-79	36,8	24,6	13,7	9,5	7,6	2,6	5,2	7	0,68	13,3
15	79-86	46,1	22,9	10,7	7,8	3,0	1,4	8,1	5,1	0,82	26,4
16	86-91,5	48,4	21,6	9,6	7,5	2,7	1,3	8,6	5,1	0,82	26,4
17	91,5-98	50	17,3	9	7,6	3,4	1,1	11,6	6,8	1,23	72,5

Примечание. * – гранулометрический состав отложений выполнен из интервала колонки, указанного в скобках.

Горизонт 0-3 см. Цвет светло-серый. Плотная алеврито-пелитовая пачка с включениями разнозернистого песка и гравия. Гравийная фракция представлена мелким гравием, окатанность – 4 балла. Среди фракций песка преобладают зерна мелкого песка. Окатанность крупного песка – 3 балла. Зерна гравия располагаются хаотично. Преобладают зерна крупнее медианы $md = 0,11$ мм.

Горизонт 3-18 см. Цвет темно-серый. Рыхлый. гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка. Преобладает мелкая галька, среди фракций песка – зерна крупного песка. Гравий и крупный песок имеют более высокую степень окатанности (3-4 балла). Зерна гравия чешуйчатообразные, располагаются черепичным перекрытием. Преобладает размерность зерен крупнее $md = 1,75$ мм.

Горизонт 18-30,5 см. Цвет светло-серый. Рыхлый гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка. Преобладают размерности мелкой гальки и гравия, среди песка – зерна крупного песка. Горизонт сложен слабосортированным, неоднородным материалом. Преобладают фракции крупнее медианы $md = 2$ мм. Степень окатанности гравия колеблется от 3 до 4, гальки – 1-2 балла.

Горизонт 30,5-32,5 см. Цвет серый. Плотный. Граница с нижележащим слоем ровная, четкая. Слой является переходным от глины к более крупным фракциям. Преобладают фракции мельче медианы $md = 0,04$ мм. Состоит из алеврита на 59,7 %. Доля хорошо окатанного гравия (4) возрастает до 8,8 %, доля разнозернистого тонкого песка – до 31,5 %.

Горизонт 32,5-42 см. Цвет светло-серый. Плотный. Слой состоит из илесто-глинистых прослоек, имеет различия по цвету, мощности, плоскости залегания и гранулометрическому составу.

Прослойки 32,5-37,5 см. Алеврито-пелитовый материал. Преобладает крупный алеврит ($md = 0,38$ мм). Граница с нижележащим слоем четкая, ровная.

Прослойки 37,5-38,5 см. Цвет темно-серый. Плотный алеврито-пелитовый материал. Граница с нижележащим подслоем четкая, ровная. Горизонт сложен среднесортированным материалом, преобладают фракции крупнее $md = 0,05$ мм. Содержание алеврита составляет 52 %.

Прослойки 38,5-41 см. Цвет светло-серый. Контакт с нижележащим слоем четкий, ровный. Плотный алеврито-пелитовый материал. Преобладают фракции крупнее $md = 0,33$ мм. В подслое прослеживаются редкие хорошо окатанные зерна мелкого гравия (4 балла). Зерна чешуйчатообразной формы, расположение хаотичное.

Прослойки 41-42 см. Темно-серый слой глины с примазками бурого цвета (0,3 см). Поверхность бурого цвета. Граница с нижележащим слоем четкая, ровная. Алеврито-пелитовый материал с примесью разнозернистого песка и включениями гравийного материала. Состоит из слабосортированного материала. Существенно преобладают фракции крупнее $md = 0,04$ мм. Гравийная фракция представлена мелким

и средним гравием, окатанность их варьируется от 2 до 3 баллов. Среди фракций песка преобладает мелкий песок. Зерна гравия располагаются хаотично.

Горизонт 42–64 см. Цвет серый. Контакт с нижним слоем четкий. Слой рыхлый. Гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка, представлен мелкой и средней галькой. Преобладает фракция крупного песка. Зерна гравия окатаны хорошо (3–4 балла). Зерна средней гальки представлены угловатыми обломками пород. Расположение зерен хаотичное, частицы соприкасаются между собой. Верхняя часть горизонта представлена слабосортированным материалом. В составе преобладают фракции крупнее медианы $md = 2,5$ мм. Нижняя часть горизонта имеет среднюю сортировку. Преобладают фракции крупнее $md = 3,25$ мм.

Горизонт 64–71 см. Цвет темно-серый. Контакт с нижним слоем нечеткий. Слой плотный. Горизонт сложен плохо сортированным материалом. Преобладают фракции крупнее медианы $md = 1,7$ мм. Гравелистый песок, близкий к гравийному грунту. Состоит из хорошо окатанного гравия (3–4) и мелкой гальки (2–4 балла) до 43,7 %. Зерна гравия перекрывают друг друга горизонтально. Габитус зерен гравия чешуйчатообразный. Зерна мелкой гальки вклиниваются в структуру горизонта хаотично.

Горизонт 71–73 см. Цвет светло-серый, граница с нижележащим слоем ровная. Слой плотный. Для слоя характерна слоистая структура. Горизонты черно-серого оттенка перекрывают более светлые (светло-серые слои). Горизонт сложен неоднородным материалом средней сортировки. Песок с большой долей алеврито-пелитового материала и включениями гравия. Гравийная фракция представлена мелким гравием, среди фракций песка преобладает мелкий песок. Зерна гравия располагаются хаотично, не соприкасаясь между собой. Форма зерен вытянутая, уплощенная.

Горизонт 73–75 см. Цвет черный с серыми оттенками. Слой плотный. Граница с нижележащим слоем четкая. Слой сложен среднесортированным материалом. Разнозернистый песок с включениями гравия и примесью алеврито-пелитовых частиц. Гравийная фракция представлена мелким гравием, среди фракций песка преобладает мелкий песок. Зерна гравия имеют высокую степень окатанности (4 балла). Форма зерен чешуйчатообразная.

Горизонт 75–91,5 см. Цвет однородный, серый. Гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка и алеврито-пелитовых частиц. Среди обломочных частиц преобладают зерна мельче $md = 2$ мм, в нижней части слоя – мельче $md = 1,6$ мм. Гравийно-галечный материал представлен угловатой мелкой галькой и хорошо окатанным (3 балла) гравием различной размерности. Среди фракций песка преобладает крупный песок. Зерна гравия располагаются горизонтально, перекрывая друг друга черепичным строением. Зерна гравия имеют чешуйчатообразную форму.

Горизонт 91,5–98 см. Цвет однородный, серый. Контакт с нижележащим слоем нечеткий, горизонт практически сливается с нижележащим слоем. Гравийно-галечный материал с примесью разнозернистого песка и алеврито-пелитовых частиц. Преобладают зерна мельче $md = 2$ мм. Гравийно-галечный материал представлен плохо окатанной мелкой галькой (1) и хорошо окатанной (3 балла) гравийной фракцией различной размерности. Среди фракций песка преобладает крупный песок. Зерна гравия располагаются горизонтально, перекрывая друг друга черепичным строением. Зерна гравия имеют чешуйчатообразную форму.

Во всех горизонтах, за исключением горизонта 79–86 см, зерна гравия и гальки встречаются в перевернутом виде. В этом слое частицы гравия ориентированы горизонтально, параллельно друг к другу. Зерна с вертикальной ориентацией отсутствуют. Данная тенденция наблюдается с интервала 75 см. В целом для колонок характерна косоволнистая слоистость. Особенность залегания псафитового материала в слоях определяет потоковое движение воды. При этом хорошая сгруженность гравийно-галечных зерен и их горизонтальная ориентация в слоях является признаком потокового переноса материала. Наличие находящихся в горизонтах зерен, ориентированных вертикально, определяет бурность среды, в которой происходило осадконакопление.

Заключение

Таким образом, для устьевоего взморья характерно сезонное скоростное осадконакопление. По нашим наблюдениям, здесь самая высокая скорость накопления осадков в целом для залива Грэн-фьорд, что составляет в летний период порядка 2 кг/м^2 [6]. Это – "лавинная" поставка осадочного вещества речным стоком. В результате наших расчетов основное количество терригенного материала оседает в пределах литорали и сублиторали в пределах до 1000 м от устья реки. Наибольшая скорость накопления осадков характерна в полосе мелководья до 600 м, где в пределах солёности 3–5 ‰ обычно происходит осаждение основной массы (до 95 %) речной взвеси [1; 13]. В результате в районе работ в пределах изобаты 1 м сформировались аллювиально-морская терраса и гравийно-песчаные косы. Часть тонкодисперсного материала в виде шлейфа выносятся мористее. Направление и расстояние, на которое осуществляется перенос, зависит от преобладающего на данный момент направления ветра. Основные массы терригенного материала, вынесенные за границы мелководья, оседают в пределах 400 м. Дальнейшему их распространению препятствуют гидродинамическо-волновые процессы, преобладающие ветры северо-западного направления.

Изучив полученные керны, можно сделать вывод, что динамика и цикличность осадкообразования в данном бассейне тесно связаны с сезонными колебаниями, а также колебаниями климатических условий

в регионе в целом. Аккумуляция осадочного материала происходила в основном под действием различных волновых режимов. Проведенное исследование не является достаточным для создания общей схемы происходящих здесь литодинамических процессов, необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

Библиографический список

1. Лисицын А. П. Ледовая седиментация в Мировом океане. М. : Наука, 1994. 447 с.
2. Hoskin C. M., Burrell D. C. Sediment transport and accumulation in a fjord basin, Glacier Bay, Alaska // *J. Geol.* 1972. V. 80. P. 359–551.
3. Repp K. Breerosjon, glasio-hydrologi og materialtransport i et hmyarktisk miljg, Brdggerbreene, Vest-Spitsbergen. Unpub. Cand. Real. Thesis, University of Oslo. 1979. 136 p.
4. Elverhoi A., Liestøl O., Nagy J. Glacial erosion, sedimentation and micro fauna in the inner part of Kongsfjorden. Spitsbergen // *Norsk Polarinstitutt Skrifter.* 1980. N 172. P. 33–58.
5. Gilbert R. Contemporary sedimentary environments of Baffin Island, N.W.T., Canada: Glaciomarine processes in fjords of eastern Cumberland Peninsula // *Arctic and Alpine Research.* 1982. V. 14. P. 1–12.
6. Тарасов Г. А. Современное ледовое и ледниково-морское осадконакопление в условиях Западного Шпицбергена // *Арктика и Антарктика.* 2004. № 3 (37). С. 50–54.
7. Мещеряков Н. И. Накопление и перераспределение осадочного материала в устьевой зоне реки Грэндален (Западный Шпицберген) // *Вестник МГТУ.* 2013. Т. 16, № 3. С. 501–505.
8. Соловьянова И. Ю., Третьяков М. В. Наблюдение за стоком взвешенных наносов рек бассейна залива Грэн-фьорд // *Комплексные исследования Шпицбергена. Вып. 4. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2004. С. 230–236.*
9. Тарасов Г. А. К литологии фиордовых осадков Западного Шпицбергена // *Доклады АН СССР.* 1977. Т. 233, № 5. С. 944–947.
10. Тарасов Г. А. Особенности седиментологических исследований в Арктике // *Труды КНЦ РАН.* 2013. № 1 (14). С. 79–95.
11. Семенов А. В., Анциферова А. Р., Давыдов А. А. Климат Баренцбурга. Изменения основных характеристик за последние 40 лет (по данным наблюдений зональной гидрометобсерватории "Баренцбург") // *Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2002. С. 139–145.*
12. Многолетняя изменчивость ледового режима в заливе Грэн-фьорд (арх. Шпицберген) / Б. В. Иванов, Д. М. Журавский, П. Н. Священников, А. К. Павлов // *Комплексные исследования Шпицбергена. Вып. 10. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2010. С. 398–402.*
13. Milliman J. P., Dayle E. M. Biological uptake of dissolved silica in the Amazon River estuary // *Science.* 1975. V. 183. P. 395–557.

References

1. Lisitsyn A. P. Ledovaya sedimentatsiya v Mirovom okeane [Ice sedimentation in the World Ocean]. M. : Nauka, 1994. 447 p.
2. Hoskin C. M., Burrell D. C. Sediment transport and accumulation in a fjord basin, Glacier Bay, Alaska // *J. Geol.* 1972. V. 80. P. 359–551.
3. Repp K. Breerosjon, glasio-hydrologi og materialtransport i et hmyarktisk miljg, Brdggerbreene, Vest-Spitsbergen. Unpub. Cand. Real. Thesis, University of Oslo. 1979. 136 p.
4. Elverhoi A., Liestøl O., Nagy J. Glacial erosion, sedimentation and micro fauna in the inner part of Kongsfjorden. Spitsbergen // *Norsk Polarinstitutt Skrifter.* 1980. N 172. P. 33–58.
5. Gilbert R. Contemporary sedimentary environments of Baffin Island, N.W.T., Canada: Glaciomarine processes in fjords of eastern Cumberland Peninsula // *Arctic and Alpine Research.* 1982. V. 14. P. 1–12.
6. Tarasov G. A. Sovremennoe ledovoe i lednikovo-morskoe osadkonakoplenie v usloviyah Zapadnogo Shpitsbergena [The modern ice and glacial-marine sedimentation in Western Spitsbergen] // *Arktika i Antarktika.* 2004. N 3 (37). P. 50–54.
7. Mescheryakov N. I. Nakoplenie i pereraspredelenie osadochnogo materiala v ustevoy zone reki Gryondalen (Zapadniy Shpitsbergen) [Accumulation and redistribution of sediment material in the mouth zone of the River Grendalen (West Spitsbergen)] // *Vestnik MGTU.* 2013. V. 16, N 3. P. 501–505.
8. Solovyanova I. Yu., Tretyakov M. V. Nablyudenie za stokom vzveshennykh nanosov rek basseyna zaliva Gryon-ford [Monitoring the flow of suspended sediment of rivers of the Gren-Fjord] // *Kompleksnyye issledovaniya Shpitsbergena. Vyp. 4. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2004. P. 230–236.*
9. Tarasov G. A. K litologii fiordovykh osadkov Zapadnogo Shpitsbergena [On lithology of fjord sediments of Western Spitsbergen] // *Doklady AN SSSR.* 1977. V. 233, N 5. P. 944–947.
10. Tarasov G. A. Osobennosti sedimentologicheskikh issledovaniy v Arktike [Features of sedimentological studies in the Arctic] // *Trudy KNTs RAN.* 2013. N 1 (14). P. 79–95.
11. Semenov A. V., Antsiferova A. R., Davydov A. A. Klimat Barentsburga. Izmeneniya osnovnykh harakteristik za poslednie 40 let (po dannym nablyudeniy zonalnoy gidrometobseratorii "Barentsburg")

[Climate of Barentsburg. Changes to the basic characteristics of the last 40 years (according to observations of zonal hydromet observatory "Barentsburg")] // Kompleksnye issledovaniya prirody Shpitsbergena. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2002. P. 139–145.

12. Mnogoletnyaya izmenchivost ledovogo rezhima v zalive Gryon-ford (arh. Shpitsbergen) [Long-term variability of the ice regime in the gulf of Greenland fjord (archipelago Svalbard)] / B. V. Ivanov, D. M. Zhuravskiy, P. N. Svyaschennikov, A. K. Pavlov // Kompleksnye issledovaniya Shpitsbergena. Vyp. 10. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2010. P. 398–402.

13. Milliman J. P., Dayle E. M. Biological uptake of dissolved silica in the Amazon River estuary // Science. 1975. V. 183. P. 395–557.

Сведения об авторах

Мещеряков Никита Игоревич – Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, мл. науч. сотрудник; e-mail: meshcheriakov104@mail.ru

Meshcheryakov N. I. – Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Junior Researcher; e-mail: meshcheriakov104@mail.ru

Тарасов Геннадий Антипович – Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, д-р геол.-мин. наук, зав. лабораторией, профессор; e-mail: Tarasov@mmbi.info

Tarasov G. A. – Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Dr of Geol. & Miner. Sci., Head of Laboratory, Professor; e-mail: Tarasov@mmbi.info