

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Шамин Иван Андревич

Проблема ледникового и ледниково-морского осадконакопления на примере разрезов четвертичных отложений архипелага Шпицберген.

Магистерская диссертация

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:
к.г.н., Шарин В.В.

«__» _____ 2016

Заведующий кафедрой:
д.г.-м.н., к.х.н., проф. В.Ю. Кузнецов

«__» _____ 2016

Санкт-Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Природные условия	7
Глава 2. Обзор литературы и история изученности.....	23
2.1. История открытия и начальный этап изучения	23
2.2. Изучения четвертичных отложений зарубежными специалистами	23
2.3. Советский и российский этап исследований	29
Глава 3. Материалы и методы	31
Глава 4. Ледниковые и ледниково-морские отложения архипелага Шпицберген	32
4.1. Ледниково-морские отложения	32
4.2. Основные отличия ледниково-морских и ледниковых отложений	35
4.3. Морские террасы	36
Глава 5. Анализ и результаты	40
5.1. Четвертичные отложения бухты Дундер	40
5.2. Обзор опорных разрезов архипелага Шпицберген	44
5.2.1. Опорный разрез района долины Харбидален.....	44
5.2.2. Опорный разрез района равнины Профильстранда	49
5.2.3. Опорный разрез района Якобсенбухты	54
5.3. Шлихоминералогический анализ разрезов четвертичных отложений района бухты Петунья	57
5.4. Корреляция опорных разрезов архипелага Шпицберген.....	59
Заключение.....	60
Литература	62
Приложения	66

ВВЕДЕНИЕ

В результате так называемого глобального потепления, интерес к полярным областям Земли все больше и больше увеличивается со стороны ученых, занимающихся различными областями естественных наук. В последние годы проведено огромное количество исследований в Арктике и Антарктике, направленных на изучение современного состояния природы этих регионов, а также на реконструкцию истории ее развития в прошлом, с целью понять возможные сценарии развития в будущем.

Реконструкция ландшафтно-климатических вариации в течение четвертичной истории архипелага Шпицберген вызывает особый интерес, поскольку этот столь близкий к настоящему времени геологический период даёт предпосылки для оценки современных и будущих изменений условий природной среды этого полярного региона.

В ходе производственной практики, проходившей в районе бухта Петунья, а также в процессе обучения в университете г. Тромсё, который является одним из основных центров изучения природы архипелага Шпицберген, были собраны данные для настоящей работы. Неослабевающее внимание к проблеме ледникового и ледниково-морского осадконакопления на архипелаге Шпицберген, позволяет выявить новые черты его развития, даже несмотря на высокую геологическую изученность. Одной из актуальных задач настоящей работы является выявление критериев, идентификации отдельных генетических типов четвертичных отложений, установление их возраста, которое позволит реконструировать положение береговых линий в прошлом. Однако многие вопросы динамики накопления этих образований, фациального расчленения и отличия их мореноподобных фаций от морен еще слабо разработаны. В литературе дискутируются основные критерии, позволяющие различать ледниковые и ледниково-морские отложения, нередко имеющие большое сходство. Поэтому данные по динамике накопления и строению молодых ледниково-морских отложений Шпицбергена могут представить интерес как сравнительный материал.

Лёгкая доступность (ежедневные авиарейсы) Шпицбергена позволяют архипелагу быть уникальным местом для изучения геологии и геоморфологии этого региона. Кроме того, особый статус Шпицбергена, разрешающий вести научные исследования и хозяйственную деятельность всем странам, подписавшим Парижский договор 1920 г., делает доступным архипелаг и для ученых из России, которая подписала данный договор.

В данной работе освещаются особенности ледникового, ледниково-морского и ледово-морского четвертичного осадконакопления, широко представленных в разрезах. За

последние десятилетия вопросам его генезиса посвящена обильная литература отечественных авторов и зарубежных.

Объектом исследования являются голоценовые и плейстоценовые отложения опорных разрезов архипелага Шпицберген. Особый акцент сделан на результатах геолого-геоморфологических исследований четвертичных образований проведённых в ходе работ Шпицбергенской партии ФГНУПП «ПМГРЭ».

В настоящее время стратиграфическое расчленение четвертичных отложений производится с помощью палеогеографического (палеоклиматического) критерия. Он позволяет выделять, с использованием комплекса методов, весьма дробные стратиграфические подразделения, соответствующие кратковременным (десятки тысяч лет) этапам (фазам) развития природной обстановки с более или менее стабильным положением физико-географических (ландшафтных) зон. Каждый палеогеографический цикл включает две климатические фазы - более теплую и более холодную (для умеренных широт) или, по общепринятой терминологии, межледниковую и ледниковую. Климатическим фазам в отложениях соответствуют горизонты. В соответствии с этим, в разрезах четвертичных отложений архипелага Шпицберген принято выделять горизонты, которые можно сопоставлять, основываясь на литологических и фаунистических критериях.

Основной целью настоящей работы является установление и уточнение ранее приводимых взаимосвязей между отдельными комплексами четвертичных отложений, развитых в различных районах архипелага Шпицберген.

Поставленная цель определяет следующие **задачи**:

1. Рассмотрение палеогеографических условий, существовавших на архипелаге в течение позднего плейстоцена-голоцена и его влияние на характер накопления осадков четвертичных отложений.
2. Обзор опорных разрезов четвертичных отложений архипелага Шпицберген.
3. Сопоставление опорных разрезов четвертичных отложений архипелага Шпицберген. Построение схемы корреляции одновозрастных толщ четвертичных отложений с целью реконструкции палеогеографических условий для различных частей архипелага Шпицберген.
4. Анализ материала, накопленного в ходе полевых работ на архипелаге Шпицберген в составе Шпицбергенской геолого-поисковой партии, а также полученной информации в ходе обучения в университете г. Тромсё (Universitetet i Tromsø).

В работе используются данные радиоуглеродного и уран-ториевого анализов, а также выборка данных из литературных источников. Более подробное описание материалов и методов исследования приведено в главе 3: «Материалы и методы».

Фактический материал и личный вклад автора.

В основу работы легли результаты геолого-геоморфологических исследований, полученных автором в ходе летних полевых работ 2013 года Шпицбергенской партии ФГУНПП «ПМГРЭ» (район пос. Пирмида), а также во время стажировки в Университете Тромсё (University of Tromsø) в 2015 г. Кроме того, в работе проанализирован значительный объем литературы (как отечественной, так и зарубежной), посвященной различным видам четвертичного осадконакопления, а также истории геоморфологических исследований Шпицбергена. Автором составлены колонки опорных разрезов четвертичных отложений, схема корреляций этих отложений, а также предварительная карта-схема четвертичных отложений района бухты Дундер. Автор принимал участие в работах, в ходе которых были отобраны пробы на радиоуглеродное датирование, микрофаунистический анализ, а также на экологическое опробование.

В данной работе используются данные и материалы ранее опубликованных статей автора. Помимо этого, планируется к выходу ещё одна публикация (находится в печати) материалы которой, использовались автором в настоящей работе.

Научная новизна работы определяется оригинальностью большей части исходных материалов.

Структура и объем диссертации.

Работа состоит из 5 теоретических глав, посвященных физико-географической характеристике архипелага, обзору литературы и истории изученности. В третьей главе описаны материалы и методы исследования, в четвертой приводится анализ и основные выводы. В приложении приводится предварительная карта-схема четвертичных отложений, основанная на дешифрировании и ранее опубликованным источниках, а также схема корреляции опорных разрезов четвертичных отложений.

Благодарности.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю профессору В.В. Шарину за внимание, неоценимую помощь и научные консультации. Сердечно благодарит всех сотрудников Шпицбергенской геолого-поисковой партии ФГУНПП «ПМГРЭ», в особенности А.С. Окуневу и Н.П. Костеву, консультациями которых он неоднократно пользовался, а также начальника партии Н.И. Бутомо. Автор весьма признателен А.Ю. Дудник и Ф.П. Черноногу, оказывавших техническое и моральное

содействие на различных этапах работы. За полученные уран-ториевые и радиоуглеродные датировки автор благодарен Ф.Е. Максимову и А.Ю. Петрову (лаборатория геохронологии ПИИГ СПбГУ), Автор выражает благодарность иностранным коллегам за предоставление возможности прохождения включенного обучения в Университете Тромсё (Норвегия).

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

Современный рельеф и его особенности. Морфологической особенностью рельефа поверхности Западно-Арктического шельфа России является распространение крупных структурных положительных макроформ блоково-разломного происхождения – окраинных и внутришельфовых архипелагов и островов (арх. Шпицберген и Земля Франца-Иосифа) – вместе с разделяющими их грабенообразными депрессиями-желобами и межостровными проливами. Главными факторами, определившими современный характер рельефа Шпицбергена, были неотектонические движения и оледенения. Средние высоты на Зап. Шпицбергене составляют 700-1200 м, максимальная высота – 1717 м (гора Ньютон, массив Хидениус на п-ове Нью-Фрисланд). Полоса наибольших высот приурочена к западному побережью острова, где некоторые вершины поднимаются выше 1400 м. На восточном побережье о. Зап. Шпицберген горы постепенно переходят в плато, на отдельных участках поднимающиеся до 800 м. Плато преобладают в рельефе о-вов Северо-Восточная Земля, Баренца и Эджа. Вдоль западного побережья в протерозойских и нижнепалеозойских породах ледниками был выработан альпийский рельеф (**рис. 1**). Благодаря низкому положению снеговой границы острые пики поднимаются почти от уровня моря, что придает неповторимое своеобразие облику побережья, которому архипелаг обязан своим названием. В области девонского грабена ледниковые кары, цирки и трюги были выработаны в горизонтально лежащих или слабо наклонных слоях третичных отложений. Отпрепарированные почти ненарушенные пласты являют собой резкий контраст с пирамидальными карлингами и острыми гребнями.

Характеристика основных типов рельефа. Формирование современного рельефа обусловлено взаимодействием эндогенных и экзогенных факторов. Развитие рельефа шло на фоне общего, хотя и неравномерного (блокового) поднятия территории (Семевский, Шкатов, 1965). Основные элементы орографии определились вследствие интенсивного проявления дизъюнктивных нарушений. Так, фиорды и основные долины приурочены к линиям разломов различного времени заложения. Тектонически predeterminedное расположение долин обусловило направление простирания горных хребтов. Существующие в настоящее время орографические элементы ориентированы в трех системах направлений - субширотном (фиорды и крупные долины) и двух субмеридиональных (более молодые долины).



Рис. 1. Восточный берег залива Билле-фьорд. Альпинотинный тип рельефа (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

Причем субширотные крупные долины и фьорды (например, Ис-фьорд) секут тектонические структуры, в то время, как субмеридиональные (Грен-фьорд) ориентированы по простиранию основных структур. Денудационный рельеф образован сочетанием горных хребтов и платообразных возвышенностей, ориентированных преимущественно в субмеридиональном направлении. Хребты морфологически выражены сочленением противоположно ориентированных комплексов склоновых поверхностей различной крутизны. Гребни хребтов обычно очень узкие, ножеобразные, что вызвано высокой интенсивностью денудации склонов. Нередко в профиле гребни имеют волнистый характер, обусловленный наличием локальных вершин, разделенных седловинами. Это связано с избирательной денудацией различных по степени устойчивости слагающих хребты горных пород. К узлам сочленения отдельных хребтов обычно приурочены и наибольшие для данного района вершины, абсолютные отметки которых колеблются в пределах 500-1000 м. Морфология самих вершин различна - они либо округлые, либо остроконечные, что опять-таки определяется вещественным составом слагающих пород (Семевский, Шкатов, 1965). В некоторых случаях поверхность хребтов выровнена и образует платообразные площадки различных размеров. Они бывают горизонтальными или

слабо наклонными. Поверхности такого рода следует считать, вероятнее всего, чисто денудационными образованиями, существование которых связано с наличием бронирующих горизонтов (Семевский, Шкатов, 1965) (рис. 2). Действительно, во многих случаях распространение таких поверхностей тесно связано с условиями залегания и литологическими особенностями пород. Однако не во всех случаях выровненные поверхности образованы в результате бронирования, и их генезис может быть различным (Семевский, Шкатов, 1965). Так, обращает на себя внимание большая протяженность некоторых выровненных поверхностей, имеющих почти платообразный характер, например, плато Бергет, западнее бухты Адвент-фьорд (Ис-фьорд), выработанное на слабодислоцированных палеогеновых породах. Это плато протягивается на несколько десятков километров и выдерживается на высоте 450-500 м. Останцы поверхностей такой же высоты прослеживаются и западнее плато Бергет. Большая протяженность таких выровненных поверхностей и строгая выдержанность по высоте позволяют отнести их к поверхностям древней пенеplanationации.



Рис. 2. Гора Иггдрасилькампен. (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

В северной части архипелага на водоразделах благодаря длительной консервации неогеновыми платобазальтами и четвертичными ледниками сохранилась вершинная

поверхность выравнивания, существовавшая на архипелаге к началу олигоцен четвертичного этапа (Шарин, 2004). Фрагменты этой поверхности расположены на различных абсолютных отметках в высотном диапазоне от 1300 до 100 м. Слабо наклонные поверхности, узкой полосой вытянутые по склонам троговых долин, являются остатками днищ древних трогов, по отношению которых современные трог врезаны (Семевский, Шкатов, 1965). Вместе с тем нельзя, вероятно, отвергать возможность абразионного происхождения некоторых выровненных поверхностей (Ян, 1961). В первую очередь это относится к тем из них, которые располагались на сравнительно небольшой абсолютной высоте. Известно, что скорость поднятия Шпицбергена в конце плейстоцена - начале голоцена была очень велика, поэтому не исключено, что некоторые выровненные поверхности сравнительно недавно располагались на уровне моря. Процессы интенсивного физического выветривания, преобладающие на Шпицбергене, способствуют формированию крутых склонов с многочисленными мелкими деллями. Однако снос выветрелого материала сильно замедлен из-за многолетней мерзлоты. Накапливающийся выветрелый материал, смерзаясь, является своего рода бронирующим горизонтом и затрудняет процессы выветривания коренных пород (Семевский, Шкатов, 1965). Вынос материала обычно осуществляется через склоновые ложбины, у нижней части которых формируются обширные деллювиальные конусы. Вероятно, образование пологих склонов нередко связано с процессами слияния древних деллювиальных конусов выноса и последующим солифлюкционным перемещением материала. Преобразование склонов, особенно их верхней части, связано с интенсивным проявлением процессов нивации, которые обуславливают формирование многочисленных каров, нивальных ниш и цирков. К формам рельефа, возникшим под воздействием льда, относятся почти все долины, которые можно рассматривать как трог. Возможно, остатки днищ древних трогов прослеживаются на склонах некоторых долин, например, Вассдален (Семевский, Шкатов, 1965). Они выражены в виде узких площадок или выположенных участков. На их существование может указывать не связанное с составом пород аномальное изменение профиля склонов.

Долинный морфогенез. В настоящее время существуют свидетельства интенсивной перестройки гидросети по линейным зонам, приуроченным к крупным дизъюнктивным нарушениям. Это доказывает продолжение блоково-глыбовых перемещений в настоящее время (Семевский, 1967в). Подобная перестройка отмечена, например, для Восточной граничной зоны разломов Западно-Шпицбергенского грабенообразного прогиба в пределах Земли Норденшельда (Семевский, Шкатов, 1965). В этом районе можно предполагать наличие, по крайней мере, трех обособленных блоков,

существование которых подтверждается в частности, на основании анализа реликтовых выровненных поверхностей высотой 700-750, 800-850, 950-1000 м, ступенчато располагающихся с запада на восток. В пределах Земли Норденшельда выявлены (Семевский, 1965а) переуглубленные долины (Рейндален, Берцелиусдален, Вассдален, Холендардален). Они заполнены комплексом морских и делювиальных отложений мощностью 50-60 м (Российские геологические..., 1998). Этот факт позволяет говорить о длительном опускании или, по крайней мере, о стабильном положении этого участка территории на протяжении определенного отрезка времени. На Земле Бюнсва (Биллефьорд) такие переуглубленные долины отсутствуют, так как этот район в течение всего голоцена, а возможно, и верхнего плейстоцена, испытывал устойчивое поднятие. Можно думать, что формирование высоких террас Билле-фьорда (60, 80-85 м) и накопление рыхлых отложений в переуглубленных долинах Земли Норденшельда совпадало по времени (поздний плейстоцен – ранний голоцен). Если такое сопоставление правомерно, то блоки Земли Норденшельда и Земли Бюнсва в позднем плейстоцене испытывали движения прямо противоположного знака.

Ледниковый рельеф. На участках Западного Шпицбергена, в настоящее время свободных от ледников, широко распространены древнеледниковые отложения и формы рельефа, свидетельствующие о значительно больших размерах оледенения в прошлом. На это указывают хорошо моделированные троговые долины (рис 3) и кары, ригели и полированные скалы с типичной ледниковой штриховкой, ледниковые отложения, выстилающие днища долин или залегающие в цоколе морских террас. На платообразных вершинах гор нередко встречаются эрратические валуны пород, коренные выходы которых известны на значительном удалении от мест нахождения валунов. Одни из самых древних четвертичных ледниковых отложений, обнаружены польскими исследователями в южной части Шпицбергена (*Geomorphological settings...*, 2013). Их абсолютный возраст, полученный термолюминесцентным анализом (TL), составил 141 ± 21 и 217 ± 32 тыс. лет (рисское оледенение). Считается, что более ранние плейстоценовые отложения уничтожены последующими покровными оледенениями (мощным рисским и другими) (Троицкий, 1975). Отметим одну очень важную особенность голоценового оледенения Шпицбергена, выраженную у большинства ледников. Непосредственно перед краем многих ледников архипелага встречается только один моренный вал, образовавшийся в последнюю стадию продвижения ледников (трескелен).



Рис. 3. Троговая долина Мунин (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

Наряду с этим в некоторых долинах Шпицбергена (Факседален, Рейнбокдален, Флатюрдален, Рингхорндален, Исчерндален, Рейндален и др.) распространены серии стадияльных морен, формировавшихся на протяжении голоцена (рис 4).



Рис. 4. Моренный комплекс. Долина Мунин. (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

Радиоуглеродные датировки древесины-плавника, извлеченного из молодых морен ледников, спускающихся в море, показали, что абсолютный возраст образцов плавника находится в диапазоне 1970-800 лет (Гросвальд и др., 1967; Троицкий и др., 1970). Очевидно, что, прежде чем попасть в морены, плавник должен был отложиться на берегу или на дне свободного от ледника участка фьорда, а уже затем он был захвачен и переотложен наступающим ледником. Стадия трескелен отмечена хорошо выраженными конечноморенными валами с ледяным ядром, высота которых достигает у некоторых ледников 60-80 м (Троицкий, 1975). У краев ледников, оканчивающихся на суше, чаще наблюдается только один крупный конечноморенный вал, который в одних случаях еще не потерял видимой связи с концом ледника, в других – отстоит от него иногда на довольно большом расстоянии (до 0,6-2,0 км), в результате отступления ледника в последние десятилетия. Для ледников, спускающихся в море, эта стадия отмечена мощными валами боковых морен с ледяным ядром, перекрывающих весь комплекс морских террас (иногда подрезаны высокие террасы с возрастом 9500-10500 лет) вплоть до уровня моря. В ряде случаев вместо боковых валов по обоим берегам фьорда прослеживаются широкие полосы холмистогрядового рельефа, возникшего на месте полей мертвого льда, оставленного отступавшим ледником. Максимальное удаление внешней границы моренного рельефа от современного положения языка составляет 17 км у ледника Паула и 14-15 км у ледника Натхорста (Троицкий, 1975). Для многих ледников максимальное их продвижение в конце XIX столетия, совпадающее с внешним краем молодых морен, зафиксировано непосредственно на картах. Именно в стадию последних веков (трескелен) продвинувшиеся ледники захватили и переотложили с берегов и дна фьордов плавник, морскую фауну и другие органические остатки, которые накапливались в предшествующую эпоху отступления ледников (2000-800 лет назад). У подавляющего числа ледников перед моренами последней стадии вовсе отсутствуют более древние моренные образования (Троицкий, 1975). Молодые морены с глыбами еще не растаявшего глетчерного льда перекрывают проксимальный склон краевых напорных валов древне- и позднеголоценового возраста (?), но не переходят их гребни (ледники Пенка, Ушер и др.). Таким образом, можно считать, что последняя стадия наступания ледников была максимальной за весь голоцен (Гляциология ..., 1985). Это особенно характерно для выводных ледников сетчатого комплекса. Рассмотрим имеющуюся информацию по сериям стадияльных морен в долинах Шпицбергена. Крупный вал стадияльной морены расположен в 4 км от конца ледника Гульфакс в низовьях долины Факседален, открывающейся в Лом-фьорд. Считалось (Троицкий, 1975), что этот моренный вал

образовался в древнеголоценовую стадию продвижения ледников (10-11 тыс. л.н.), получившей на Шпицбергене название стадии факседален. В пользу древнеголоценового возраста вала приводился факт наличия на дистальном склоне серии абразионно-аккумулятивных террас высотой до 60-70 м, возраст которых в центральной части Зап. Шпицбергена по результатам датирования радиоуглеродным методом составляет 10-10,5 тыс. лет (Троицкий, 1975). Более поздние детальные исследования указанной морены показали, что ее северная часть является типично напорной мореной, а южная – аккумулятивной, лежащей на цоколе из коренных пород. Л.С. Троицкий предполагает, что образование моренного вала произошло в стадию дамес-морены (Гляциология ..., 1985). Следовательно, стадияльная морена факседален не может служить стратотипом древнеголоценовой стадии наступания ледников на архипелаге. Выше, по долине Факседален, наблюдается до пяти небольших стадияльных морен, а непосредственно к краю ледника Гульфакс примыкает мощная (до 50 м) напорная морена, возникшая в результате относительно недавней подвижки ледника (Гляциология ..., 1985). Особый интерес представляют формы рельефа, созданные гляциально-морской аккумуляцией. Это, например, так называемая Дамес-морена в восточной части залива Ван-Мейен-фьорд или “моренные” накопления района бухты Фритьофхамна, сформированные путем разгрузки моренного материала в воды залива Ван-Мейен-фьорд и впоследствии выведенные на дневную поверхность неотектоническими движениями.

Морские террасы. Подробное описание этого раздела представлено в других главах работы.

Аллювиальный рельеф развит во всех крупных долинах, где он представлен исключительно поймой (рис 5), а иногда – надпойменными террасами (например, в долине Рейндален). Высота поймы в низовьях рек колеблется от 1 до 1,5 м. Поверхность ее плоская, иногда наблюдается гриво-руслый рельеф, в большинстве случаев, однако, уничтожающийся боковой эрозией мигрирующих русел рек. Поскольку реки района, как правило, не имеют единого русла, пойма прорезана многочисленными протоками и рукавами. Миграция русел привела к отмиранию старых рукавов реки и образованию старичных озер типа Стормирватна на пойме р. Рейна (Семевский, Шкатов, 1965). К формам рельефа, созданным речной аккумуляцией, относятся и аллювиальные конусы выноса. Их образование обусловлено резкой потерей реками энергии при выходе из узкой долины в широкую и отложением в предустьевой части долин выносимого материала. Днища долин в целом полигенетичны. Их современная поверхность образована аккумуляцией аллювиального, флювиогляциального и делювиального материала. В прибортовых частях долин формируются делювиальные конусы выноса. Как аллювиальные, так и

делювиальные конусы выноса часто сливаются, образуя единый шлейф, протягивающийся вдоль склонов.

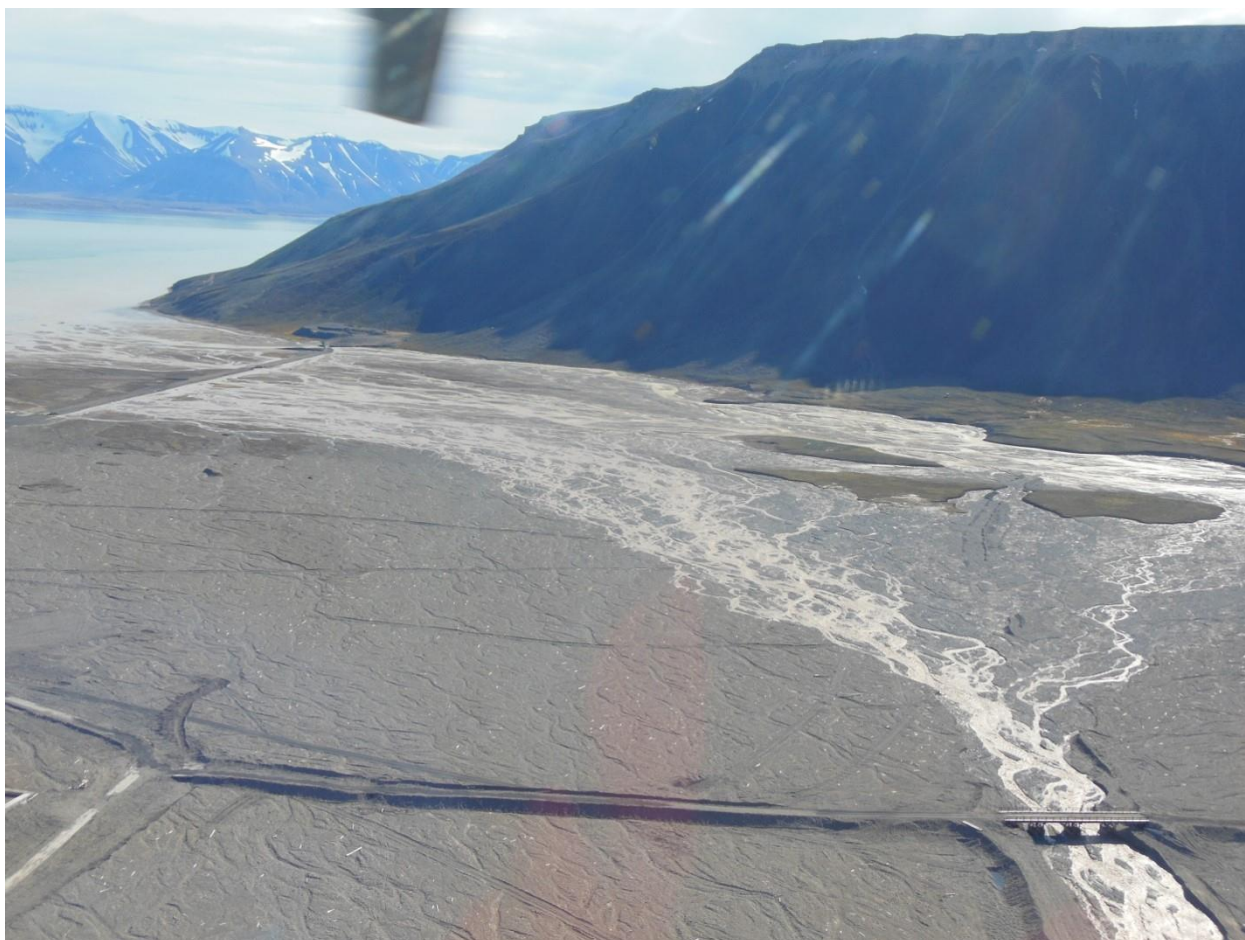


Рис. 5. Дельта реки Мимер. Район посёлка Пирамида (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

Криогенный рельеф. Для области денудации (склоны гор и долин) характерны полосчатые формы криогенного микрорельефа и различные по размерам солифлюкционные образования (Пукемо, 1987). Область аккумуляции (поймы и дельты рек, низменные морские берега) характеризуется минимальным набором морфологических разновидностей криогенного рельефа. Здесь лишь слабо развит полигональный рельеф (рис 6). В областях относительной стабилизации (прибрежные равнины) развито большее количество морфологических разновидностей форм криогенного рельефа по сравнению с областями денудации и аккумуляции. Это объясняется тем, что здесь отсутствует процесс, который бы подавлял или препятствовал развитию других. Область относительной стабилизации представлена макроструктурными (полигональными), микроструктурными (пятнистыми), аструктурными мелкобугристыми (пучение) формами рельефа.



Рис. 7. «Пятна-медальоны» (полигональный рельеф). Мимердален (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

Гидрография. Внутренние воды на Шпицбергене представлены реками, озерами и болотами. Наибольшее распространение реки получили в области горного оледенения, где большая часть суши свободна ото льда (Земля Андре, Земля Диксона, Земля Норденшельда, запад Земли Натхорста). Реки Шпицбергена короткие (чаще до 20 км в длину). Самая длинная (более 40 км) река Шпицбергена – Рейн (Земля Норденшельда). Обычно они начинаются у ледников, иногда в приледниковых озерах и текут по днищу троговых долин. Особенностью Шпицбергена является короткое время активности текучих вод (июнь – август).

Климат Шпицбергена находится в арктическом климатическом поясе, в природных зонах северной тундры и арктических пустынь. Особенности климата архипелага определяются в первую очередь наличием теплого Западно-Шпицбергенского течения (северные “отголоски” Гольфстрима) вдоль западного побережья и холодного Восточно-Шпицбергенского течения – вдоль восточного берега (Семенов и др., 2002) (рис.7). Благодаря теплему Западно-Шпицбергенскому течению климат архипелага мягче других территорий Арктики на той же широте, а акватория к западу от островов является самой северной незамерзающей частью океана в Арктике.

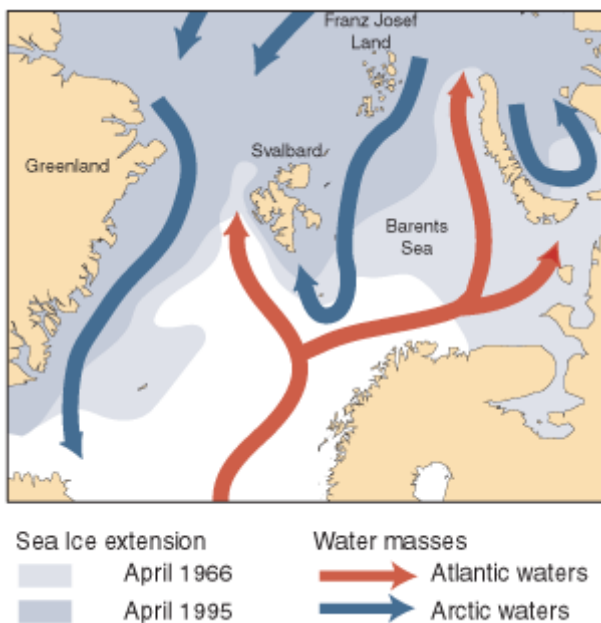


Рис. 8. Океанические течения и южная граница распространения морских льдов в районе Шпицбергена (карта Норвежского Полярного института <http://miljo.npolar.no/temakart/pages/homeE.asp?category=2>)

Средняя температура трех самых холодных месяцев (январь, февраль, март) составляет -11.9°C на Исфьорд-радио (Birks et. al., 2004). Для сравнения, тот же показатель на мысе Челюскина ($77^{\circ}43'\text{N}$, $104^{\circ}16'\text{E}$) составляет -26°C . Самым холодным месяцем является март. Абсолютный минимум температур редко опускается ниже -30°C . Кроме того, зимние оттепели – обычное явление на Западном Шпицбергене. Лето на Западном Шпицбергене также довольно мягкое – средняя температура июля на Исфьорд-радио составляет $4,7^{\circ}\text{C}$ и $6,5^{\circ}\text{C}$ в Лонгйире. Понижение летом температуры ниже нуля – не редкость для острова. Таким образом, можно заметить, что при движении от периферии к центру повышаются летние температуры и уменьшаются среднегодовые. В этом проявляется увеличение континентальности климата в центре о. Западный Шпицберген.

Атмосферные осадки. На западном побережье Шпицбергена многолетнее среднегодовое количество осадков составляет примерно 400-500 мм, по мере продвижения

вглубь суши и к вершинам фьордов количество осадков уменьшается до 180-300 мм (Троицкий, 1975; Steffensen, 1982; Humlum et al, 2003). Хотя значения в 200 мм соответствуют полупустыням, на Шпицбергене выпадает больше осадков, чем в других районах Арктики на той же широте. Большая часть осадков выпадает в холодный сезон в виде снега, а низкие температуры летом способствуют низкой испаряемости. Большая часть западной части Шпицбергена покрыта снегом в период с начала сентября до конца мая или даже до начала июня. Летом начинается бурное таяние снега, выпавшего за весь длинный зимний сезон. К этому добавляется таяние льда, что приводит к кратковременной, но интенсивной активизации эрозионных процессов. Однако, за лето стает не весь снег – часть его аккумулируется на ледниках и снежниках.

Атмосферная циркуляция. Режим атмосферной циркуляции в районе архипелага определяет распределение осадков на Шпицбергене, а, следовательно, и размещение ледников. Здесь происходит западно-восточный перенос воздушных масс вдоль исландско-карской ложбины пониженного давления (Троицкий, 1975). Преобладающее направление зимних ветров в Баренцбурге юго-восточное (Семенов и др., 2002). Летом повторяемость СЗ, С и Ю ветров приблизительно одинаковая (рис. 8).

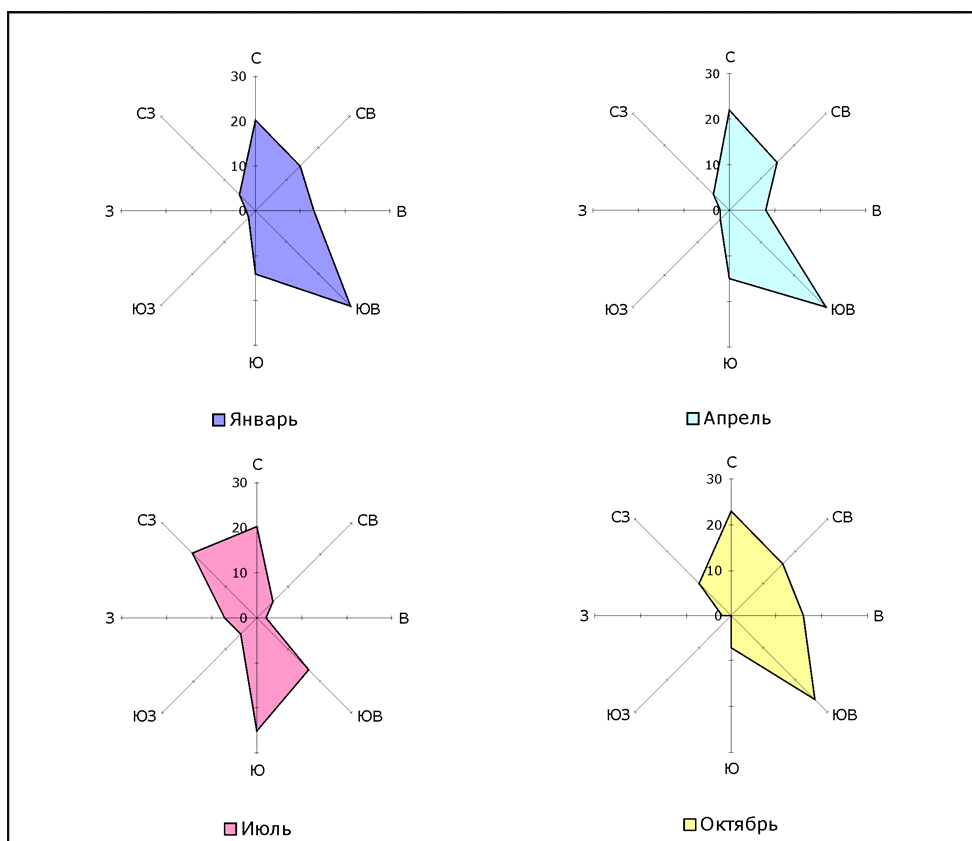


Рис. 9. Розы ветров на метеостанции в Баренцбурге (по Семенову и др., 2002)

Стоит отметить, что направление ветра на метеостанции не является показателем преобладающего направления переноса влагонесущих воздушных масс, т.к. ветер в какой-

либо точке отражает лишь локальные условия, который сильно зависят от окружающего рельефа. Преобладающими направлениями воздушных масс, несущих влагу на архипелаг, считаются ЮЗ и ЮВ (Оледенение, 1975).

На территории свободной ото льда широко распространены небольшие пресноводные озера. Это либо водоемы, образовавшиеся в замкнутых понижениях прибрежных равнин в результате накопления атмосферных осадков, либо это приледниковые озера, сформировавшиеся во впадинах экзарационного происхождения в результате накопления талых ледниковых вод и атмосферных осадков. Также есть озера подпруженные ледником. Озеро Линнея – самое известное на Шпицбергене – расположено к западу от залива Грэн-фьорд. Его длина примерно 5 км. На севере Зап. Шпицбергена и на Северо-Восточной Земле находятся несколько озер чуть больших размеров, но длиной не более 10 км. Из-за низкой испаряемости и наличия вечной мерзлоты, препятствующей фильтрации воды в грунт, происходит заболачивание тундры на морских террасах и плоских днищах горных долин.

Многолетняя мерзлота широко распространена на Шпицбергене. Из-за того, что средняя многолетняя температура воздуха на Шпицбергене составляет $-5...-6^{\circ}\text{C}$ (см. выше), горные породы вблизи поверхности земли круглый год находятся в замерзшем состоянии. Только летом оттаивает незначительный по мощности слой, называемый деятельным или сезонно-оттаивающим слоем. Средние многолетние температуры деятельного слоя вблизи Лонгйира в центральной части Западного Шпицбергена в период с VII.2004 по VII.2006 изменяются от $-1,6^{\circ}\text{C}$ на поверхности земли до $-3,7...-3,8^{\circ}\text{C}$ на верхней поверхности многолетней мерзлоты. (Liestol, 1976; Humlum et al, 2003).

Мощность многолетней мерзлоты варьируется от 100 м в прибрежных районах и широких долинах до 400-500 м в горах (Liestol, 1976; Hjelle, 1993). Сезонно-оттаивающий слой составляет 40-100 см.

Почвенно-растительный покров Шпицберген находится в арктической подзоне тундровой зоны и в зоне полярных пустынь. На севере западного побережья архипелага распространены полярные пустыни, растительность которых развивается в защищенных от сильных ветров местах на рыхлых холодных грунтах и представляет собой обедненные сообщества из мхов, листоватых лишайников и камнеломковых (Зеликсон, 1971). На каменистых субстратах – накипные лишайники. Накопление фитомассы здесь идет очень медленно и в медленных объемах (160 г/м^2 , $20\text{ г/м}^2/\text{год}$) (Давыдова и др., 1989). В южной приатлантической части в зоне прохождения теплого Западно-Шпицбергенского течения на перегнойных глеевых почвах развиты злаково-кустарничково-моховые сообщества с сомкнутым покровом, с доминированием ивы полярной (арктическая тундра). В

сообщества также входят вересковые, осоки, злаки, зеленые и сфагновые мхи и разнотравье. На приморских террасах распространены тундровые болота, на которых обычна пушица. На болотах также преобладают злаки и мхи. В заболоченных участках на покрове мхов часто встречаются макроскопические колонии цианобактерий. На горных склонах широко распространены сообщества из ивы полярной, кисличника, камнеломки, трищетинника, мака. На прогреваемых местообитаниях преобладает дриада. С подъемом в горы растительный покров становится более разреженным. В моховом покрове преобладают печеночники. На вершинах гор преобладают лишайники и мхи. Довольно большое разнообразие грибов можно встретить архипелаге Шпицберген (рис. 9). Кустарнички и травы немногочисленны и не образуют сомкнутого покрова. В горах, как и на прибрежных террасах, встречается полярная ива (Плакат ПАБСИ, 2005). Камнеломки – один из многочисленных родов на архипелаге. Камнеломка супротиволистная встречается, в основном, на каменистых горных склонах. Другой ярко цветущий и обычный вид каменистых террас и горных склонов – смолевка бесстебельная – иногда формирует ярко окрашенные подушки (Плакат ПАБСИ, 2005).



Рис. 10. Грибы в долине Мимер (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

Современное оледенение. Общая площадь суши архипелага составляет 62 096 км², из которых 35 124 км² (58%) покрыто ледниками (Троицкий и др., 1975). Наиболее покрыты

ледниками о-ва Северо-Восточная Земля и Белый, а также небольшой о. Стурё. Основная масса ледников (60,5% от общей площади) располагается на главном острове архипелага – Зап. Шпицберген, где подо льдом находится несколько больше половины всей суши, и приурочена к долинам (рис. 10) и плато.



Рис. 11. Край ледника Бертиль. Долина Бертиль (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

Животный мир. На Шпицбергене можно встретить млекопитающих. В основном это морские животные – белухи (полярные дельфины), гренландские тюлени, морские зайцы и нерпы. Наземная фауна представлены песцами (рис 10), северными оленями, которых нередко выделяют в особый подвид из-за меньшего по сравнению со своими собратьями размера. Так же в районе работ можно встретить белого медведя. На Шпицбергене большое разнообразие представителей пернатых, таких как тупики, короткохвостые поморники, моевки, крачки, глупыши и другие .



Рис. 12. Посёлок Пирамида. Песец. (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

ГЛАВА 2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Начальный этап изучения

Архипелаг Шпицберген является отличным полигоном исследований не только самого архипелага, но и всей Арктики. История исследования четвертичных отложений архипелага насчитывает относительно небольшой промежуток времени. Внимание четвертичной истории Шпицбергена уделяли учёные из разных стран. Среди них стоит выделить исследования польских, английских, норвежских, шведских специалистов.

Развернувшиеся споры вокруг ряда исследователей по древнему оледенению Шпицбергена и колебаниям уровня моря в районе архипелага в позднем плейстоцене и голоцене, вынуждают обращать всё большее внимание на изучение четвертичных отложений архипелага. Сторонниками ледниковых щитов, полностью перекрывавших Шпицберген, по данным сводки Л.С. Троицкого (Троицкий и др., 1975), были А. Норденшельд, Й. Де Геер, Ф. Нансен, Х. Фребольд, Ю. Блютген, В. Романовский, Ю. Бюдель, Ж. Корбель,

Другая группа учёных: А. Натхорст, Й. Андерссон, Э. Дригальский, А. Хуль, Э. Антевс, Р. Флинт, В.Н. Сакс, С.А. Стрелков – относились скептически относились к идее оледенения Баренцевоморского шельфа и рассматривали Свальбард как самостоятельный центр оледенения. Поэтому, решения вопросов древнего оледенения, невозможно без изучения морских террас архипелага.

2.2. Изучения четвертичных отложений зарубежными специалистами.

«Комплексное изучение архипелага Шпицберген начал проводить, созданный в 1948 г Норвежский Полярный институт. В частности, сотрудником этого института Р.В. Фейлинг-Ханссеном в 1948-1955 г.г. было проведено детальное изучение террасового комплекса в районах Билле-фиорда и Сассен-фиорда. В 1955 году была опубликована стратиграфическая схема этого региона. А впервые проведённое в 1959-1960 г.г. Р.В. Фейлинг-Ханссеном и И. Олссон определение абсолютного возраста радиоуглеродным методом образцов фауны морских моллюсков, позволило судить о возрасте террас расположенных на уровнях 6 м, 17 м, 42 м, 50 м и 56 м. (Фейлинг-Хансен, 1965).

Советские специалисты Ю.А. Лаврушин и Л.С. Троицкий в 1965-1966 гг. провели дополнительные исследования отложений 60- и 17-метровых морских террас этого же района. По Фейлинг-Хансену, в центральной части о-ва Западный Шпицберген морские четвертичные отложения образуют лестницу террас (максимальная высота морских террас этого региона достигает 96 м). На основе анализа распространения фауны морских моллюсков Фейлинг-Хансен выделил несколько комплексов морских террас по свойственным им комплексам фауны. На основе изучения фауны морских моллюсков и

радиоуглеродных определений Фейлинг-Хансен сделал попытку корреляции морских отложений центральной части Шпицбергена с соответствующими образованиями Гренландии, Исландии и Скандинавии (Фейлинг-Хансен, 1965)

Отдельное внимание стоит обратить на исследования польских специалистов, научная база которых находится на восточном побережье бухты Петунья. Научная база располагается в хижине Скотта, и принадлежит Институту палеогеографии и геоэкологии Познаньского университета имени Адама Мицкевича (Рис. 13).

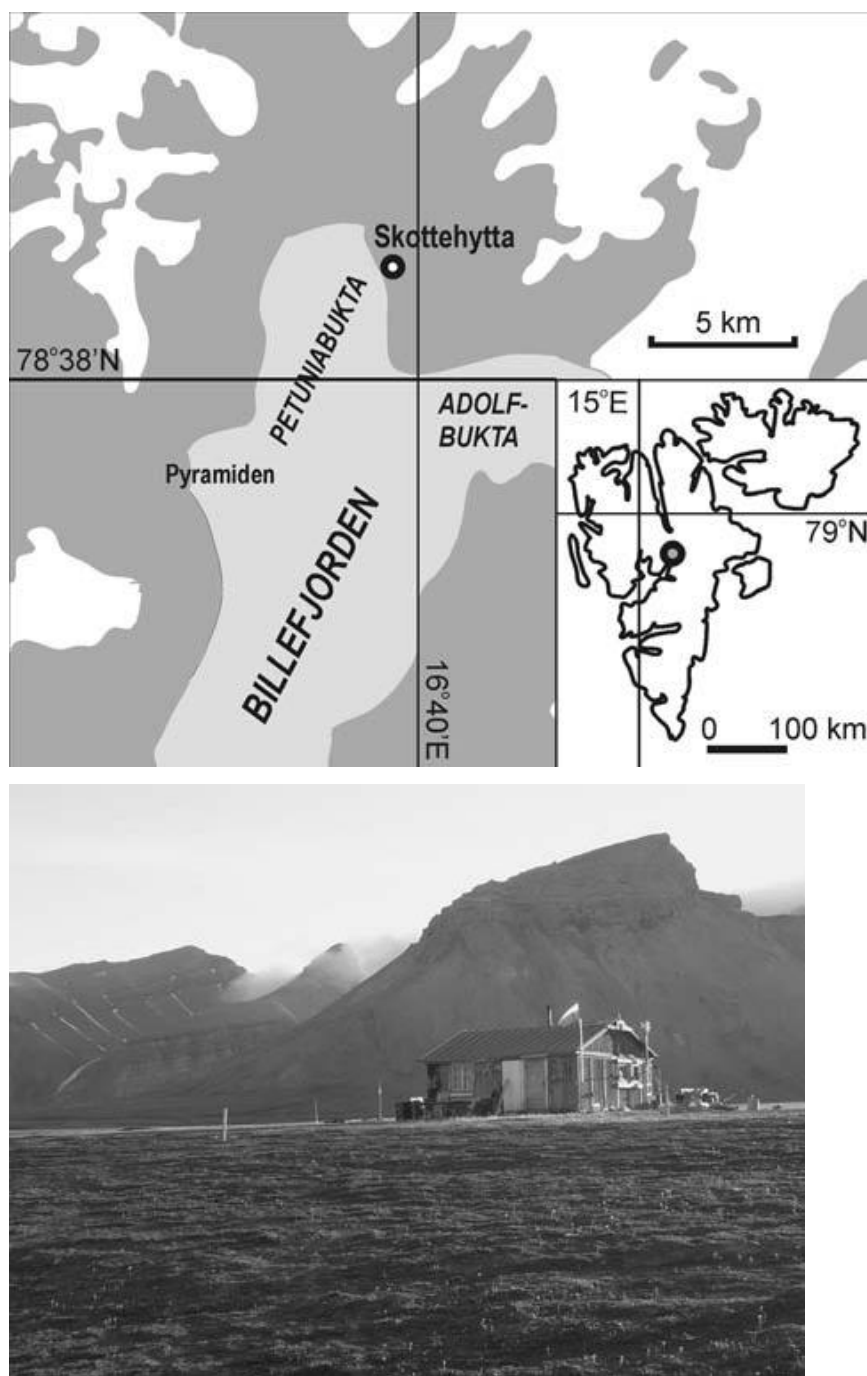


Рис. 13. Хижина Скотта (Skottehytta). Научная база польских исследователей в бухте Петунья (Geomorphological settings ..., 2013).

Значительной доле в исследованиях польских специалистов было посвящено геоморфологическому картированию, палеогеографии, четвертичной геологии, а также современным геологическим процессам протекающих в районе Билле-фьорда и Аусфьорда. В частности, А. Яном в 1961 году была издана монография, посвященная геоморфологическим исследованиям польской научной экспедиции на Шпицбергене. (Ян, 1961). В этой работе было соотношение древних морен и морских террас в районе залива Хорнсунн, в частности, налегание на 65-метровую террасу моренных гряд, подрезаемых 45-метровой террасой, он выделил особую стадию наступания ледников - этап «древних моренных гряд», которая предположительно имела место перед началом послеледникового климатического оптимума (Ян, 1961).

В 2000 году был запущен проект "Циркуляция вещества в арктических наземно-морских геоэкосистемах на примере Билле-фьорда". Реализация этого проекта продолжилась в рамках программы «Структура, эволюция и динамика литосферы, криосферы и биосферы в Европейском секторе Арктики». Геоморфологические исследования и исследования в области четвертичной геологии входят в первоочередные задачи этого проекта (Geomorphological settings ..., 2013).

Ландшафтные ассоциации подразделены по их генезису, интенсивности геоморфологического процесса и возрасту. Исследованиями этих процессов уже 3 десятилетия занимаются специалисты из Познаньского университета. В результате таких исследований были составлены карты :

- 1) Геоморфологическая карта района бухты Петунья. Билле-фьорд (центральная часть острова Западный Шпицберген) с картой-врезкой морфодинамики (Рис. 14).
- 2) Карта-схема геоморфологического строения района бухты Петунья (Рис. 15).

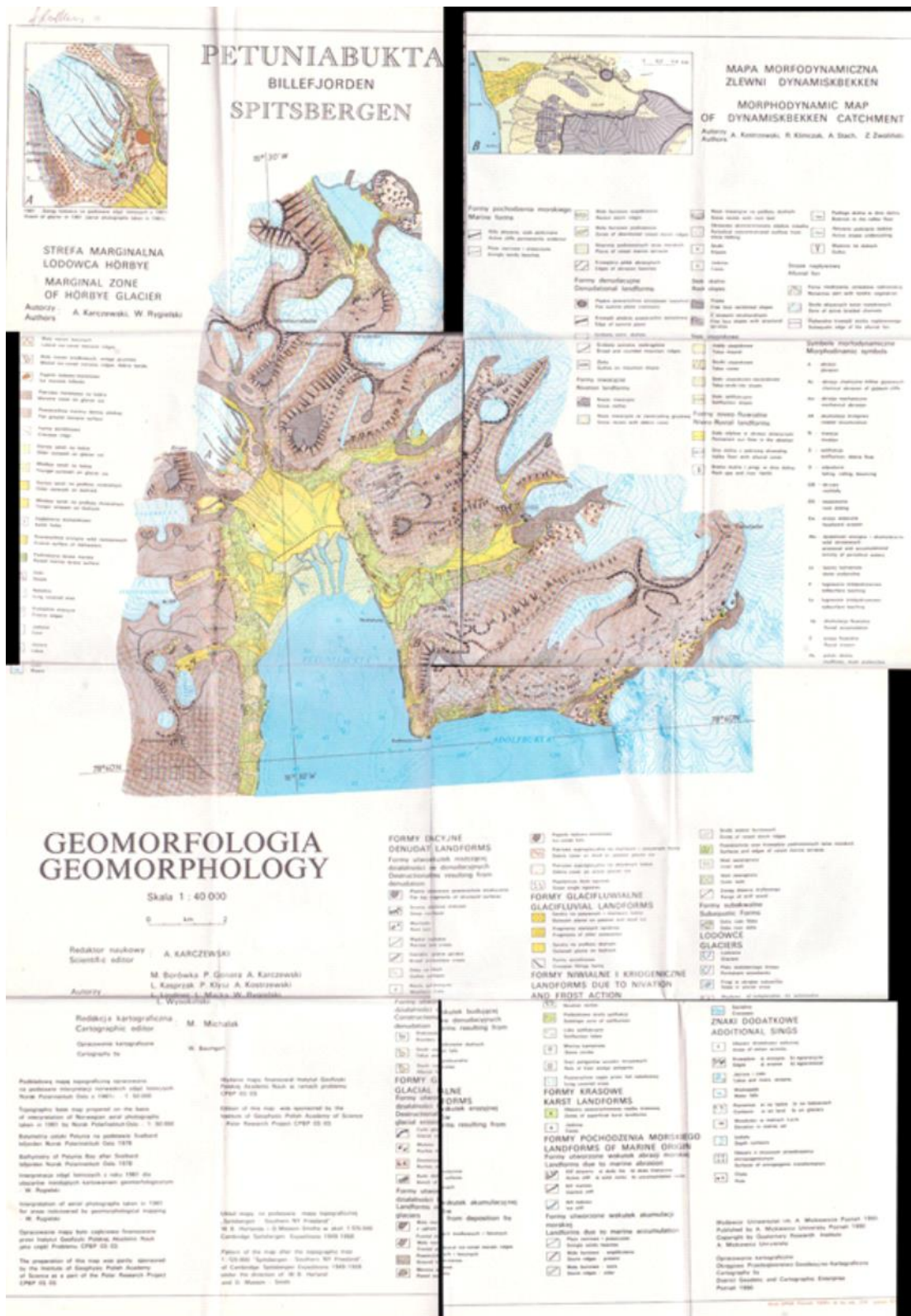


Рис. 14. Геоморфологическая карта района бухты Петунья. Биллефьорд (Центральная часть острова Западный Шпицберген) с картой-врезкой морфодинамики (Karczewski A.,1990).

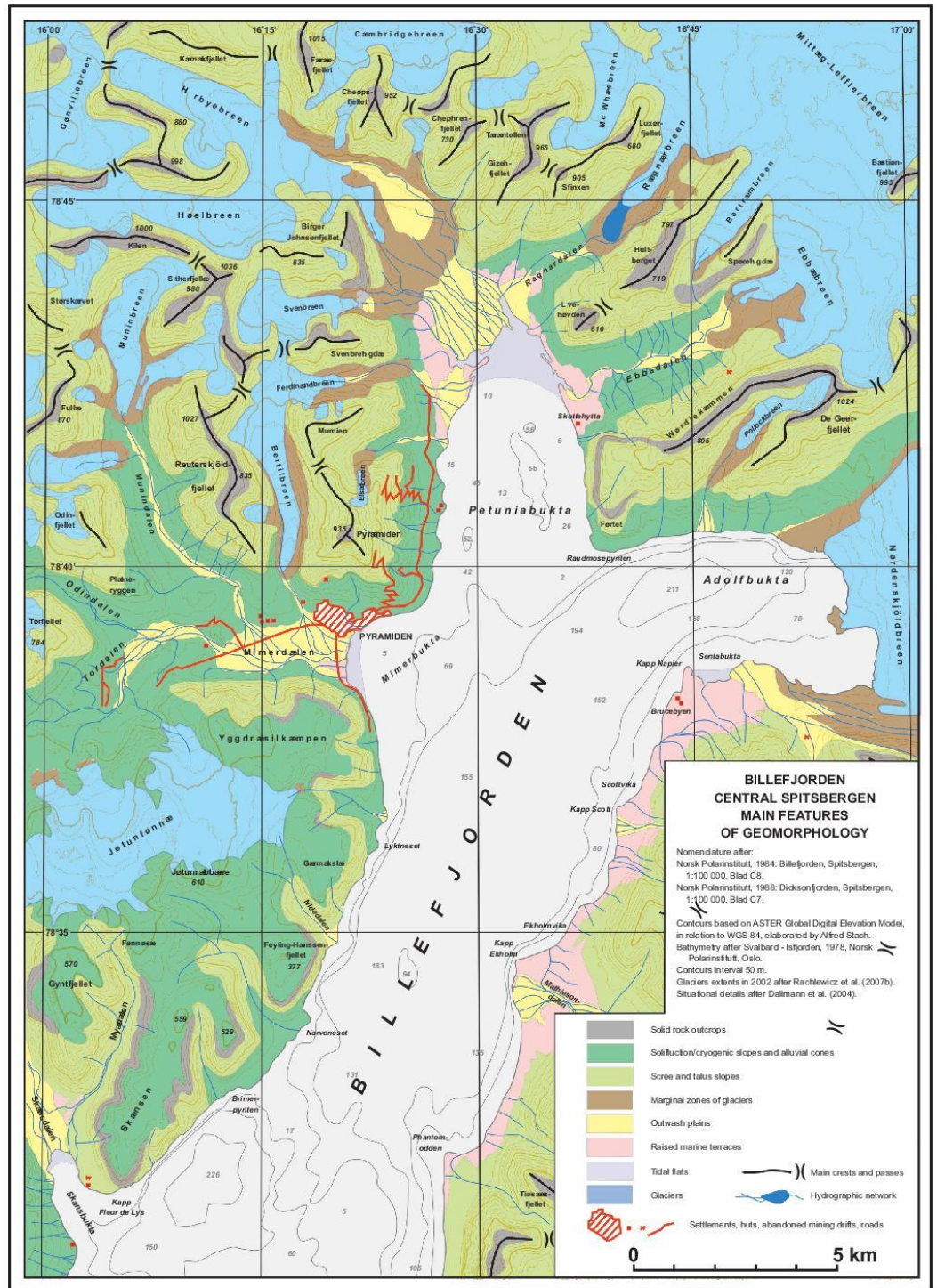


Fig. 5. Outline of geomorphological features in the vicinity of the Billefjorden (Rachlewicz 2009)

138

Рис. 15 Карта-схема геоморфологического строения района бухты Петунья [Geomorphological settings ..., 2013].

Особняком среди норвежских специалистов стоят работы профессора Бергенского Университета Я. Мангеруда, которым были описаны ряд опорных разрезов четвертичных отложений, в том числе на мысе Экхольм и в бухте Скилвика. (*Mangerud, Svendsen, 1992*). Ранее Дж.Боултон (Boulton, 1974) на основании изучения разрезов четвертичных отложений на побережье Билле-фьорда у мыса Экхольм сделал вывод о значительном оледенении восточной части архипелага в эпоху позднего дриаса - в стадию билле-фьорд, около 11 тыс.лет назад. В этом разрезе он выделил верхнюю морену, в которую включены переотложенные раковины морских моллюсков, имеющих возраст 11028 ± 400 (Boulton, 1974).

Помимо него стоит отметить работы О. Сальвигсена, Д. Свендсена, Й. Ландвика и Т. Рассмусен.

Среди современных норвежских исследователей вопросы четвертичного осадконакопления затрагивает М. Форвик и Т. Ворен в работах, посвященных фьордовым системами и палеогеографии архипелага (рис 16).

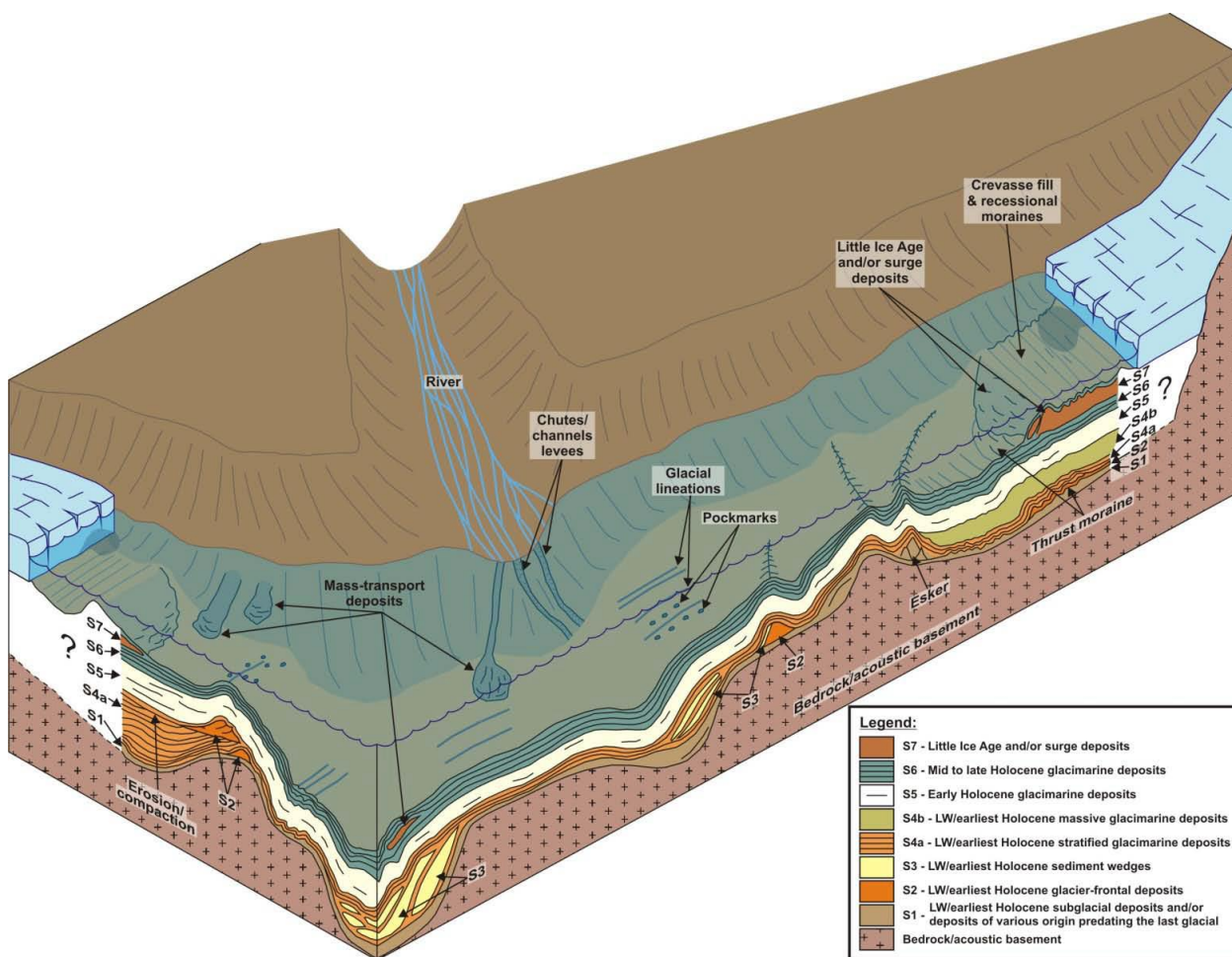


Рис. 16. Стратиграфия фьордов Шпицбергена (Forwick & Vorren 2011).

2.3. Советский и российский этап исследований.

При изучении четвертичных отложений Шпицбергена основное внимание как советских, так и зарубежных исследователей уделялось стратиграфии морских и ледниковых отложений, поскольку наличие органических остатков, в частности в морских осадках, позволяет провести их стратиграфическое расчленение. При этом исследовались главным образом позднеплейстоценовые и голоценовые образования, что обусловлено главным образом широким распространением этих отложений и потому лёгкой доступностью их изучения.

Одним из первых детальным изучением морских террас архипелага занимался Лаврушин Ю. А. Им производились геоморфологические наблюдения изучалась стратиграфия и литология четвертичных отложений, а также виды морских ископаемых моллюсков.

Отдельно стоит упомянуть вклад в изучение морских террас Л.С. Троицкого, который изучив толщи ряда разрезов четвертичных отложений, установил, что верхневюрмское оледенение не превышало по размерам современное (Троицкий и др., 1975).

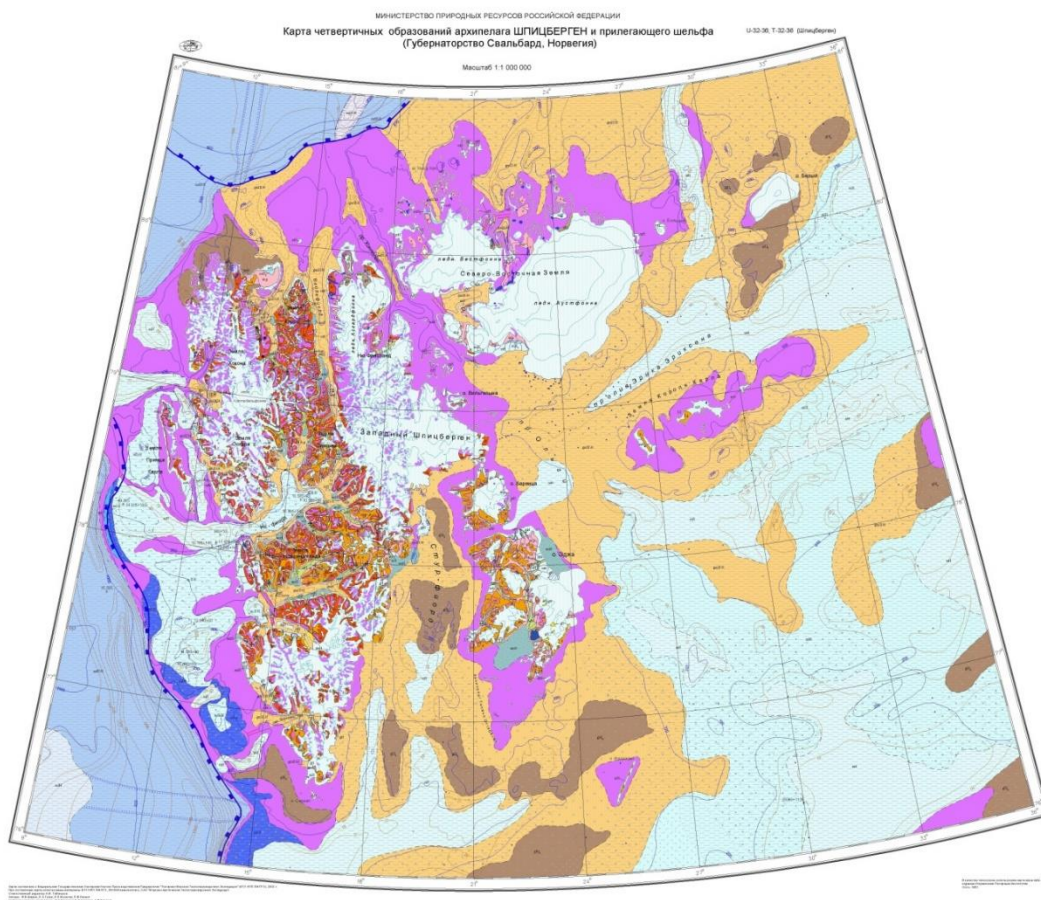


Рис.17. Карта четвертичных образований архипелага Шпицберген и прилегающего шельфа" масштаба 1:1000 000 (Шарин и др. 2003).

В настоящее время изучением четвертичных отложений архипелага занимается Шпицбергенская партия ФГУНПП «ПМГРЭ». В 2002 году Шариным В.В., Е.А. Гусевым., Е.Е. Мусатовым и П.В. Рекантом была впервые составлена "Карта четвертичных образований архипелага Шпицберген и прилегающего шельфа" масштаба 1:1000 000 (рис 16).

В 2012-2013 годах в ходе продолжающихся геолого-съёмочных исследований района бухты Петунья, проводимых ПМГРЭ, были изучены разрезы морских отложений и датирована фауна моллюсков (рис 18). Результаты этих исследований будут приведены ниже.

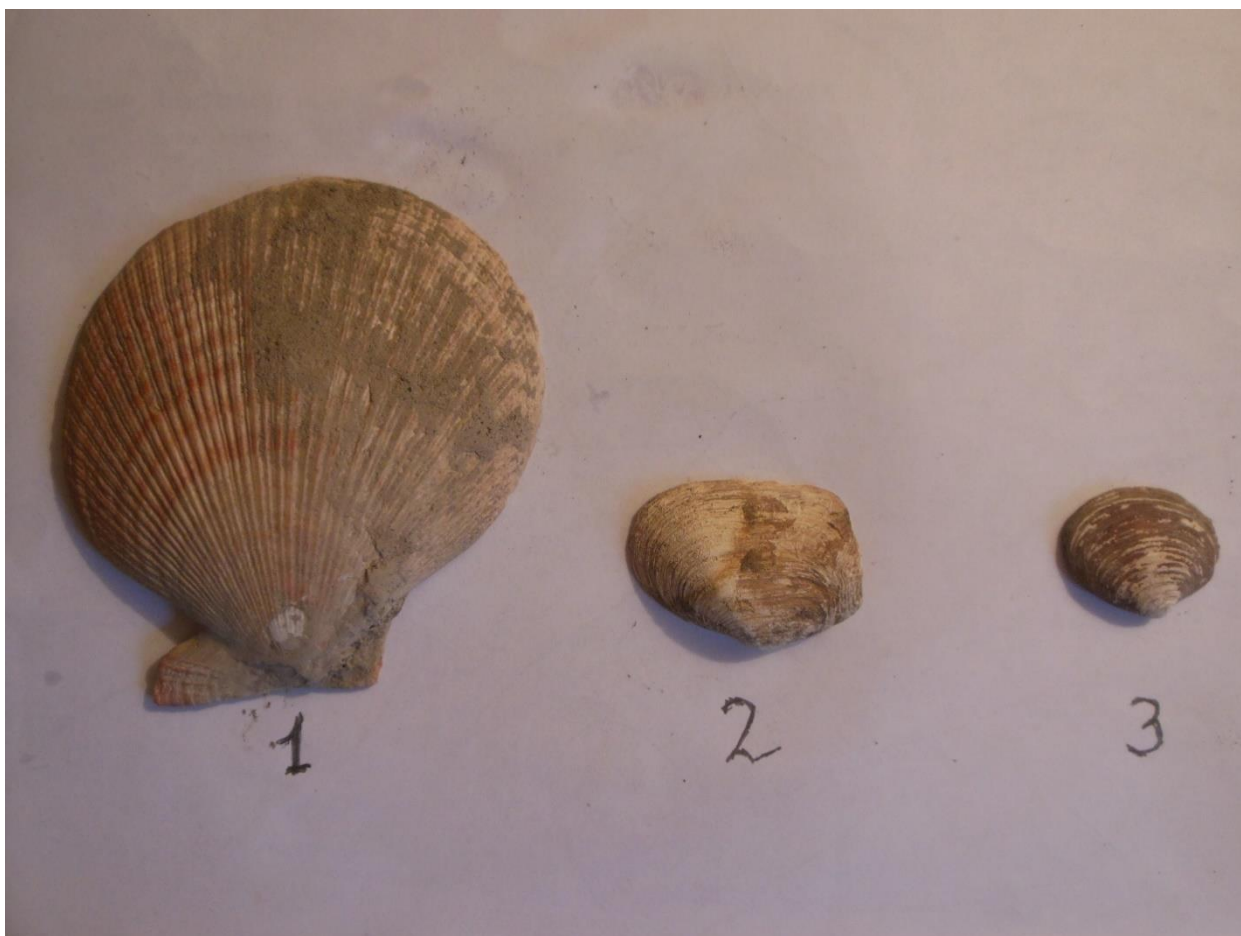


Рис 18. Фото ископаемой фауны. Под цифрой 1 – *Chlamys islandicus* (Linne); 2 – *Mya truncata*; (Linne) 3 – *Astrate* sp. (Фотография Шамина И.А., 2013 год).

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения поставленных целей в работе использовались полевые наблюдения автора в сезоне 2013 года, а также данные полученные в ходе полевых работ Шпицбергенской партии ФГНУПП «ПМГРЭ» 1996, 2005 и 2012-2015 годов. Отдельно стоит отметить использование в работе данных полученных радиоуглеродным (^{14}C), уран-ториевым ($^{230}\text{Th}/\text{U}$) анализом датирование раковин моллюсков как отложений, слагающих тело морских террас (Максимов и др., 2016). Для надёжности некоторые количественные данные, подкрепляются параллельным применением нескольких методов геохронометрии, которые могут иметь расхождения как например, в случае ^{14}C - и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирования одних и тех же раковин моллюсков с архипелага Шпицберген (Максимов и др., 2016).

Помимо различных методов датирования, в работе используются материалы литологических и макрофаунистических исследований, а также опубликованные и фондовые материалы. В первую очередь была осуществлена выборка материала из различных литературных источников с целью обобщения имеющихся данных по четвертичным морским, ледниково-морским, а также ледово-морским отложениям архипелага Шпицбеген. Всего использовано 24 отечественных и 12 зарубежных источников. Отдельно проведена корреляция отложений опорных разрезов четвертичных отложений, с проведением границ между стадиями и межстадиями.

В работе использовались фондовые материалы Шпицбергенской геолого-поисковой партии ФГНУПП «ПМГРЭ». Приведены результаты геолого-геоморфологических исследований четвертичных образований проведённых в ходе работ

На основе анализа космоснимков была построена «Предварительная карта-схема четвертичных отложений района бухты Дундер». Карта-схема составлялась в программе CorelDraw X6. (см. Приложение 1). Так же в ходе работы с литературой и полевым материалом были составлены колонки опорных разрезов архипелага Шпицберген по которым проведена корреляция.

ГЛАВА 4. ЛЕДНИКОВЫЕ И ЛЕДНИКОВО-МОРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

4.1. Ледниково-морские отложения.

Согласно термину, который даёт нам геологический словарь (<http://www.vsegei.ru/ru/info/geodictionary/>) ледниково-морские отложения – это терригенные отложения, которые могут образовываться в морском или в океаническом бассейне при вытаивании обломочного материала в следующих случаях:

1) Вытаивание из материковых ледниковых покровов при продвижении подошвы льда ниже уровня моря; 2) Шельфовых ледников; 3) Айсбергов.

Формирование ледниково-морских отложений принято связывать как с деятельностью ледника, так и с процессами морского осадкообразования, поэтому в них сочетаются признаки континентальных ледниковых отложений (тиллов) и морских отложений. Ледниково-морские отложения характеризуются слабой сортировкой обломочного материала, иногда слоистостью, отсутствием ориентировки крупных обломков, пониженной плотностью, отсутствием связи с подстилающим субстратом, присутствием непереотложенной морской фауны, отсутствием ассоциаций с абляционными тиллами или флювиогляциальными отложениями. Наиболее широко ледниково-морские отложения распространены вблизи побережий северных морей, где в ледниковые эпохи плейстоцена покровные ледники выдвигались в шельфовую зону. Однако, аналогичные ледниково-морские образования представлены в Антарктиде (рис. 19).



Рис 19. Ледниково-морские образования. Антарктида. Массив Фишера. Фотография Д.Ю. Большинова.

Одними из самых древних образований тиллитов на архипелаге Шпицберген относятся к вендскому комплексу пород (рис. 20).



Рис. 20. Вендские тиллиты. Мыс Линне (архипелаг Шпицберген). Фотография В.В. Шарина.

Впервые ледниково-морские отложения на архипелаге Шпицберген в разрезах морских террас были отмечены советскими специалистами Д.В. Семевским и Е.П. Шкатовым (Семевский, Шкатов 1965). Они установили их внешнее литологическое сходство с санчуговскими отложениями севера Западной Сибири.

Большое внимание проблеме ледниково-морского осадконакопления на архипелаге уделял Ю.А. Лаврушин, который выделял основные зоны осадконакопления: зону подводных морен, зону айсберговых ледниково-морских отложений и зону подводных абляционных морен.

В недалеком историческом прошлом ледники были распространены еще шире, о чем свидетельствуют данные, собранные зарубежными и советскими исследователями. Всего же за период с 1838 с 1976 г. для 232 ледников Шпицбергена отмечено 490 случаев изменений положения фронта, где в 52 случаях наблюдалось наступание ледников, а в 62 – стационарное состояние, отсюда следует, что остальные случаи изменения ледниковых границ связаны с отступанием горных и полупокровных ледников Шпицбергена. Некоторые ледники уже потеряли около 50% своей площади с максимума Малого Ледникового Периода.

В голоцене и частично в плейстоцене на Шпицбергене установлено широкое распространение ледников и их постепенная деградация. Поэтому в разрезах террас или морских толщ, развитых в вершинах некоторых фьордов, можно видеть строение морских

осадков, накапливающихся в условиях резко расчлененного фиордового побережья, частично покрытого ледниками; некоторые из них оканчиваются в море. В частности, наиболее полно ледниково-морские отложения ранее изучались на о. Западный Шпицберген во фьордах Ван-Майен, Ван-Келен, Биллефьорде, в Гренфьорде, бухте Инглиш, а также в ряде других мест. Изучение этих образований показало, что в них можно выделить различные типы осадков, отличающиеся друг от друга особенностями литологического состава, текстурами, напластованием, а также, до известной степени, фаунистической характеристикой. Иными словами, в фьорде, в который спускается ледник, можно выделить отличные друг от друга зоны осадконакопления, которым будут соответствовать различные фации. Строение осадков, накапливающихся в той или иной зоне, зависит от многих факторов и прежде всего от динамики ледника, от расположения зоны осадконакопления по отношению к глетчеру, от глубины фиорда, удаленности от берега и т.д. Учитывая весь комплекс факторов, влияющих на строение ледниково-морских отложений, Ю.А. Лаврушиным была дана их характеристика в различных зонах осадконакопления: в ледниково-морских отложениях, накапливающихся в осевой части фиорда, и ледниково-морских отложениях, образующихся в условиях аккумулятивного и абразионного берега.

Формирование ледниково-морских отложений происходит на Шпицбергене и в настоящее время, поскольку многие крупные долинные ледники, например, ледники Норденшельда, Натхорст, Пост и др., спускаются непосредственно в море и их окончания находятся на плаву (рис. 21).



Рис. 21. Ледник Норденшельда. Бухта Петуния. (Rachlewicz et al. 2007)

4.2. Основные отличия ледниково-морских и ледниковых отложений.

Ю.А. Лаврушиным было впервые подробно сформулированы основные отличия мореноподобных ледниково-морских осадков от морен Шпицбергена, то есть от ледниковых отложений. Эти отличия сводились к следующим чертам:

1. Меньшая уплотненность мореноподобных ледниково-морских отложений по сравнению с моренами. Большая уплотненность морен связана с динамическим воздействием движущегося льда глетчера (Шанцер, 1966).
2. Отсутствие в ледниково-морских отложениях какой-либо ориентировки длинных осей валунов по странам света, хотя центр тяжести валунов обычно находится внизу и длинные оси их располагаются под острыми углами к горизонтальной плоскости.
3. Покрытие известковой коркой обломочного материала в ледниково-морских отложениях, что особенно отмечено в области распространения карбонатных пород. В моренах подобная корка на валунах не наблюдается.
4. Несколько более низкая пластичность мелкозема морен Шпицбергена, которые содержит очень мало глинистых частиц (2,5-7,5%), в отличие от ледниково-морских отложений.
5. Присутствие сортировки материала и меньшее содержание обломочного материала в ледниково-морских отложениях. Выделений аутогенных минералов как в

ледниковых, так и в ледниково-морских отложениях Шпицбергена практически не обнаружено.

6. Практически во всех фациях ледниково-морских отложений можно обнаружить раковины морских моллюсков, захороненные в прижизненном состоянии; имеются фораминиферы, а в некоторых из них остатки морских водорослей. В донных моренах фауна морских моллюсков встречается только в виде мелких редких обломков.

Донные морены Шпицбергена связаны со сложно построенным комплексом отложений зоны мертвых льдов, с флювиогляциальными и аллювиальными отложениями, а также с комплексом краевых форм рельефа. В строении последних можно нередко видеть гляциодислокации, а также гляциодинамические текстуры. На коренных породах, подстилающих морены, часто имеется штрихованное ледниковое ложе (Лаврушин, 1967).

4.3. Морские террасы. По побережьям архипелага широко распространены морские террасы. Их изучение имеет важное значение для определения относительного уровня моря в поздне-последледниковье. До высоты 110 м над уровнем моря наблюдаются террасы, отложения которых содержат фауну морских моллюсков (Сакс, 1948; Ян, 1961; Семевский, 1965; Троицкий, 1967; Лаврушин, 1969 и др.). Ряд исследователей выделяет на о. Зап. Шпицберген более высокие абразионные уровни до высоты 200-340 м (Ян, 1961). К абразионным террасам некоторые авторы (Сакс, 1948) относят также широкие террасовидные поверхности высотой 200-250 и 400-500 м, хорошо выраженные, например, на южном берегу Ис-фьорда на участке между Грэн-фьордом и Адвент-фьордом, а также на Земле Диксона. Но поскольку каких-либо следов пребывания моря на этих поверхностях до сих пор не найдено, другие авторы рассматривают их как чисто денудационные уровни (Семевский, Шкатов, 1965; Семевский, 1967; Троицкий, 1967; Лаврушин, 1969 и др.). Террасы высотой до 60 м (Билле-фьорд). Образование лестницы морских террас большинством исследователей связывается с гляциоизостатическим подъемом архипелага в последледниковое время. В связи с этим все морские отложения, слагающие террасы, обычно относятся к периоду голоценовой трансгрессии, имевшей место сразу после сокращения вюрмского покровного ледника. Голоценовый возраст морских террас высотой до 60 м подтвержден многочисленными радиоуглеродными датировками. Массовые определения абсолютного возраста береговых линий Шпицбергена (Фейлинг-Ханссен,

1965; Гросвальд и др., 1967; Шютт и др., 1968; Лаврушин, 1969; Гросвальд, 1970; Троицкий и др., 1975) и построенные на их основе диаграммы движения земной коры выявили большую неравномерность голоценовых поднятий в различных районах архипелага. Наибольшие скорости и амплитуда поднятий отмечены в восточной части архипелага (Шютт и др., 1968; Гросвальд, 1967; Гросвальд и др., 1967; Семевский, 1967). Высокая интенсивность поднятий, аналогичная голоценовым движениям земной коры в области плейстоценовых оледенений Фенноскандии и восточной Канады, сводовый характер этих поднятий служат, по мнению ряда исследователей (Гросвальд, 1963, 1967, 1970; Гросвальд и др., 1967; Дибнер, 1963, 1967; Шютт и др., 1968; Советская Арктика, 1970), подтверждением их гляциоизостатической природы и свидетельствуют в пользу гипотезы сплошного покровного оледенения баренцевоморского шельфа в позднеюрмскую эпоху. Наиболее полно эти вопросы рассматриваются в работах М.Г. Гросвальда (1963, 1967, 1970). В обоснование этой гипотезы приводятся также различные геолого-геоморфологические данные, как-то: особенности батиметрии шельфа, морфология и простираание подводных желобов, направление ледниковой штриховки на скалах, пути разноса валунов, распространение мореноподобных суглинков и грядовохолмистого рельефа на дне Баренцева моря (Гросвальд, 1963, 1967; Дибнер, 1967). Ранее считалось (Семевский, 1965а), что для морских террас Шпицбергена типично двухслойное строение, отражающее этапы формирования террас – от морского до прибрежно-морского (цикловые террасы). В таком разрезе на пачке тонкоотмученного материала (глин и суглинков, обычно с фауной *in situ*), фиксирующего начальный этап образования террасы, залегает пачка песков с гравийно-галечным материалом (иногда галечников – в зависимости от местных условий осадконакопления, в частности скорости поднятия территории), в верхней части которой фауна обычно переотложена. Поскольку нижний глинистый горизонт лежит на цоколе, сложенном дочетвертичными породами, считалось, что разрез террас этим и ограничивается. В конце 60-х гг. в основании морских аккумулятивных террас западной половины о. Зап. Шпицберген были выявлены плейстоценовые морские отложения (Семевский, 1967а, 1967б, 1967в; Троицкий, 1967а, 1967б; Лаврушин, 1967, 1968, 1969), ранее большинством исследователей целиком принимавшиеся за голоценовые образования. Наиболее полные разрезы таких отложений описаны Ю.А. Лаврушиным (1967, 1968) в цоколе 30-метровой террасы Билле-фьорда (м. Экхольма) и Д.В. Семевским (1967а) в цоколе террасы высотой до 36 м на южном берегу зал. Бельсунн (м. Ренароден, вблизи бывшего пос. Калипсобюен). В обоих разрезах под голоценовыми террасовыми отложениями залегает сложнопостроенная толща, состоящая из ряда горизонтов морских и мореноподобных осадков, объединяемых в 4 пачки по литологическим и

биостратиграфическим признакам. На основе анализа стратиграфии плейстоценовой толщи получило развитие представление о сравнительно ограниченных размерах оледенения на западном побережье Шпицбергена в позднем плейстоцене.

Характеристика этих разрезов приводится ниже в соответствующей главе. В разрезах некоторых морских террас (например, п-ов Талавера на о. Баренца, Сканс-бухта в Билле-фьорде) Фейлинг-Ханссеном (1965) обнаружены прослойки континентальных отложений (торфа). Это свидетельствует о наличии перерывов в накоплении морских отложений, т.е. о каких-то изменениях уровня моря. Вероятно, данный факт подтверждает, что сводовое поднятие в голоцене было осложнено глыбовоблоковыми движениями (Семевский, 1967в).

Дифференцированность поднятия по блокам подтверждается еще и тем, что террасы одинаковой высоты, но расположенные на противоположных берегах фьорда, могут быть разновозрастными (Семевский, 1967в). Такую ситуацию можно наблюдать в Билле-фьорде (табл. I.1). Террасы высотой 70-100 м (Билле-фьорд). На основании их изучения получено представление о истории архипелага после среднего вюрма и до голоцена. Первые данные о морских плейстоценовых отложениях на Шпицбергене, подтвержденные радиоуглеродными датировками, были получены В. Блейком (1960) для района Леди-Франклин-фьорда на Северо-Восточной Земле. Раковины морских моллюсков, собранные в интервале высот 44-77 м, имели возраст 35-40 тыс. лет. Это дало основание В. Блейку сделать вывод, что в этот период территория острова была свободна от ледяного покрова. Однако при определении возраста тех же раковин урано-радиевым методом были получены датировки, близкие к 250 тыс. лет (Blake, 1962). Это заставляет более осторожно подходить к интерпретации датировок этих раковин. Позднее, Р. Фейлинг-Ханссен (1965) для террасы высотой 84,5 м в Билле-фьорде получил датировку 21300 ± 400 лет, которую он рассматривал как минимальную, поскольку анализировались обломки раковин и предполагалась возможность загрязнения их молодым углеродом. Позже в 2002 году в этом же районе в долине Матиссондален была получена радиоуглеродная датировка 24790 ± 1030 лет (Большаянов и др. 2009). В.В. Шариным Высоким (60-90 м) террасам Билле-фьорда характерен следующий состав фауны морских моллюсков: *Hiatella arctica* (Linne), *Mya truncata* (Linne), *Macoma calcarea* (Gmelin). Аналогичная фауна была обнаружена Ю.А. Лаврушиным (1969) в песчано галечных отложениях, слагающих цоколь 20-метровой террасы (на высоте 16 м над у.м.) на северном берегу п-ова Брётгер (в районе пос. Нью-Олесунн). Абсолютный возраст древесины плавника из этого же горизонта оказался равным 25450 ± 200 лет. Безусловно, необходимы убедительные доказательства того, что моллюски синхронны отложениям, а не переотложены из более древних осадков. Их синхронность

ставится под сомнение из-за гранулометрического состава отложений, в которых не живут данные виды моллюсков. Скорее всего, это прибрежно-морская фация. Наличие плавника, который могло “прибить” к берегу, подтверждает эту мысль. Тем не менее, различное высотное положение близких по возрасту и составу фауны морских осадков на п-ове Брэггер и в Билле-фьорде объясняется более интенсивным поднятием центральной части о. Шпицберген по сравнению с его северо-западной периферией (Троицкий и др., 1975). На меридиане Билле-фьорда в кутовой части Ван-Мейен-фьорда, на восточном берегу бухты Риндер Л.С. Троицким (1967а) были изучены аккумулятивные террасы высотой 80-85 и 115-120 м над у.м., сложенные гляциально-морскими отложениями.

Терраса высотой 80-85 м сложена темно-серыми слоистыми пластичными суглинками с редкой галькой и валунами видимой мощностью 12-15 м. На обсохшей поверхности суглинков видны солевые выцветы. В толще суглинков встречены раковины *Hiatella arctica* (Linne), *Mya truncata* (Linne), *Macoma calcarea* (Gmelin). По близости состава фауны к приведенному выше для 85-метровой террасы Билле-фьорда Л.С. Троицкий (Троицкий и др., 1975) считает эти террасы одновозрастными. Верхний аккумулятивный уровень бух. Риндер (115-120 м) также сложен темно-серыми пластичными суглинками с редкими валунами и галькой. На обсохшей поверхности суглинков всюду видны обильные солевые выцветы. Видимая мощность отложений 10-12 м, хотя общая мощность этой толщи составляет не менее 25-30 м (Троицкий, 1967а). Она непосредственно прислоняется к крутому, коренному берегу. Фауны морских моллюсков в этой толще не найдено. Не обнаружено в ней и микрофауны, как и 85-метровой террасе, несмотря на неоднократные опробования образцов из этих толщ. Однако гляциально-морской генезис суглинков не вызывает сомнений. Можно предположить, они отлагались в очень суровых условиях при значительно более продолжительном, чем в настоящее время, покрытии бухты морским льдом (Троицкий, 1975). В устьевой части Ван-Мейен-фьорда (бух. Фритьоф) самый высокий аккумулятивный уровень (125-130 м) оказался фаунистически охарактеризованным. Здесь в гляциально-морских суглинках Л.С. Троицким (1967а) были обнаружены крупные раковины *Hiatella arctica* (Linne), *Mya truncata* (Linne), а несколько ниже (на высоте 90-100 м) также и *Macoma calcarea* (Gmelin).

ГЛАВА 5. АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

5.1. Четвертичные отложения бухты Дундер.

Бухта Дундер расположена в северо-восточной части Земли Веделя Ярлсберга, которая является крупнейшей долиной, не занятой ледником в этой части Шпицбергена (ледники занимают менее 10 % поверхности). Район бухты Дундер расположен в западной части синклинальной структуры, сложенной верхне-протерозойскими породами, слабометаморфизованные мягкими филлитами, и более прочными комплексами диамиктитами верхне-протерозойского возраста (тиллитами), заполняющими осевую часть синклинали. (Dallmann et al. 1990). Помимо пород верхнего Протерозоя в районе бухты Дундер повсеместно распространены четвертичные отложения. Представлены они голоценовыми отложениями, среди которых распространены морские и континентальные образования (Harasimiuk, Kroll, 1993).

Четвертичные образования района бухты Дундер представляют неослабевающий интерес со стороны польских, норвежских и других специалистов в области четвертичной геологии и геоморфологии. Поэтому район бухты Дундер были выбран в качестве полигона для картирования четвертичных отложений.

На основе дешифрирования аэрокосмических снимков, а также опубликованных ранее данных по изучению четвертичных отложений была составлена «Предварительная

карта-схема четвертичных отложений района бухты Дундер" масштаба 1: 25 000 (**Приложение 1**). Карта-схема составлена по стратиграфо-генетическому принципу. Ранее по той же методике была составлена «Полевая карта четвертичных отложений района бухты Петунья» (рис. 23) масштаба 1 : 50 000, которая была опубликована на двух студенческих конференциях СПбГУ (Шамин 2014; Шамин 2015).

Описание каждого из представленных генетических типов четвертичных отложений района бухты Дундер представлено ниже.

В пределах прибрежной равнины бухты Дундер, хорошо развиты комплексы **морских аккумулятивных террас** достаточно четко прослеживающиеся по простиранию, хотя местами террасы, особенно их верхние уровни, полностью или частично денудированы, что хорошо читается на аэрофотоснимках. (рис. 22). Терраса самого низкого уровня (3,5 м) находится в пределах прибрежной равнины – в районе устьев двух задровых конусов Слетт и Грит, впадающих в русло реки Дундер. (Harasimiuk, Kroll, 1993).

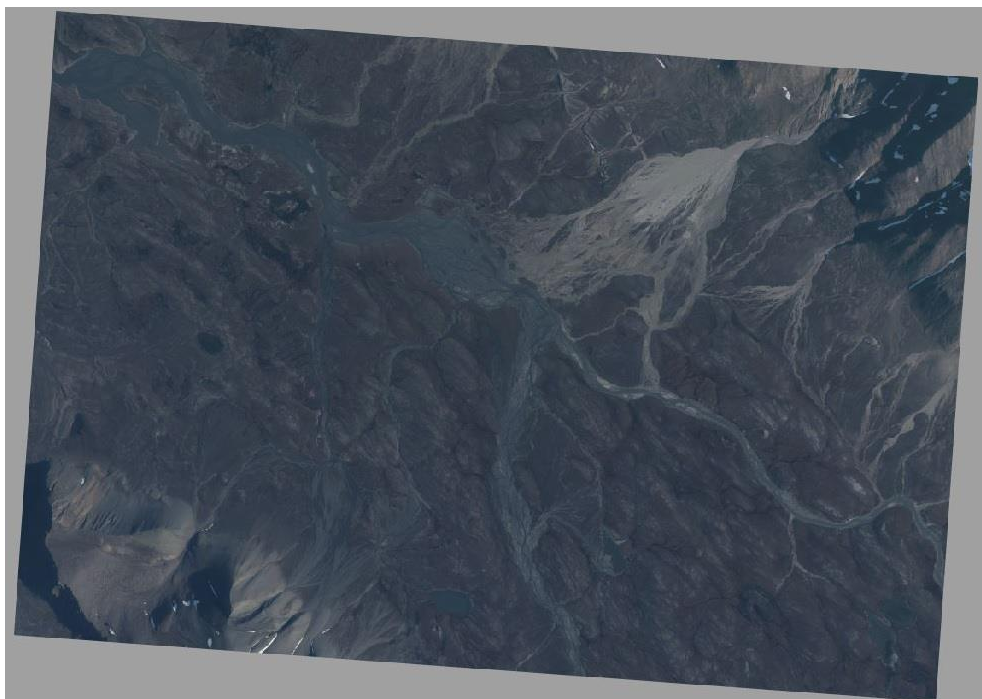
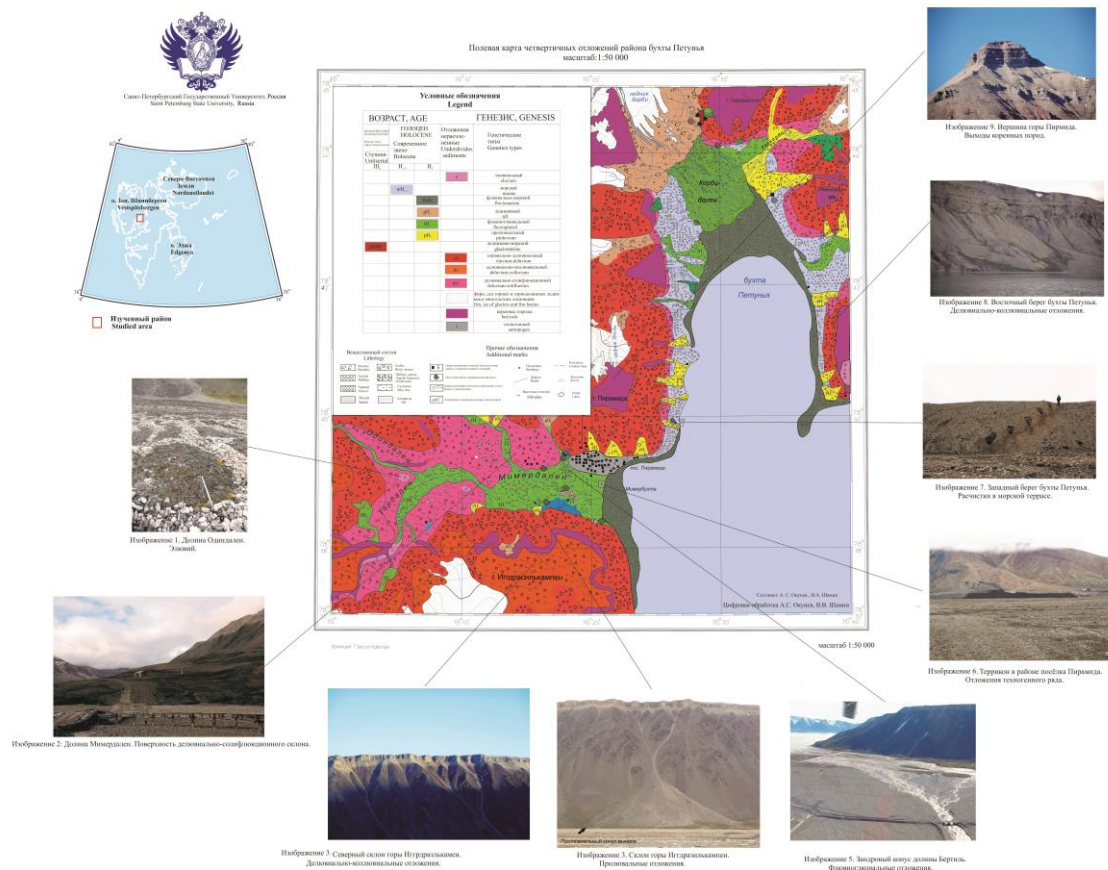


Рис. 22. Аэрофотоснимок района долины Дундер. Взято с официального сайта Норвежского Полярного Института. (<http://toposvalbard.npolar.no/>)



Четвертичные образования, представленные в морских террасах, планируются детально изучить в ходе полевых работ 2016 года.

Современные **континентальные отложения**, распространенные в пределах изучаемой площади, представлены делювиально-солифлюкционными, делювиально-коллювиальными, пролувиальными, элювиальными, аллювиальными (флювиальными) и флювиогляциальными фациями.

Наибольшим распространением из пород четвертичного возраста имеют **отложения делювиально-солифлюкционного генезиса**. Они слагают шлейфы вблизи склонов г. Дундерфьеллет и Ступтинден, и приурочены к их подножьям.

С поверхности породы, как правило, сложены крупнообломочным материалом, который постепенно с глубиной переходит в супесь и суглинок с включением глыб, щебня. Обломочный материал не окатан.

Делювиально-коллювиальные отложения имеют наибольшее распространение в восточной и северо-восточной частях изучаемой территории. Они приурочены к склонам гор Дундерфьеллет и Ступтинден. Представлены обломочным материалом, супесью и суглинками с включением щебня. Окатанность обломков, как правило, отсутствует. От

делювиально-солифлюкционных, эти отложения отличает высотное местоположение и повышенное содержание крупнообломочного материала.

Пролювиальные отложения, слагают конуса выноса ручьев, стекающих со склонов гор в период интенсивного выпадения осадков и таяния снега. Подобные отложения представлены в районе бухты Петунья (рис. 24).

Ледниковыми отложениями сложены моренные комплексы ледников Ренардбреен, Западный и Восточный Логнедальсбреен. Моренные комплексы отчетливо читаются на снимках и предположительно слагаются несортированными рыхлыми материалом - суглинками, супесями, песками, щебнем, галькой и валунами.

Флювиогляциальными отложениями сложены все зандровые конуса, поля, долины. Как правило, отложения этого ряда слагают днища долин (Гритдален, Дёрдален). Представляют собой хорошо сортированные пески с включением супеси, щебня и гальки, а также валунов. Зандровые конуса могут оказывать существенное влияние на гидрологический режим реки Дундер, а весенне-летние паводки могут приводить к трансформации русла (Harasimiuk, Kroll, 1993).

Аллювиальные отложения (флювиальные). Этими отложениями сложена килевая часть долины Дундер. Речная система Дундер развита на обширной абразивной платформе. Ледники также приняли участие в формировании рельефа долины. Однако остатки форм ледникового рельефа можно встретить только в верхней и средней части долины Дундер. Они представлены глинами и валунами.



Рис. 24 Проллювиальный конус выноса. Район посёлка Пирамид (Фотография Шамина И.А., 2013 год)

5.2. Обзор опорных разрезов архипелага Шпицберген.

5.2.1. Опорный разрез долины Харбидален.

В полевой сезон 2013 г., было проведено изучение геоморфологического строения и четвертичных отложений района бухты Петунья, расположенной в заливе Билле-фьорд (рис.25). Выбор этого района в качестве реперного участка для будущих корреляций с другими участками архипелага Шпицберген неслучаен. В районе долины Харбидален были изучены опорные разрезы четвертичных отложений, описанные ещё в работе Ю.А. Лаврушина (Лаврушин 1969). Детальное изучение этих разрезов позволит выявить аналогичные образования на архипелаге Шпицберген, уточнить их возраст, генезис, параметры сходства и отличия, обусловленные местными факторами палеоклимата и неотектоники.

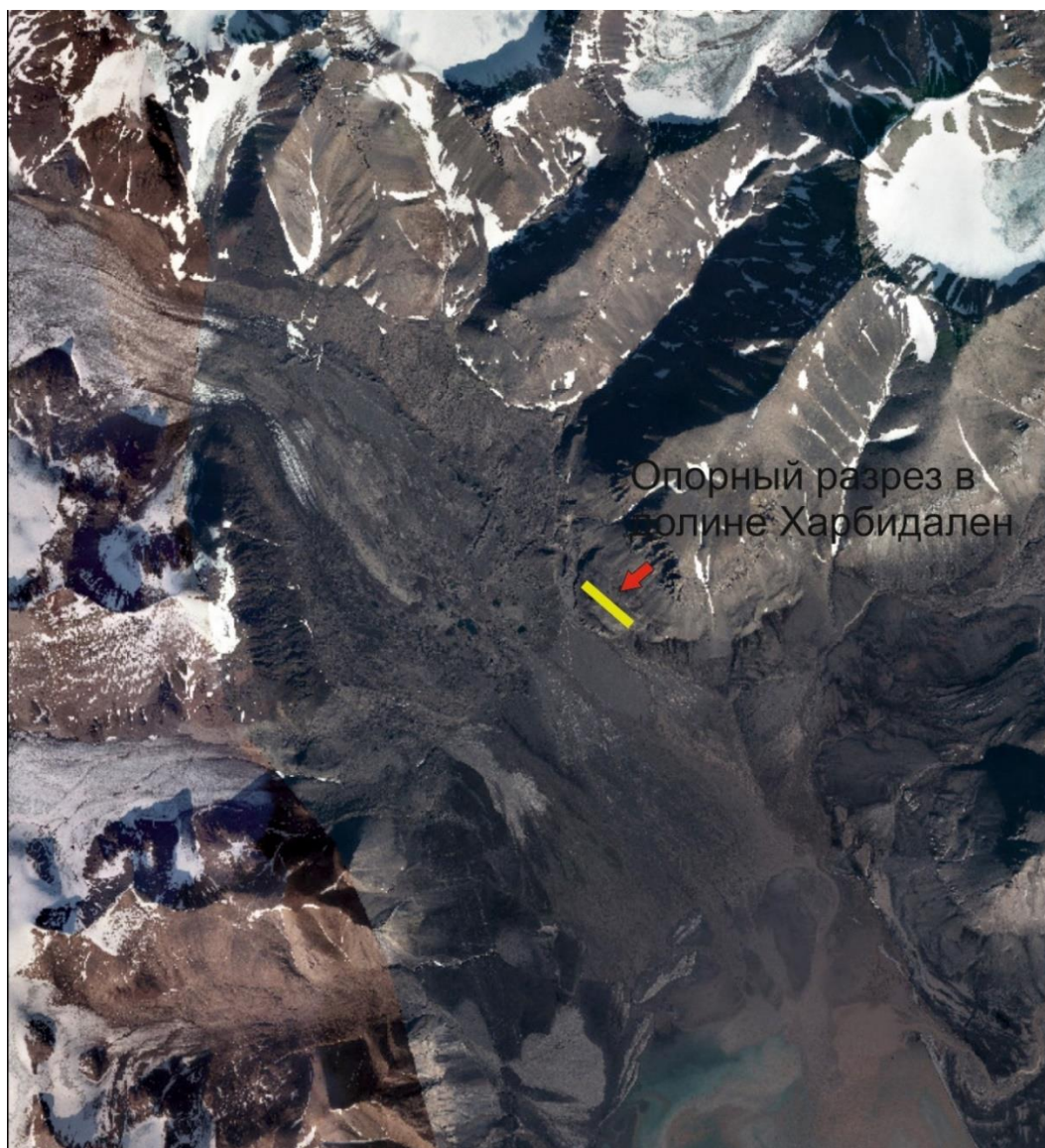


Рис.25. Район расположения опорного разреза в долине Харбидален. (Отчёт о результатах..., 2014).



Рис. 26. Ледниковый рельеф в долине Харбидален (Отчёт о результатах..., 2014).

Долина Харбидален ориентирована в субмеридиональном направлении и окружена горными массивами: Хеопсфеллет, Гизефеллет, Биргет Джонсон, у подножия которых распространены склоновые отложения (Рис. 26). Наиболее интересным объектом является морская терраса, примыкающая к склону горы Гизефеллет и протягивающаяся с юго-востока на северо-запад. Высота террасы увеличивается в субмеридиональном направлении и составляет 57—60 м (рис. 27).

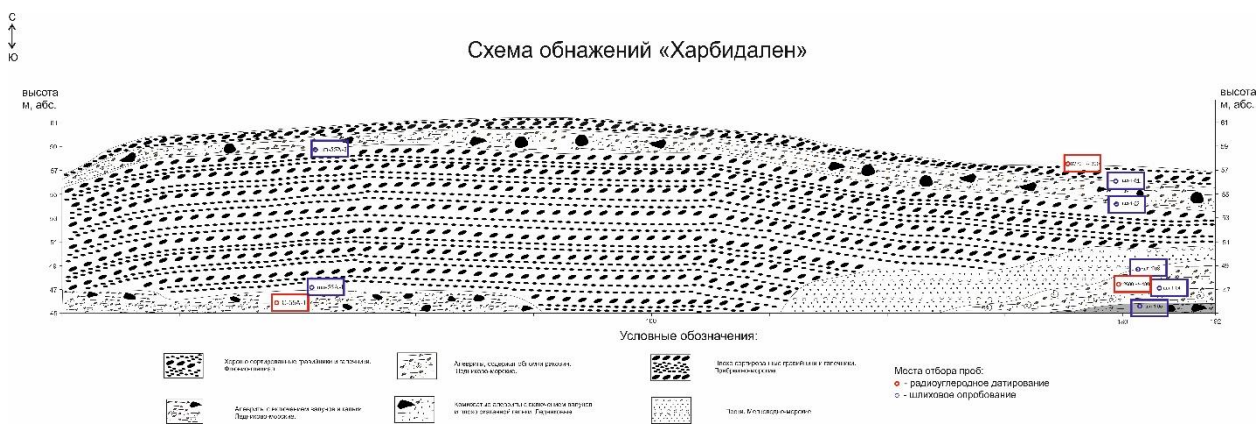


Рис. 27. Морская терраса уровня 57-60 м у подножья горы Гизефеллет (северо-восточный борт долины Харбидален).

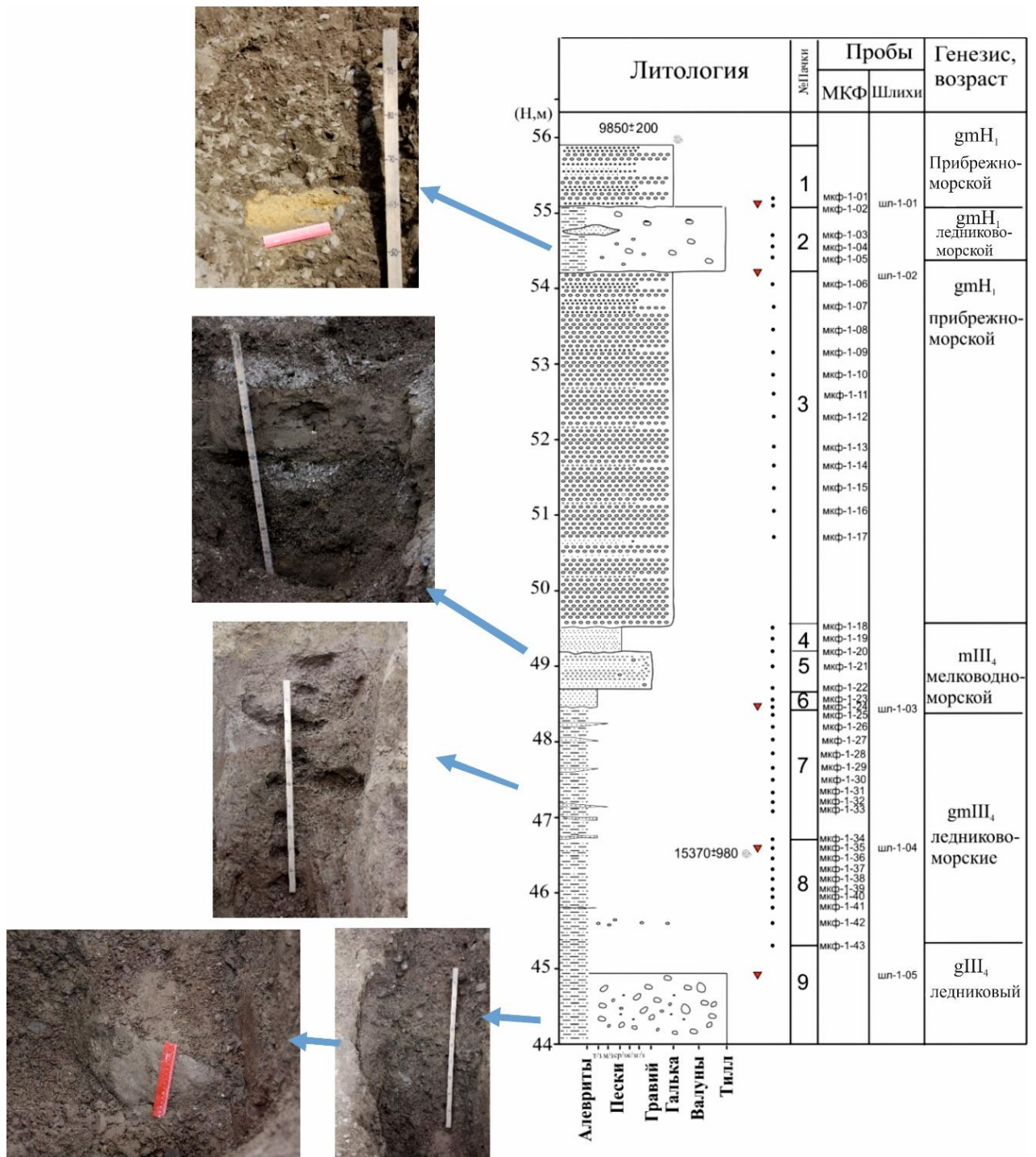


Рис. 28. Разрез морской террасы долины Харбидален. Полевой сезон 2012 года (Отчёт о результатах..., 2014)

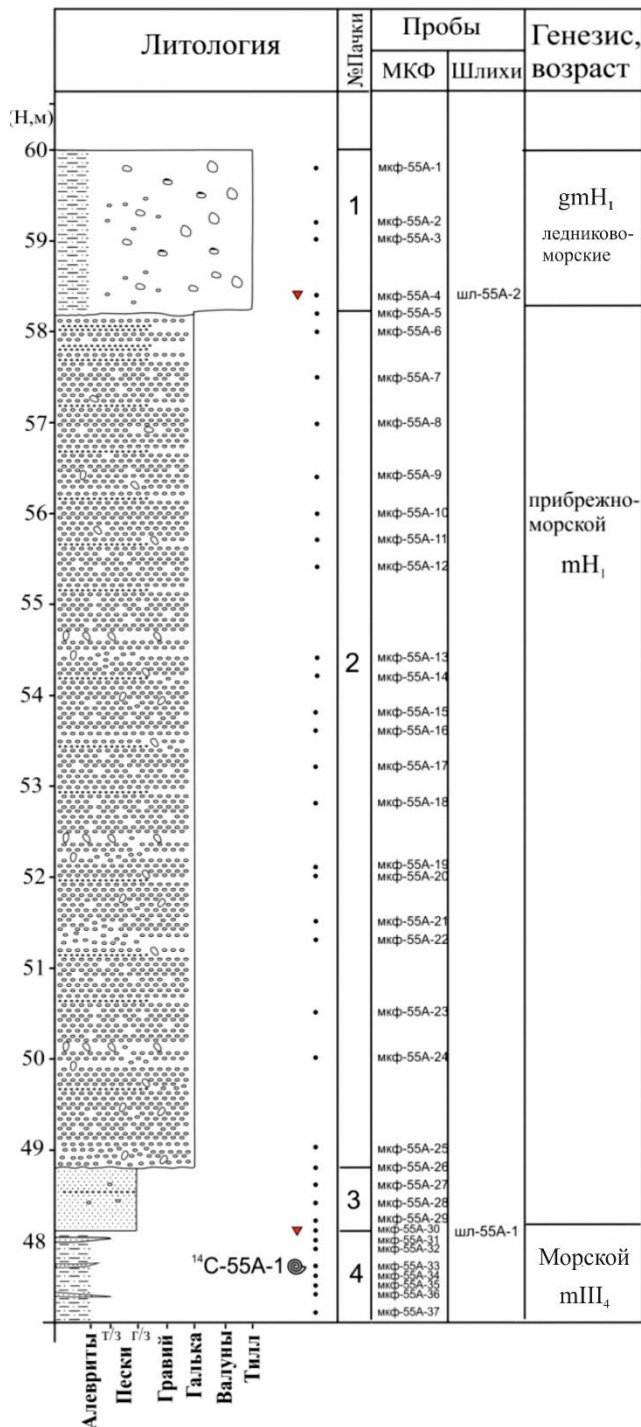


Рис. 29. Разрез морской террасы долины Харбидален. Полевой сезон 2013 года (Отчёт о результатах..., 2014).

В основании разреза залегает горизонт комковатых алевритов с включением валунов и плохо окатанной гальки. Данная толща интерпретирована как ледниковый тилл, видимая мощность которого составляет чуть меньше метра. Гранулометрический состав и текстуры нижней пачки свидетельствуют о том, что накопление тилла происходило в ледниковых условиях. Ледниковое происхождение этой пачки было установлено ещё Ю.А. Лаврушиным (Лаврушин Ю.А.,1969). Он отмечал, что отложения в данном месте представлены серовато-коричневыми очень плотными алевритами, которые при

раскапывании дают очень мелкоглыбовую отдельность. В алевритах содержится большое количество гальки и валунов с ледниковой штриховкой, которые распределены в толще без какой-либо закономерности.

Выше залегает толща переслаивания алевритов, песков мощностью до 2.0 м с включением гальки и отдельных валунов. Интерпретирована как ледово-морские (судя по немногочисленному включению крупнообломочного материала)

Осадки содержат многочисленные обломки раковин, радиоуглеродный возраст которых составил 12680 ± 480 лет (ЛУ-7198). Мощность неоднородна, она «облекает» неровности подстилающей толщи и варьирует от 0,2 до 2,0 м.

Верхний горизонт представлен, в основном, ритмично чередующимися, хорошо сортированными гравийниками и галечниками, с включением прослоев песков, постепенно переходящий в алевриты с включением гальки и обломков раковин. Мощность увеличивается от 4 до 9—10 м. С поверхности террасы были отобраны раковины морских моллюсков *Mya truncata* (Linne), радиоуглеродный возраст которых составил 8770 ± 200 лет (ЛУ-7193).

Выводы, сделанные в ходе полевых работ 2013 года на разрезе в долине Харбидален:

1) Смена в разрезе алевритов песками, а затем гравием и галькой свидетельствует о регрессивном этапе осадконакопления с позднего плейстоцена до начала раннего голоцена

2) Верхний тилл относится к раннему голоцену. Нижний тилл, залегающий в подстилающей части разреза относится к поздневалдайскому времени (gIII4) (Окунев 2014).

3) Морская терраса высотой 60 метров в долине Харбидален была образована в интервале между 15-9 тысячами лет назад.

5.2.2. Опорный разрез района равнины Профильстранда.

Следующее обнажение расположено на западном побережье пролива Хинлопен, на равнине Профильстранда, у северного края ледника Балдербреен. Разрез исследован сотрудниками Шпицбергенской партии ПМГРЭ в 2005 году. (рис.23). Из отложений, слагающих этот разрез, отобран и определен ряд образцов на определение микро и макрофауны, произведено определение абсолютного возраста методами радиоуглеродного и уран-ториевого датирования, где порожистый ручей шириной 10-12 м эродирует серию морских террас. От уреза водотока по литологическим и фаунистическим признакам выделено 3 стратиграфических горизонта, литологический и фаунистический состав которых отражают основные этапы позднеплейстоценовой – послеледниковой истории развития территории.

На западном берегу пролива Хинлопен в эрозионном обрыве водотока, вскрыты алеврито-песчаные отложения, сформировавшиеся на протяжении позднего плейстоцена - раннего голоцена (рис. 28). По литологическим и фаунистическим признакам в разрезе выделены 3 стратиграфических горизонта. Видимых следов перерыва в осадконакоплении не отмечено (Шарин В.В. и др., 2008).

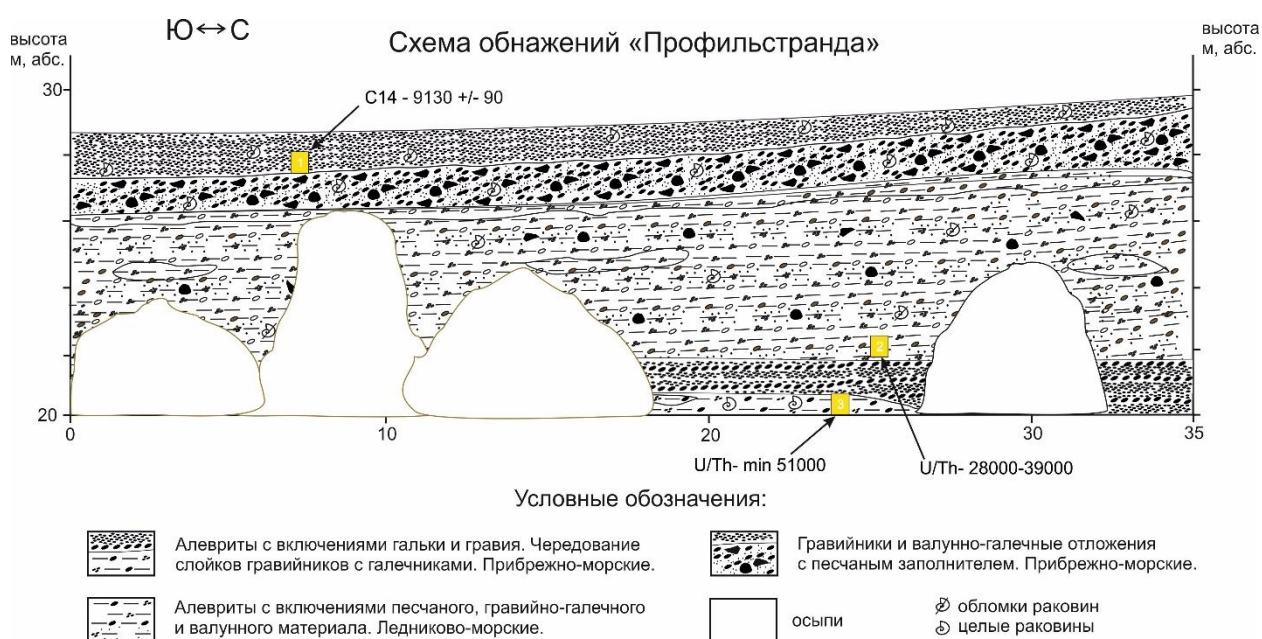


Рис. 30. Схема обнажений «Профильстранда».

Схема расположения опорного разреза

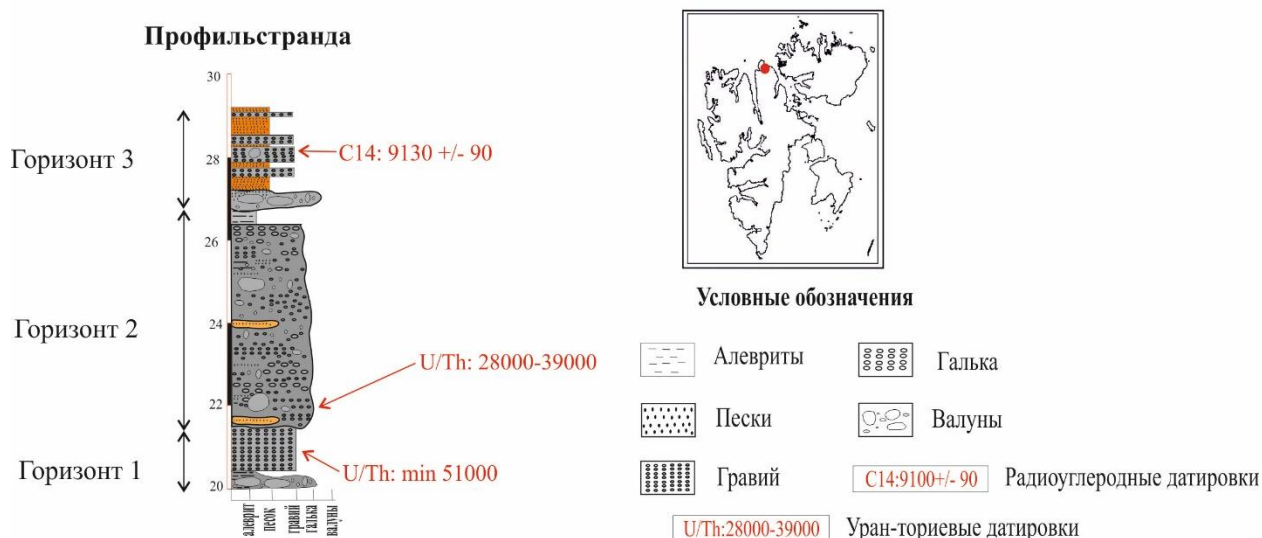


Рис. 31. Схема опорного разреза равнины Профильстранда (Шарин В.В. и др., 2008).

Горизонт 1 включает пачки 1,2,3 нижней части разреза.

Его основание составляют алевриты от тёмно-коричневого цвета в пачке 1 до углисто-чёрного в пачке 2 с включениями гальки и гравия. Вышележащая пачка 3 представлена ритмичным чередованием слоёв гравийников с галечниками. В её подошве прослой светло-серых песков вмещает многочисленные разнообразные раковины остракод (в ряде случаев спаренные), обломки и целые мелкие раковины двустворчатых моллюсков, среди которых наиболее определимы *Mytilus edulis* и *Mya truncata*, фрагменты иглокожих, домики баянусов. Пачки 1 и 2 содержат комплексы фораминифер арктического типа. Обнаружены единичные планктонные фораминиферы *Neogloboquadrina pachyderma* sin. Среди бентосных фораминифер доминирует *Cassidulina geniforme*, второй по численности вид - *Elphidium excavatum* f. *Clavata*. Присутствуют также *Islandiella helenae*, *Islandiella porcrossi*, *Nonion labradoricum* - характерные для районов с высокой сезонной продуктивностью. Мелководные составляют 17 – 20 % комплекса. В пачке 3 численность фораминифер снижается почти в два раза, однако видовое разнообразие в пробе в целом повышается. Возрастает и доля мелководных видов, среди которых доминирует *Sibicides lobatulus* – индикатор высокоэнергетических условий среды.

Перечисленные особенности ископаемого комплекса фауны свидетельствуют о благоприятных для ее развития условиях среды. Из верхней части горизонта отобрана проба для уран-ториевого ($^{230}\text{Th}/\text{U}$) датирования. Согласно методике (Максимов Ф.Е. и др., 2016) выполнен анализ внешней и внутренней фракций обломков раковин (вид *Mya truncata*).

Полученные изотопные данные показали, что внешние и внутренние слои содержат небольшие количества ^{232}Th , величина отношений активностей $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ варьирует от 17 до 29. Это свидетельствует о незначительности изотопного загрязнения, связанного с обломочным материалом. Для обеих фракций образца значения отношения активностей $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (~1,8) существенно превышают его среднюю величину для океанической воды – 1.15. Вероятно, в постседиментационное время уран мог поступать в раковины из грунтовых вод (Максимов Ф.Е. и др., 2016). Поэтому $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датировки обеих фракций – 51 ± 4 и 51 ± 5 тыс. лет, скорее всего, могут считаться наименьшей оценкой возраста этого образца раковин.

Накопление осадков нижнего горизонта происходило в прибрежной зоне относительно тепловодного бассейна в условиях благоприятных для развития бентосных организмов, на что указывают многочисленные находки раковин двустворчатых моллюсков, среди которых присутствует теплолюбивый вид *Mytilus edulis*, остракоды, иглы и фрагменты панцирей иглокожих, домики баянусов. Основу сообщества бентосных фораминифер, тем не менее, составляют арктические виды *Cassidulina reniforme* и *Elphidium excavatum f. clavata*. (Погодина И.А., 2010).

Идентичные по литологическому строению и фаунистической наполненности четвертичные осадки в разрезах заливов Биллефьорд и Бельсунд датированы термолюминисцентным методом как микулинские (земские) (Troitsky et al., 1979).

Горизонт 2 представляет собой массивные алевриты, мощностью до 3 м, от ржаво-рыжего до шоколадно-коричневого цвета с включениями песчаного, гравийно-галечного и валунного материала. На поверхности алевритов прослеживаются солевые выцветы.

Отложения содержит многочисленные обломки раковин, среди которых наиболее определимы *Mya truncata* и *Diaphana* sp. По всей пачке 5 распространены крупные обломки и целые мелкие раковины двустворчатых моллюсков, в частности *Musculina calcarata*, гастроподы, разнообразные остракоды, иглы и пластинки панцирей ежей.

В подошве горизонта обнаружен экологически выдержанный комплекс бентосных фораминифер, характерный для внешних частей фьордов архипелага, подверженных влиянию атлантических вод. Доминирует *Islandiella helenae*, субдоминант - *Elphidium excavatum f. clavata*. Помимо *Islandiella helenae* комплексы содержат до 5 % относительно глубоководных видов, также индикаторов высокопродуктивных вод: *Melonis barleeanus* и *Nonionellina labradorica*. Мелководные составляют менее 10 %. Во всех образцах встречаются раковины *Vulimina marginata*, обитающего на глубинах 40-50 м (отмечен до 310 м) при постоянных положительных придонных температурах и солености, близкой к нормальной океанической (35 ‰). В настоящее время в водах Шпицбергена этот вид не

отмечен, но был широко распространен в Баренцевом море в верхнем плейстоцене (Погодина И.А., 2010). В Скандинавии он характерен для отложений эемского времени и вайхзелиана (Погодина И.А., 2010).

По обломкам раковин из нижней части горизонта проведено $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирование. Полученные аналитические данные свидетельствуют о том, что раковины подвергались изотопному загрязнению в момент своего захоронения и в постседиментационное время. Поэтому $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датировки внешних и внутренних слоев, соответственно 39 ± 4 и 28 ± 3 тыс. лет, представляют собой достаточно грубые оценки возраста раковин.

Данный горизонт отнесен нами к валдаю (Вайхзелиану) (Шарин В.В. и др., 2008; Погодина И.А., 2010). Тот факт, что накопление осадочной толщи происходило в весьма благоприятной гидробиологической обстановке, может свидетельствовать о постоянном притоке трансформированных атлантических вод в северные области Западного Шпицбергена в течение всего последнего ледникового максимума.

Горизонт 3 преимущественно составляют гравийники и валунно-галечные отложения с песчаным заполнителем. Здесь обнаружен фрагмент древесины, радиоуглеродный возраст которой составил 9130 ± 90 лет, а калиброванный - 10340 ± 100 лет (Шарин В.В. и др., 2008). Самая верхняя часть разреза представлена тонкозернистыми, светло-серыми хорошо сортированными, пылеватыми, тонкослоистыми песками, перекрытыми мелкогалечниками-крупногравийниками темно-серого цвета.

В пачке присутствуют многочисленные обломки, единичные створки раковин *Mya truncata* (Linne), *Macoma calcarea* (Gmelin), *Astarte borealis* (Chemnitz) и иглы морских ежей, в ряде случаев окатанные, что может быть обусловлено их переотложением.

Комплексы фораминифер этой толщи свидетельствуют о резком обмелении бассейна. Редкие бентосные фораминиферы (3 экз./г.) в нижней части пачки представлены типичными видами опресненного внутреннего шельфа: *Haynesina orbiculare*, *Elphidium asklundi*, *Elphidium incertum*, *Elphidium bartletti*, *Elphidium subarcticum*, *Elphidium longipondis*, *Elphidiella groenlandica*. Мелководные виды достигают максимального содержания по всему разрезу – около 50 %. Вероятно, формирование отложений происходило в верхней сублиторали. Здесь присутствуют крупные обломки моллюсков, иглы ежей, мшанки со следами переотложения. Сортированные мелкозернистые пески содержат раковины остракод, фрагменты колоний мшанок, иглы ежей хорошей сохранности. Здесь выявлен богатейший как по численности, так и по видовому разнообразию комплекс бентосных фораминифер (Шарин В.В. и др., 2008).

Все вышеизложенное позволяет предположить, что рассматриваемые осадки, слагающие разрез, формировалась в открытой части палеобассейна. Прослеживается

трансгрессивно-регрессивный и трансгрессивный этапы его развития. Максимальные глубины (около 100 м), соленость порядка 35‰, положительные придонные температуры, высокую сезонную продуктивность бассейн имел в валдае. Заметное влияние открытых вод Северного Ледовитого океана отмечается во время микулинского межледниковья (эме) и в раннем голоцене. В целом отложения голоцена носят регрессивный характер.

5.2.3. Опорный разрез района Якобсенбухта.

Следующий разрез составлен в 1996 году отрядом Шпицбергенской партии ФГУНПП «ПМГРЭ» в Вейде-фиорде, на северном берегу Якобсен-бухты, в 0.5 км к юго-востоку от ее северной оконечности. В береговом обрыве до высоты 5,0 м обнажены коренные породы, представленные темно-серыми (до черного) девонскими алевритами. На них залегают две различные литостратиграфические толщи общей мощностью 22 м (рис 32). Снизу вверх прослежены следующие отложения:

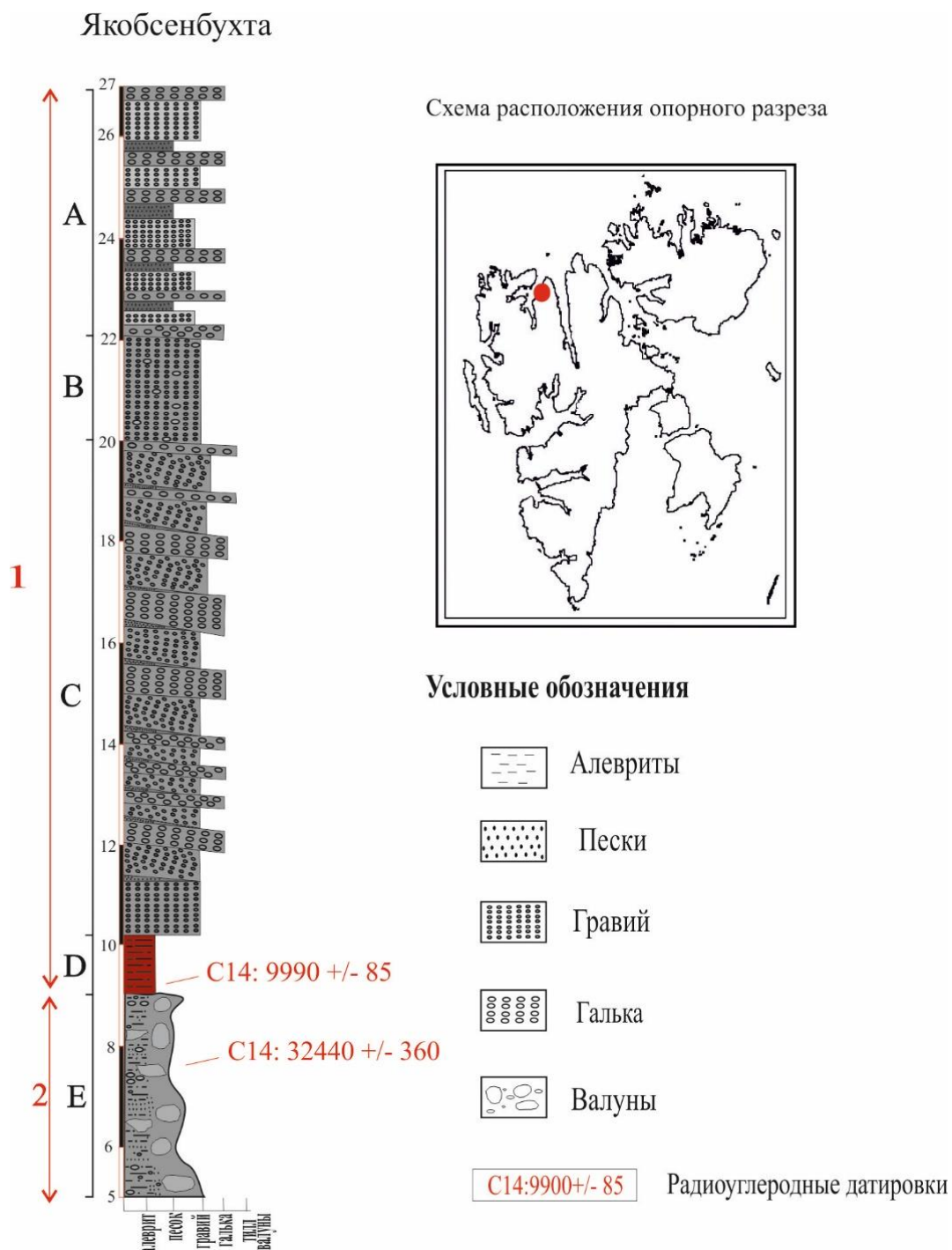


Рис. 32. Схема опорного разреза равнины Якобсенбухта (Сироткин А.Н., Шарин В.В., 2000).

Отложения пачки представлены плотным, выветрелым, розовато-серым с поверхности, красновато-коричневым в сколе суглинком, с подчинённым количеством алевритистого материала. Суглинок содержит гравий, пески, хорошо окатанную гальку (диаметром до 8 см) и валуны алевролитов, песчаников и гнейсов. Валуны ориентированы, диаметр достигает 0,5 м. На большинстве валунов – отчётливая ледниковая штриховка. Максимальная их концентрация отмечена на высоте 7-8 метров. Обращает на себя внимание петрографический состав гальки и валунов: обломочный материал на 70% представлен девонскими алевролитами и песчаниками (разрез расположен в поле развития девонских отложений), но около 30% составляют полосчатые гнейсы, красноцветные кварциты и сахаровидные мрамора докембрия. Коренное залегание этих пород известно только в 40 километрах к югу от места составления разреза. В толще присутствуют мелкие (до 4 мм) неопределимые фрагменты раковин. Из них с высоты 7.0 м отобран образец, абсолютный возраст которого составил $32\,440 \pm 360$ лет (Сироткин А.Н., Шарин В.В., 2000). Мощность горизонта – 4,3 м.

По образцам из этой толщи Н.И. Дружининой выделен богатый комплекс фораминифер. Доминирующими видами являются *Cassidulina reniforme* (Norvand), *Retroelphidium clavatum* (Cushman) и *R. selseyensis* (Heron-Allen & Erland). Кроме фораминифер, в осадках присутствуют остракоды, иглы ежей, обломки мшанок. По мнению Н.И. Дружининой, комплекс арктобореальный, сублиторальный, хорошо сохранившиеся раковины свидетельствуют о благоприятных условиях обитания.

Полученные данные позволяют интерпретировать горизонт 1 как ледниково-морские образования, сформированные на заключительном этапе Каргинского времени. Выше залегает морская толща 1, состоящая из типично морских и прибрежно-морских осадков в которой выделено 4 пачки различного литологического состава.

D. Темно-красные, вязкие, пластичные глины. В пачке присутствуют небольшие (5-7 см) линзочки фиолетовых и рыжих обохренных глин. В глинах содержится мелкая (диаметром до 3 см) уплощенная, разрозненная галька, преимущественно девонских пород. Состав макрофауны достаточно однообразен: *Hiatella arctica* (Linne), *Mya truncata* (Linne) и *Macoma calcarea* (Gmelin). Радиоуглеродная датировка по раковине *M. truncata* показала абсолютный возраст $9\,900 \pm 85$ лет (Сироткин А.Н., Шарин В.В., 2000). В контакте с вышележащей пачкой присутствуют слойки (до 3 мм) черной углефицированной глины, содержащей фрагменты *Balanus* sp. Мощность до 1.0 м.

C. Выше с четким контактом залегает мощная (около 10 м) пачка переслаивания мелкозернистых, темно-серых глинистых песков (1-5 см), песков, серых гравийников и валунников. Гравий хорошо окатан, уплощен, размер – 0,5-0,8 см. В составе гравия доминирующее положение занимают девонские песчаники и алевролиты, встречаются

единичные экземпляры докембрийских гнейсов и кварцитов, по-видимому, попавшие в осадки в результате айсбергового переноса. Повсеместны многочисленные неопределимые обломки раковин. Встречаются отдельные створки и обломки раковин *Hiatella arctica* (Linne) и *Macoma calcarea* (Gmelin). К кровле увеличивается размерность материала до крупногравийников и крупногалечников (Пачки А и В).

В. (5) Темно-серые мелкогравийники с включением гальки (~ 20% от объёма породы) и разнозернистых песков (~ 10%). Слой падает по А-160 градусов, угол 5-7 градусов. Отмечены обломки и единичные створки раковин *Hiatella arctica* и *Astrate borealis* (?). Мощность – 2,1 м.

А. Пачка переслаивания горизонтально слоистых галечников, гравийников и песков. Галечники с песчано-гравийным заполнителем (мощность 0,2-0,4 м), вверх по разрезу постепенно переходят в мелкогалечники, которые чередуются со слоями крупногравийников (мощность 0,05-0,15 м). В составе гальки алевриты, песчаники, кварциты. Пески коричнево-серые, среднезернистые (мощность 0,05-0,15 м) с включением гальки (~30% от объёма породы). Венчает пачку (и весь разрез) слой галечников «сушенцов». Мощность 5,1 м.

По составу макрофауны, подтвержденной радиоуглеродной датировкой, толща 2 отвечает раннеголоценовому комплексу морских и прибрежно-морских образований, известных на западном побережье Шпицбергена как террасы “Миа”.

5.3. Шлихоминералогический анализ опорных разрезов.

Шлиховой метод опробования широко используется не только при поисках полезных ископаемых, но также применим при палеогеографических реконструкциях. Шлихами принято называть концентраты минералов большого удельного веса, которые получают при отмывке водой природных рыхлых отложений. Почти все ценные в промышленном отношении минералы россыпей обладают сравнительно большим удельным весом и при промывке рыхлых горных пород оказываются в шлихе (Копченова 1951) (Рис. 33). Таким образом, можно определить область или район, откуда ледник привнёс исходный материал тяжёлой фракции. Так становится известно направление движения ледника. Ниже приведены некоторые выводы, полученные при анализе шлихов из трёх разрезов четвертичных отложений.



Рис. 33 Промывка шлихов. Район посёлка Пирамида.

Профильстранда.

Минералогический анализ шлихов из разреза показал, что в позднеплейстоцен-голоценовое время привнос терригенного материала на равнину Профильстранда осуществлялся с областей, близлежащих к седиментационному бассейну, т.е. «материнскими» породами, формировавшими четвертичные осадки, являлись коренные породы полуострова Нью-Фрисланд.

Якобсен-бухта.

Шлихоминералогический анализ этого разреза показал, что по ряду минералов (хромит, чёрная шпинель) характерных для вулканогенных образований, расположенных южнее разреза (Сироткин А.Н., Шарин В.В., 2000), область сноса располагалась до 40 км южнее данного разреза в средневайхзелианское время. Так же это подтверждается и наличием эрратических валунов в нижней части разреза.

Харбидален.

Шлихоминералогический анализ этого разреза показал, что по ряду минералов (флюарит, пирит, альмандин, эпидот, ильменит) область сноса располагалась до 10 км севернее и северо-западнее составленного разреза в поздневайхзелианское время. Этот факт подтверждает и наличие эрратических валунов на площадках морских террас этого района.

Исходя из минералогического анализа трёх разрезов, можно предположить, что в конце позднего Вайхзелиана, центр оледенения на острове Западный Шпицберген располагался в районе плато Холтедаля., что было определено направлениями разноса эрратических валунов и наличием в шлихах определённых минералов. При этом главные направления стока льда были ориентированы в южном и северном направлениях.

5.4. Корреляция опорных разрезов архипелага Шпицберген.

Проведя обзор и анализ опорных разрезов четвертичных отложений архипелага Шпицберген в предыдущем разделе, приступим к установлению их корреляционных связей (Приложение 2). Это даст возможность провести границы между ледниковыми и межледниковыми эпохами, а также соотнести схожие по генезису и литологии пачки, что важно для получения информации об этапах осадконакопления в толщах и восстановления палеоклиматических условий районов изучения.

Чёрными линиями (приложение 2) проведены границы между Вислинским (**Вайхзелиан**) временем и Голоценом. Она проходит между 1 и 2 горизонтом разреза равнины Профильстранда, между пачками E и D разреза Якобсен-бухты, 2 и 3 пачкой разреза долины Харбидален. Пачки, обозначенные красными стрелками под цифрой 1, относятся к голоцену. В толще опорного разреза Профильстранда имеются отложения, образовавшиеся в Эемское межледниковье. Поэтому здесь проведена граница между Эемским межледниковьем и Вислинским временем. Пачки, лежащие ниже чёрной линии, относятся к Эемскому времени в разрезе Профильстранда.

Чёрной пунктирной линией проведена корреляция ледниково-морских отложений (тиллов). Датируя, выше или ниже лежащие отложения мы можем сказать, в какие временные рамки укладывается ледниковое событие и, следовательно, образование этих отложений. Чёрной пунктирной линией проведена корреляция между тиллами разреза Профильстранда и разреза бухты Якобсен. Коррелировать напрямую с пачками других разрезов, ледниково-морская пачка разреза Харбидален не может, поскольку она относится к позднему Вайхзелиану.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над диссертацией была достигнута поставленная цель – в соответствующих главах проведён обзор и анализ опорных разрезов четвертичных отложений архипелага Шпицберген что позволяет провести корреляционные связи между опорными разрезами районов бухты Петунья, бухты Якобсен и равнины Профильстранда. Все рассматриваемые разрезы четвертичных отложений приурочены к морским террасам голоценового и верхнеплейстоценового возраста. Исходя из описанных опорных четвертичных отложений, можно выделить схожие черты развития природных условий в различных районах архипелага. В конце позднего Вейхзелиана произошел ледниковый эпизод во временном интервале предположительно 28-39 тыс. лет назад, до этого считавшегося периодом интерстадиальных условий, повышение уровня моря и дезинтеграция ледников способствовали накоплению ледниково-морских толщ, что отражается в разрезах Профильстранда, бухты Якобсен и долины Харби (см. приложение 2). На п-ове Нью Фрисланд центр оледенения находился на самом полуострове. Ледниково-морское (возможно, ледово-морское) осадконакопление происходило непосредственно в предголоценовое время. С позднего плейстоцена до начала раннего голоцена происходило последовательное обмеление бассейнов осадконакопления, что отражается в смене литологического состава рассмотренных разрезов. В этот период арктические полярные воды преобладают над теплыми атлантическими. С восточной стороны архипелаг окружали многолетние морские льды, однако на севере и западе должны были существовать участки открытой воды (Kristensen и др., 2013). В раннем голоцене усилился атлантический перенос, что определяет особенности отложений. Проведённый шлихоминералогический анализ вышеперечисленных опорных разрезов, позволяет сделать вывод, согласно которому можно предположить, что во время позднего Вейхзелиана центр оледенения на острове Западный Шпицберген располагался в районе плато Холтедаля.

Помимо обзора и анализа опорных разрезов, была составлена, предварительная карта четвертичных отложений района бухты Дундер (приложение 1), которая была основана на детальном изучении аэрофотоснимков. Данная карта-схема составлена для района, предполагаемого к грядущим полевым работам 2016 года на архипелаге Шпицберген.

В заключение, автору представляется необходимым обозначить направления дальнейших исследований, вытекающих из данной работы, но выходящих за ее рамки: изучение геоморфологического строения отдельных участков архипелага, дальнейшее изучение различных генетических типов четвертичных отложений с помощью различных

методов, в том числе уран-ториевых и радиоуглеродных датировок шлихоминералогического анализа с целью реконструкции палеогеографических обстановок плейстоценового и голоценового времени на архипелаге Шпицберген, с последующей сравнительной характеристикой с другими районам Арктики и возможно Антарктики.

ЛИТЕРАТУРА

Опубликованная литература:

1. Астахов В.И. К позднекайнозойской истории запада Евразийской Арктики. Вестник Санкт-Петербургского университета, 2007, сер. 7, вып. 1., с. 3-20.
2. Большаинов Д.Ю., Погодина И.А., Гусев Е.А., Шарин В.В., Алексеев В.В., Дымов В.А., Анохин В.М., Аникина Н.Ю., Деревянко Л.Г. Новые данные по береговым линиям архипелагов Земля Франца Иосифа, Новая Земля и Шпицберген. Проблемы Арктики и Антарктики, 2009, № 2(82), с. 68-77.
3. Гросвальд М.Г. О вероятной роли катастрофических разливов ледников (серджей) в разрастании и деградации ледниковых покровов прошлого // Материалы гляциологических исследований, 1974. Вып. 24. С. 164-169.
4. Гросвальд М.Г., Лавров А.С., Потапенко Л.М. Ледниковая стадия Мархида-Вельт: двойной сёрдж Баренцева ледникового щита // Материалы гляциологических исследований, 1974. Вып. 24. С. 173-187.
5. Е. В. Копченова Минералогический анализ шлихов, 1951, 212 с
6. Ю.А.Лаврушин - Четвертичные отложения Шпицбергена., Издательство «Наука», Москва 1969, 176 стр.
7. Максимов Ф.Е., Шарин В.В., Кузнецов В.Ю., Окунев А. С., Григорьев В.А., Петров А.Ю. Уран-ториевое датирование высоких морских террас архипелага Шпицберген // «Вестник Санкт-Петербургского государственного университета», 2016, (в печати).
8. Окунев А.С. Четвертичные отложения и условия осадконакопления на рубеже плейстоцена—голоцена в долине Харбидален (архипелаг Шпицберген). Стр. 70-72 Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана» Санкт-Петербург 2014 г.
9. Погодина И.А. К вопросу о поступлении трансформированных атлантических вод в северные фьорды Западного Шпицбергена в позднем плейстоцене - голоцене // Природа шельфов и архипелагов Европейской Арктики. Вып. 10, М.: ГЕОС, 2010. С. 461-468.
10. Семевский Д.В. Плейстоценовые отложения Шпицбергена // Материалы по стратиграфии Шпицбергена. Изд-во НИИГА. Л., 1967. с. 205-215.
11. Сироткин А.Н., Шарин В.В. Возраст проявлений четвертичного вулканизма в районе Бокк-фиорда (архипелаг Шпицберген). М., Геоморфология, 2000, N 1, с. 95 -105.
12. Сироткин А.Н., Шарин В.В. Соотношение четвертичного вулканизма с процессами морского и ледникового осадконакопления в районе Вуд-фьорда (архипелаг

Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты, 2004, стр. 147-152.

13. Троицкий Л.С. О влиянии структуры ледников на формирование холмисто-грядового моренного рельефа на Шпицбергене. Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. 1970. № 16. С. 178-183.

14. Троицкий Л.С., Лаврушин Ю.А., Девириц А.Л., Добкина Э.И., Завельский Ф.С., Форова В.С. О колебаниях ледников Шпицбергена в позднем голоцене. Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. 1970. № 16. С. 263-265.

15. Л.С. Троицкий, К.М. Зингер, В.С. Корякин, В.А. Маркин., В.И. Михалев – Оледенение Шпицбергена (Свальбарда) Издательство «Наука» 1975, 276 стр.

16. В.В. Шарин, В.В. Алексеев., Дымов В.А., И.А. Погодина., Большиянов Д.Ю., Гусев Е.А. Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений и палеогеографии Вейде-фьорда (архипелаг Шпицберген). Комплексное исследование природы Шпицбергена, выпуск 6, Апатиты 2006.

17. Фейлинг-Ханссен Р.В. Корреляционная схема позднечетвертичных отложений Норвегии // Труды НИИ геологии Арктики, т. 143, 1965.

18. Шарин В.В., Гусев Е.А., Мусатов Е.Е., Рекант П.В. Карта четвертичных образований архипелага Шпицберген и прилегающего шельфа (масштаб 1:1000 000) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты, 2003, с. 108-110.

19. Шарин В.В., Алексеев В.В., Погодина И.А., К стратиграфии четвертичных отложений пролива Хинлопен, архипелаг Шпицберген. Природа шельфов и архипелагов европейской Арктики. Выпуск 8. Москва Геос 2008, стр. 3-15

20. Шарин В.В., Алексеев В.В., Дымов В.А., Погодина И.А., Большиянов Д.Ю., Гусев Е.А. Новые данные по позднечетвертичной стратиграфии и палеогеографии Вейде-фьорда (Западный Шпицберген) // Доклады Академии Наук, 2007, том 412, N 6, стр. 821-824.

21. Шарин В.В. Геоморфология и четвертичные отложения района озера Линне (Западный Шпицберген). Геология полярных областей Земли. Материалы XLII Тектонического совещания. Том 2, 2009, с. 301-303.

22. Boulton, G., S. Glacial history of the Spitsbergen arhipelago and problem of a Barents Shelf ice sheet // Oslo, Boreas, 8,1979, p. 31-57.

23. Hornes A., Gjermundsen E.F., Rasmussen T.L. // From mountain top the deep sea-Delectation in 4D of the northwestern Barents Sea ice sheet. Quaternary Science Reviews 2013, vol. 75, p. 78-99.

24. Feyling-Hanssen, R.W. Late-Pleistocene of Billefjorden, Vestspitsbergen // Norsk Polarinst., Skriafter, 107. 1955. Pp. 186.
25. Forwick M. and Vorren T.O. Holocene mass-transport activity and climate in outer Isfjorden, Spitsbergen: marine and subsurface evidence // *The Holocene*. 2007. V. 17, N 6. P. 707-71
26. Karczewski A. (ed.), Borywka M., Gonera P., Kasprzak L., Kiysz P., Kostrzewski A., Lindner L., Marks L., Rygielski W., Stankowski W., Wojciechowski A., Wysokicki L., 1990. *Geomorphology – Petuniabukta, Billefjorden, Spitsbergen, 1:40 000*. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań
27. Klysz P., Lindner L., Makowska A., Marks L., Wysoigński L. // Late Quaternary glacial episodes and sea level changes in the northeastern Billefjorden region, central Spitsbergen. *Geologia polonica* 1988, vol. 38, № 1-4.
28. Kristensen D. K., Rasmussen T. L. & Koç N. Palaeoceanographic changes in the northern Barents Sea during the last 16 000 years — new constraints on the last deglaciation of the Svalbard–Barents Sea Ice Sheet . *Boreas* 2013 . Vol . 42 p .
29. Lonne. L & Mangerud. J. An Early or Middle Weichselian sequence of proglacial, shallow marine sediments on western Svalbard. *Boreas*. Vol. 20. pp. 85-104., Oslo., 1991.
30. Mangerud L., Trond Dokken T., Hebbeln D., Heggen B., Ingolfsson O., Jon Y. Landvik, Mejdahl V., Svendsen J.I., Vorren T.O. // Fluctuations of the Svalbard-Barents Sea ice sheet during the last 150000 years. *Quaternary Science Reviews* 1998, vol. 17, p. 11-42.
31. Rachlewicz G., 2009. Contemporary sediment fluxes and relief changes in high Arctic glacierized valley systems (Billefjorden, Central Spitsbergen). *Wyd. Nauk. UAM, Poznań, ser. Geografia* 87, pp 1–204.
32. Troitsky, L., Punning, J.-M., Hutt, G. & Rajamae, R. Pleistocene glaciation chronology of Spitsbergen // *Boreas* 8, 1979, p. 401-407.
33. Zbigniew Zwoliński, Jerzy Gizejewski, Andrzej Karczewski, Marek Kasprzak, Krzysztof Roman Lankauf, Piotr Migoń, Kazimierz Pękała, Janina Repelewska-Pękałowa, Grzegorz Rachlewicz, Ireneusz Sobota, Wojciech Stankowski, Piotr Zagórski. Geomorphological settings of Polish research areas on Spitsbergen. *Landform Analysis*, Vol. 22: 125–143, 2013

Фондовая литература:

34. Постнов И.С., Беспалая Е.А., Белоусов К.Н., Голубев А.Б. Отчёт о результатах гидрогеологических, инженерно-геологических исследований и изучения угленосности архипелага Шпицберген в 1984-1986 гг. «Севморгеология», Ломоносов, 1986 год, 124 с.

35. Шамин И. А. Отчет по производственной практике. СПбГУ 2013, 25 с.

36. Шарин В.В. Рельеф и четвертичные образования архипелага Шпицберген и прилегающего шельфа. Дис. канд. геогр. наук, СПб., 2004, 128 с.

37. В.В. Шарин, А.С. Окунев Отчёт о результатах работ по объекту «Геологическое изучение и оценка минерально-сырьевого потенциала недр архипелага Шпицберген (Северо-Западная часть архипелага, Земля Сёркап и район бухты Петунья)», книга 3; Ломоносов 2014, 156 с

Интернет-ресурсы:

37. <http://www.pmge.ru/> - сайт “Полярной Морской Геологоразведочной Экспедиции”.

38. <http://www.arcticugol.ru/> - трест Арктикуголь.

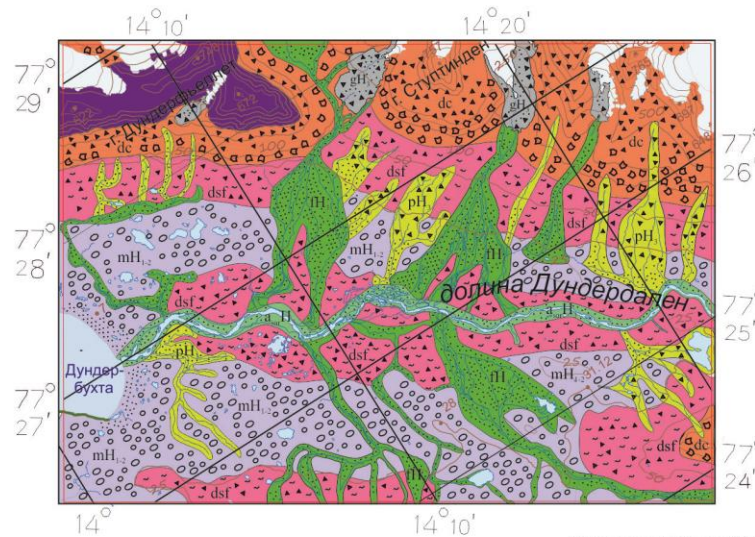
39. <http://www.npolar.no/> - норвежский полярный институт

40. <http://www.evgenyusev.narod.ru/> - электронная библиотека

41. <http://www.vsegei.ru/ru/info/geodictionary/> - геологический словарь ВСЕГЕИ

Приложение 1.

Предварительная карта-схема четвертичных отложений района бухты Дундер (архипелаг Шпицберген).



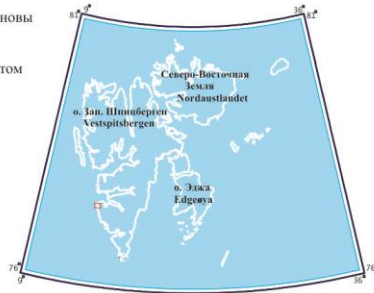
Масштаб: 1 : 25000*

Условные обозначения
Legend

Составил: Шамин И.А.
Цифровая обработка: Шамин И.А.

- | | | | |
|----------------------------------|---|--|--|
| Вещественный состав
Lithology | | Прочие обозначения
Additional marks | |
| Галька
Pebbles | Глыбы
Block masses | Высотные отметки
Altitudes | |
| Гравий
Gravel | Щебель, дресва
Angular fragments
of bed rocks | Изогипсы
Contour lines | |
| Пески
Sands | Суглинки
Silty clay | Водотоки
Rivers | |
| | | Озера
Lakes | |

*Примечание: В качестве топоисновы использовалась карта масштаба 1:100 000, предоставленная Норвежским Полярным Институтом (Norsk Polarinstittutt)



Изученный район
Studied area

ВОЗРАСТ, AGE		Отложения нерасчлененные Underdivides sediments	Генетические типы Genetics types
ГОЛОЦЕН HOLOCENE	Современное звено Holocene		
H _{1,2}	H ₃		
			морской marine
			ледниковый till
			флювиогляциальный fluvioglacial
			аллювиальный (русловая фашия) alluvial (river bed facies)
			пролювиальный proluvium
			фири, лед горных и горнодолинных ледников и многолетних снежников firn, ice of glaciers and firm basins
			делювиально-коллювиальный deluvium-colluvium
			делювиально-солифлюкционный deluvium-solifluction
			коренные породы bed rock

Приложение 2.

